

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Pedro Alexandre Sodrzeieski

00261308

“Características físicas e químicas do solo e observação de coprólitos de minhocoçu em diferentes usos da terra na Amazônia Central”

PORTO ALEGRE, maio de 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO

Pedro Alexandre Sodrzeieski

00261308

“Características físicas e químicas do solo e observação de coprólitos de minhocucu em diferentes usos da terra na Amazônia Central”

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Grau de Engenheiro Agrônomo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de campo do Estágio: Dr^a Sônia Sena Alfaia
Orientador Acadêmico do Estágio: Professor Dr Tales Tiecher

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO:

Prof Pedro Selbach	.....	Depto de Solos (Coordenador)
Prof Alberto Inda Jr.	.....	Depto de Solos
Prof Alexandre Kessler	.....	Depto Zootecnia
Prof André Luis Thomas	.....	Depto de Plantas de Lavoura
Prof ^a Carine Simione	.....	Depto de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia
Prof ^a Carla Andrea Delatorre	.....	Depto de Plantas de Lavoura
Prof José Antônio Martinelli	.....	Depto Fitossanidade
Prof Sérgio Tomasini	.....	Depto de Horticultura e Silvicultura

PORTO ALEGRE, maio de 2020.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que contribuíram e fizeram parte de meu estágio, oferecendo valiosas contribuições, ensinamentos e dividindo suas histórias. Em especial minha família, meus amigos do Rio Grande do Sul por me acompanharem durante toda a graduação e os de Manaus, que apesar do pouco tempo de convívio, foram muito importantes durante este período.

Gostaria de agradecer aos funcionários e colegas de trabalho do INPA que apesar de todas as adversidades continuando trabalhando em prol da pesquisa e da instituição. Aos funcionários da Estação Experimental de Fruticultura do INPA por sempre estar dispostos a auxiliar no que precisássemos durante as atividades estação. Aos técnicos de laboratório do Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP-INPA), em especial Jonas Moraes Filho, pelos ensinamentos e auxílio nas análises físicas e químicas de solo; e a Maria Lúcia Paula Pinheiro, do laboratório de Pedobiologia 2, nas análises da mesofauna do solo. Também agradeço aos agricultores Eduardo e Tinho por cederem gentilmente a área em que foram feitas as coletas para o experimento.

Por fim agradeço meus co-orientadores, os pesquisadores do INPA Johannes van Leeuwen e Elisiana Pereira de Oliveira; ao meu orientador da UFRGS, Tales Tiecher, pelo tempo e dedicação que disponibilizaram a me ensinar e instruir em seus respectivos campos de pesquisa. Especialmente, agradeço a Dr^a Sônia Sena Alfaia por ter me concedido a oportunidade e me orientado durante este período, sem a qual toda esta experiência não teria sido possível.

APRESENTAÇÃO

Pedro Pinchas Geiger, importante geógrafo brasileiro, publicou em 1967 a divisão do Brasil em três categorias geoeconômicas com base no seu processo histórico de formação e industrialização: o Nordeste, o Centro-Sul e a Amazônia. A região Amazônia é caracterizada pela menor população, maior extensão de terras e ocorrência de grandes vazios demográficos; região que ao mesmo tempo que possui o bioma com uma das maiores biodiversidades do mundo, também possui um pólo industrial responsável pela maior parte da produção de eletrônicos do Brasil. Esta região é, possivelmente, a que possui a maior capacidade de desenvolvimento no país.

A Mata Amazônica é deslumbrante, a cultura que se criou junto a ela encanta e, sua biodiversidade, ainda mais. Em volta disso, se criam laços, preferências, histórias e culturas. Algumas são restritas ao seu local, como o famoso lanche de Manaus, o X-caboquinho; outras, permeiam estados e alimentam suas rixas: qual açaí é melhor? *E. precatória* ou *E. oleracea*? (confesso não ter adquirido a competência necessária para tomar uma decisão). Há, ainda, espécies que conquistaram o mundo, como a Castanha-do-Pará e a Seringueira, e aquelas que possivelmente são mais conhecidas no exterior que no próprio Brasil, como o Camu-Camu. Foi uma surpresa perceber como há empresas interessadas em um fruto nacional do qual eu nunca tinha ouvido falar; e, ao mesmo tempo, perceber que têm-se na falta de incentivo à pesquisa, um dos principais empecilhos para o avanço destas culturas.

Ao trabalhar no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia foi possível conhecer e estudar em um instituto histórico e de referência internacional no que se trata a biologia tropical. Uma oportunidade incrível, tanto por conhecer as pesquisas lá realizadas quanto pelo alto grau de internacionalização do instituto, recebendo pesquisadores e elaborando projetos em conjunto com diversos países. Entretanto, é triste perceber que o instituto é muito menos conhecido em terras nacionais do que deveria e, mais triste ainda, ver seu funcionamento e infraestrutura prejudicados pela falta de verba e incentivo.

Esses seis meses foram de grande aprendizado, aprendizado que transcende o conhecimento em pesquisa em si, abarcando questões culturais, de pensamento e até autoconhecimento. Espero um dia poder retribuir no desenvolvimento sustentável do Brasil do futuro de todas as formas possíveis, mas principalmente através da pesquisa e divulgação científica até onde seja possível... e um pouco além.

RESUMO

Os solos da Amazônia, em sua grande maioria, são fortemente intemperizados, de baixa fertilidade natural e podem se tornar rapidamente exauridos de nutrientes após a derrubada da mata. Sistemas agroflorestais (SAF) são alternativas para aliar preservação ambiental e produção agrícola. O estágio foi realizado no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, objetivando: (I) conhecer e pesquisar questões relacionadas ao ambiente amazônico, com ênfase em solos; e (II) aprender sobre a agricultura nos trópicos e suas particularidades. Realizou-se um estudo de aspectos físico-químicos e biológicos do solo em três sistemas de uso da terra (floresta, SAF e laranjal); uma participação em projeto de melhoramento de frutíferas nativas; uma análise do fluxo de caixa em feira agrícola; entre outros. O SAF foi similar à floresta, e o laranjal, discrepante. Coprólitos de minhocucu foram observados apenas na floresta e SAF, indicando sua maior preservação.

LISTA DE TABELAS

1. Características químicas e físicas do solo dos locais de estudo Sistema agroflorestal com capoeira (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal na profundidade de 0-20 cm.....	32
2. Classificação dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco e matéria orgânica para o sistema agroflorestal com (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal (0-20 cm).....	33
3. Comparação entre as características químicas do solo do sistema agroflorestal em diferentes anos.....	35
4. Características químicas e da matéria seca da liteira do sistema agroflorestal com (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal.....	37
5. Número de coprólitos de minhocucu (provável espécie: <i>Thamnodrilus salatheii</i> Michaelsen 1924) encontrados do sistema agroflorestal com (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal.....	37

LISTA DE FIGURAS

1. Bacia hidrográfica Amazônica.....	10
2. Mapa de solos da bacia do amazonas.....	13
3. (A) Espécime de minhocaçu (<i>Rhinodrilus priollii</i> RIGHI 1967) encontrado em sistema agroflorestal nas proximidades de Manaus, AM; (B) coprólito de minhocaçu encontrado em Sistema Agroflorestal de Manacapuru, AM.....	18
4. Localização do estabelecimento e das áreas de estudo.....	20
5. (A) Sistema agroflorestal (SAF) visto por fora (2010); (B) copa das castanheiras-do-pará; (C e D) interior do SAF (2019).....	21
6. Divisão das parcelas utilizadas para o sistemas agroflorestal com (SAFd) e sem capoeira (SAFs).....	22
7. Laranjal puro do estabelecimento.....	24
8. Parcelas de amostragem utilizadas na coleta dos dados no pomar de laranjeiras.....	25
9. Lianas de maior diâmetro na Floresta Nativa.....	26
10. Parcelas de amostragem utilizadas na coleta dos dados na floresta nativa.....	26
11. Características químicas do solo dos diferentes usos da terra em duas profundidades.....	31
12. Teores de areia, silte e argila no sistema agroflorestal com capoeira (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal na profundidade de 0-20 cm.....	32
13. Análise de componentes principais (PCA) para as características químicas do solo entre os sistemas agroflorestais com (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal.....	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	Error! Bookmark not defined.
2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E SOCIOECONÔMICO DE MANAUS.....	9
3. CARACTERIZAÇÃO DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA.....	11
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
4.1 Solos da Amazônia e sistemas agroflorestais.....	12
4.2 Pesquisa participativa na agricultura e desenvolvida pelo Núcleo Agroflorestral (INPA) para sistemas agroflorestais.....	15
4.3 Minhocuçú.....	17
5. ATIVIDADES REALIZADAS.....	18
5.1. Avaliação das características físicas, químicas e da mesofauna do solo em diferentes usos da terra na Amazônia Central.....	18
5.1.1. Histórico da área de estudo e divisão das parcelas.....	19
5.1.2. Coleta e análise de solo.....	26
5.1.3. Coleta e análise da liteira.....	27
5.1.4. Análises estatísticas.....	27
5.2. Melhoramento participativo de espécies frutíferas da Amazônia.....	28
5.3. Outras atividades.....	29
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXO	40

1. INTRODUÇÃO

A floresta amazônica possui enorme importância para a população local. É dela que provém o sustento de milhares de famílias, e é nela e nas espécies que a compõem que reside a memória afetiva de um certo sabor, da mitologia local, ou da própria paisagem que compõem o dia a dia de seus habitantes e dos que a visitam. Mais que uma floresta, a mata amazônica é parte fundamental na vida e história de seus habitantes. Como floresta tropical, a mata amazônica conserva uma enorme biomassa, participa grandemente no processo de sequestro de carbono e liberação de oxigênio e contribui na manutenção e reciclagem da água (LOVEJOY; NOBRE, 2018). A ocorrência destes processos é importante não só para sua própria manutenção, mas para a de outros biomas, como ao sul do Brasil (LOVEJOY; NOBRE, 2018). Desta forma, a importância do bioma Amazônico transcende o que é conhecido como Amazônia legal, influenciando diversas outras regiões do Brasil e do mundo.

Sistemas agroflorestais são uma forma de trazer maior sustentabilidade aos cultivos aliando uma maior preservação ambiental à produção agrícola. Estes tipos de sistemas se destacam, principalmente, por necessitar de um baixo investimento para sua instalação, possuírem maior diversidade de produtos numa mesma área e oferecerem mais serviços ambientais (BALBINO et al., 2011). Além disso, são sistemas promissores para recuperação de áreas degradadas, apresentando alto potencial de recuperação e manutenção da fertilidade do solo (CHATURVEDI, 2013). Entretanto, a dificuldade de escoamento e venda da produção, falta de planejamento, dificuldade no desenvolvimento de algumas culturas e a não aceitação do SAF pelo produtor são problemas que necessitam ser avaliados para melhorar sua adoção (EMBRAPA, 2013)

Os solos da Amazônia são um ponto importante a ser abordado, pois nele se estabelece uma íntima relação com a floresta logo acima. No geral, a fertilidade dos solos da Amazônia é relacionada à quantidade de matéria orgânica no solo. Neste sentido a floresta é um dos principais componentes responsáveis por esta manutenção, de forma que, após sua retirada, o solo logo se exaure e empobrece (MOLINE; COUTINHO, 2015).

Além desta relação entre a mata e a fertilidade do solo, há toda uma biota que o permeia. A micro, meso e macrofauna exerce um papel na construção e na fertilidade daqueles solos, sendo intrinsecamente relacionada a eles (CORREIA; OLIVEIRA, 2005). Entretanto, estes organismos podem ser intensamente afetados por distúrbios, como o desmatamento (BARETTA et al., 2011). Assim, estudar como os componentes da floresta Amazônica interagem entre si é importante não só para entender o funcionamento do bioma,

mas para permitir, guiar e desenvolver projetos de agricultura sustentável. Com isso, permite-se buscar o objetivo de trazer tanto o bem-estar e segurança alimentar da população, como a preservação do bioma para as futuras gerações.

O estágio foi desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, com sede na cidade de Manaus, AM, Brasil, de 10 de janeiro a 10 de julho de 2019, com carga horária total de 744 horas. Os objetivos do estágio foram: (I) conhecer e pesquisar questões relacionadas ao ambiente amazônico, com ênfase em solos; e (II) aprender sobre a agricultura nos trópicos e suas particularidades.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E SOCIOECONÔMICO DE MANAUS

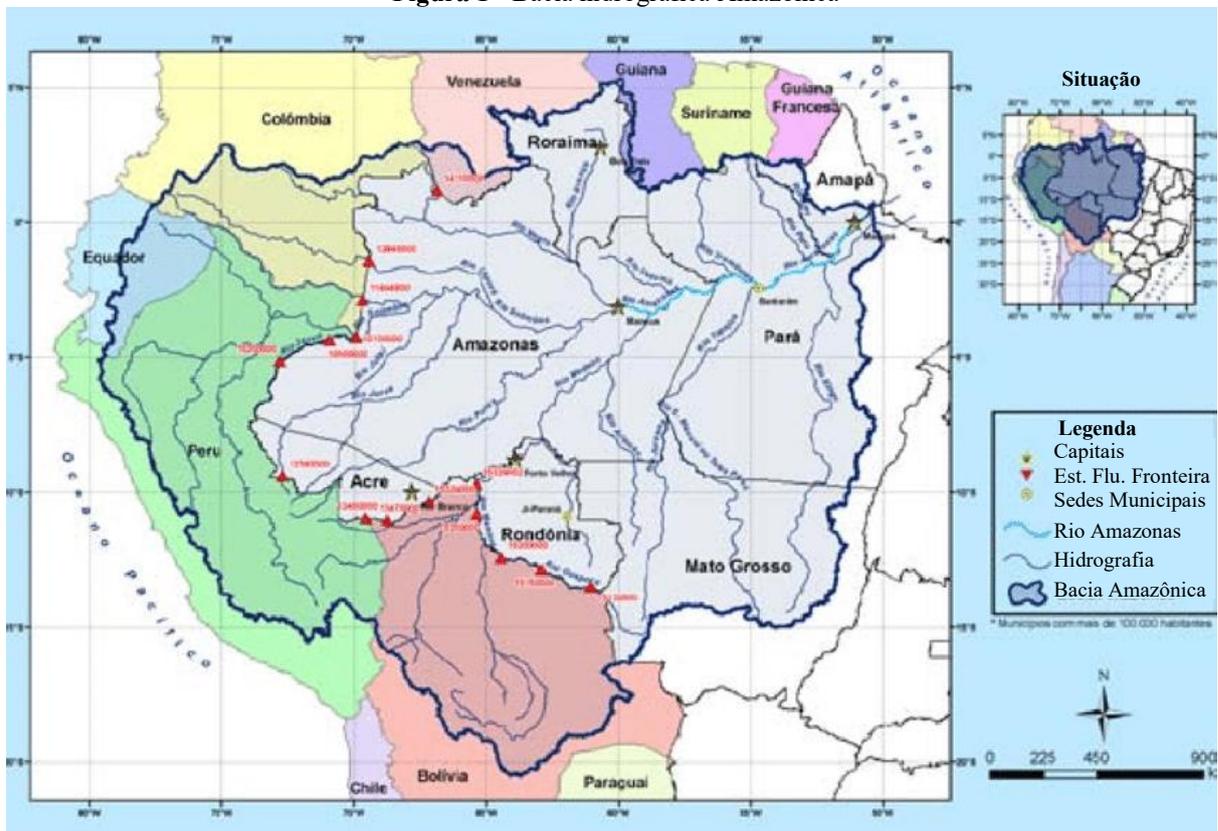
A bacia do Amazonas é a maior bacia hidrográfica do mundo, possuindo cerca de 6.110.000 km² e o maior rio do mundo em termos de vazão, o rio Amazonas (**Figura 1**; NASA, [2020]). Esta bacia transfronteiriça integra nove diferentes países: Brasil, Peru, Bolívia, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa; embora estes três últimos países possuam uma parte pequena da bacia em seus territórios (CAMINATI et al., 2013). Do total da floresta amazônica 63,5% se encontram em território brasileiro e 80% deste território são cobertos pela Floresta Latifoliada Equatorial (NASA, [2020]). Além disso, o bioma Amazônia possui a maior biodiversidade do planeta (CHENG et al., 2013).

A cidade de Manaus tem seu início com a construção do Forte da Barra de São José em 1669 com a finalidade de estabelecer o domínio português na região (MANAUS, [2018]). Entretanto, será com o ciclo da borracha que a cidade terá um grande desenvolvimento econômico, marcando o que foi conhecido como a *belle époque* amazonense (RIVERA, 2018). Este período proporcionou avanços na infraestrutura da cidade, a qual se tornou uma das primeiras do Brasil a ter energia elétrica, água encanada e linhas de bonde (RIVERA, 2018). Entretanto, por volta de 1912, os lucros da borracha começaram a diminuir pela expansão das exportações do látex produzidos no sudeste asiático e Manaus entra em declínio (OLIVEIRA NETO; NOGUEIRA, 2016). Posteriormente, ocorreu a instalação da Zona Franca de Manaus, a partir de 1967, em tentativa de promover a industrialização na região (MACIEL; MACHADO; RIVAS, 2003). Este fato teve grande impacto na economia local, desenvolvendo o setor secundário, principalmente com indústrias ligadas ao setor de tecnologia e fomentando a internacionalização da economia da cidade (MACIEL; MACHADO; RIVAS, 2003). Atualmente, Manaus possui 2.182.763 habitantes e um PIB de

R\$ 70 milhões (2016), correspondendo a 79 % do PIB total do estado do Amazonas, e IDH equivalente a 0,737 (G1 AM, 2018; IBGE, [2019]).

O clima tropical é do tipo equatorial (Afi) pela classificação de Koppen-Geiger; com temperatura máxima de 33,8 °C e mínima de 20,3 °C e umidade relativa do ar com amplitude média entre 77% e 95% (RIBEIRO, 1976). A precipitação é aproximadamente 2.300 mm ano⁻¹ com períodos de maior intensidade entre novembro e março e de menor, entre maio e setembro (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1996). O município de Manaus, localizado na região da Amazônia Central, fica situado logo abaixo da parte descendente da Célula de Hadley, o que favorece uma diminuição do período de seca na região e uma maior precipitação anual, em torno de 3.000 mm ano⁻¹ (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1996; SCHAEFER et al., 2017).

Figura 1 - Bacia hidrográfica Amazônica



Fonte: (CAMINATI, 2013 apud ANA, 2010)

Na região, há predominância de rochas sedimentares e o relevo é fortemente influenciado pela ação hídrica, principalmente relacionados aos fenômenos de incisão fluvial e entalhamento erosivo das vertentes (SARGES; RICCOMINI, 2011). O relevo se distribui em cinco porções diferentes em relação a sua altimetria que vão dos canais fluviais e planícies

de inundação (25 m) aos divisores de água (90 a 115 m) e seus cumes (115 m; SARGES; RICCOMINI, 2011).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Florestas (IBF, [2020]) o bioma Amazônico se divide em três categorias principais de formações vegetais: (i) **Matas de igapó**: vegetação de porte baixo, situadas nas porções altimétricas inferiores, estando quase ou total parte do tempo inundadas. É exemplo a vitória-régia. (ii) **Matas de várzea**: regiões periodicamente inundadas, tendo o tempo de inundação variando de acordo com o relevo local. São exemplos a sumaúma, buriti e andiroba. (iii) **Matas de terra firme**: regiões de maior altitude não suscetíveis à inundação (OLIVEIRA et al., 2006). Ocorrem espécies como: castanheira-do-Brasil, quaruba e guaraná (FRANÇA, [ca. 2020]).

3. CARACTERIZAÇÃO DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) foi criado em 1952 e implementado em 1954, sendo suas primeiras pesquisas voltadas para inventários de Fauna e Flora (INPA, 2017). Sua sede está localizada na cidade de Manaus, entretanto possui atuação nos estados do Acre, Roraima, Pará e Rondônia (INPA, 2017). As linhas de pesquisa são das mais diversas áreas, indo desde fisiologia e ecologia de espécies até antropologia, produção agrícola e impactos do aquecimento global na floresta amazônica; atuação que o tornou referência internacional em biologia tropical e estudos do bioma Amazônia (INPA, 2017). Para tal, conta com uma estrutura de coordenações administrativas (Capacitação, Administração, Ações Estratégicas e Extensão) e de pesquisa (Dinâmica Ambiental; Sociedade, Ambiente e Saúde; Tecnologia e Inovação e Biodiversidade), a fim de cumprir seu objetivo: “pesquisar o meio físico e melhorar as condições socioeconômicas na região amazônica” (INPA, 2017).

O INPA possui diversos cursos de pós-graduação nos níveis de mestrado e doutorado, entre eles, alguns de alto conceito na avaliação CAPES, como o PPG - Ecologia (conceito CAPES 6) e o PPG - Ciências Florestais (conceito CAPES 5). A internacionalização é algo muito presente, contando com pesquisadores de diferentes partes do mundo em seu quadro de funcionários e pelo estabelecimento de projetos e parcerias internacionais. Como exemplo, destaca-se o AmazonFACE, presidido pelo PhD Bart Kruijt (*Wageningen University & Research*) e pelo Dr. Carlos Alberto Nobre Quesada (vice-presidente e diretor executivo; INPA), cujo objetivo, de forma simplificada, é: “avaliar os efeitos do aumento de

CO₂ na resiliência da floresta amazônica” (AMAZONFACE, [2020]). Este projeto surge de uma parceria entre o INPA e diversas instituições brasileiras e internacionais, dentre elas a Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID) e Fundação Alemã de Pesquisa (DFG).

Para atender as demandas dos cursos de pós-graduação e projetos de pesquisa o INPA conta com uma série de laboratórios divididos em duas categorias principais: (a) os laboratórios comuns, ligados a um grupo de pesquisa, pesquisador, ou área de estudo; e (b) laboratórios temáticos cujo foco é em um tema específico e atendem toda a comunidade recebendo, inclusive, alunos de outras instituições. Esses laboratórios são mais focados na aprendizagem dos alunos, havendo uma maior possibilidade do aluno participar de todas as etapas do processo, sempre acompanhado de um técnico responsável.

O Instituto também é atuante na parte de extensão, apresentando projetos e cursos de capacitação para a comunidade local e agricultores. Como exemplo, há o projeto coordenado pela pesquisadora Dra. Sônia Sena Alfaia, denominado Feirão do Produtor Rural, em que, dentre outras atividades, são elaboradas cartilhas, apostilas e cursos capacitatórios sobre o cultivo de espécies na região amazônica. Dentro desta extensão, há ainda o Bosque da Ciência, que atua como ponte entre comunidade científica e população, sendo importante ferramenta de conscientização e divulgação científica sobre o bioma. Além disso, há diversas experiências com pesquisa participativa fomentadas pelo Núcleo Agroflorestral do INPA coordenado pelo pesquisador MSc Johannes van Leeuwen.

Atualmente o INPA sofre com cortes em seu orçamento e com a falta de funcionários, causando uma crise generalizada e prejuízos ao funcionamento de diversas atividades. Fato observado na publicação do jornal Amazonas Notícias: “dos 1200 funcionários do INPA, hoje restam apenas 540 dos quais 400 são estudantes bolsistas” (AMAZONAS NOTÍCIAS, 2019). O caso mais icônico que ocorreu durante o estágio foi o fechamento parcial do Bosque da Ciência devido a falta de funcionários, a qual não fosse por um esforço coletivo e auxílio de outras instituições, poderia determinar o fechado por tempo indeterminado (A CRÍTICA, 2019).

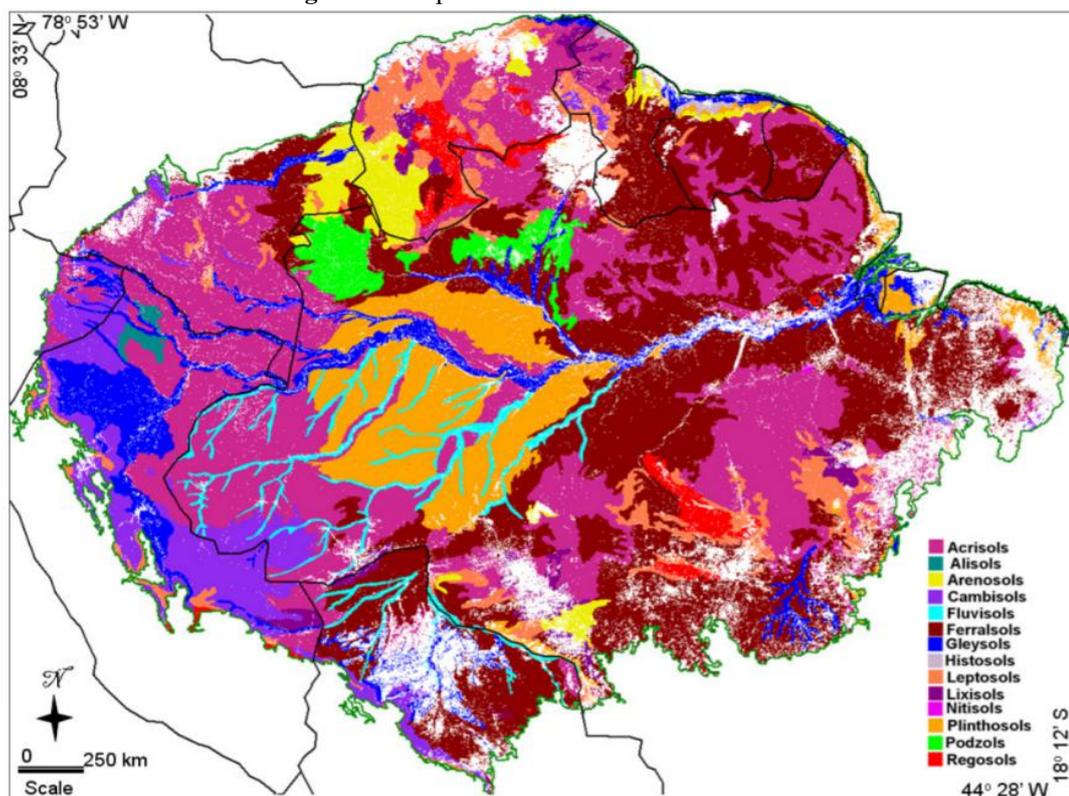
4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Solos da Amazônia e sistemas agroflorestais

Apesar de muitos acreditarem que os solos da Amazônia são basicamente antigos, lateríticos e altamente intemperizados, de uma forma geral, pode até ser verdade; no entanto a

distribuição dos solos amazônicos é mais complexa e diversa (QUESADA et al., 2011). Neste sentido, há solos recentes ou com alta fertilidade natural em meio aos solos antigos e mais desenvolvidos, além de existir uma distribuição heterogênea, a qual varia principalmente pelas características geomorfológicas originárias (QUESADA et al., 2011). A mineralogia dos solos amazônicos é relacionada a seu material de origem e, apesar de predominantemente caulíníticos, há locais que os solos se desenvolveram sobre material calcário e marga; basalto e diabásio; e pretérita, apresentando diferenças em sua composição mineralógica (LIMA, 2001). Nas várzeas, devido a ação da água em trazer materiais de diferentes locais e pelas periódicas inundações, formam-se solos de composição mineral mais complexa, menos intemperizados, eutróficos e de alta CTC (LIMA, 2001). Neste sentido, são descritos Vertissolos, ricos em argilominerais 2:1 (principalmente esmectitas), no município de Boa Vista, RR, de forma que sua ocorrência foi atribuída a um paleoclima subatual na região de características semi-áridas e à presença de rochas máficas (BENEDETTI et al., 2011). Na bacia do Amazonas são mapeados 14 tipos de classes de solo (**Figura 2**), mais que o dobro dos seis grupos mapeados inicialmente (MARBUT; MANIFOLD, 1926) e com menor predominância de *Ferralsols* (Latosolos) e *Acrisols* (Argissolos) do que segundo a classificação da FAO World Soil Map (1992) (QUESADA et al., 2011).

Figura 2 - Mapa de solos da bacia do Amazonas.



Fonte: (QUESADA et al., 2011 apud. SOTERLAC–ISRIC soil database (versão 2.0, escala de 1:5 milhões); Saatchi et al. 2008)

A região da Amazônia Central é geomorfologicamente antiga e estável, tendo sofrido processos intempéricos por cerca de 20 milhões de anos, e sendo formada por solos pobres em nutrientes (QUESADA et al., 2011). Além disso, a deposição de sedimentos nesta região tem origem nos escudos da Guiana, região ainda mais antiga, com cerca de 1700 milhões de anos (QUESADA et al., 2011). Entretanto, principalmente nos leitos de rios, possui solos ricos em nutrientes, como a terra preta de índio: solos altamente antropomorfizados de origem datada aos povos pré-colombianos (MACEDO et al., 2019).

Na Amazônia Central, a cidade de Manaus está inserida no setor pedológico: bacia do Rio Negro e sistemas arenícolas (SCHAEFER et al., 2017). Devido ao relevo plano e levemente ondulado da região, somado às altas precipitações, foi favorecida a ocorrência de solos altamente intemperizados, arenosos e hidromórficos na região, com predomínio dos Planossolos (SCHAEFER et al., 2017). No entorno de Manaus, as principais classes de solo são: Latossolo Amarelo de textura leve a muito pesada, Gleissolos Háplicos, Planossolos hidromórficos e Neossolos (IPEAN, 1969).

Como descrito por Souza et al. (2018) as florestas tropicais são ambientes frágeis, de forma que distúrbios podem comprometer a capacidade do solo em realizar a reciclagem de nutrientes tornando-os rapidamente exauridos. Assim, o desmatamento da mata amazônica causa modificações nas propriedades físicas e químicas no solo, além da redução da biomassa e diversidade de espécies (ANDREUX; CERRI, 2008; BARROS et al., 2003; FRANCO et al., 2018; VIANA et al., 2014). Uma agricultura sustentável, como os sistemas agroflorestais (SAF), pode levar a uma melhor preservação do ambiente, trazendo benefícios como controle de erosão, manutenção da fertilidade da terra e maior ciclo de cultivo em uma área, enquanto permite-se manter uma produção agrícola (EMBRAPA, [ca. 2013]; ENGEL, 1999). De acordo com van Leeuwen (2020, no prelo): “Os sistemas agroflorestais (SAF’s) cultivam árvores em consórcio ou rotação com culturas agrícolas e/ou animais (adaptado de Editors 1982)”. Desta forma, este é um sistema que se caracteriza pela distribuição de cultivos e animais no espaço e no tempo, em um sistema dinâmico em que todos os componentes interagem entre si, se alterando e se renovando (ENGEL, 1999).

O uso de sistemas agroflorestais data dos primórdios da agricultura, sendo adotado, inclusive por imigrantes, como os japoneses no estado do Pará (Porro et al., 2012). Além do uso por populações tradicionais, estes sistemas já foram descritos como promissores para recuperação de áreas degradadas, tanto em pastagens degradadas como em áreas de mineração, ravinas e bacias hidrográficas, apresentando uma possibilidade de aumentar a biodiversidade da fauna e flora, tornar aquele ambiente produtivo novamente e poder envolver a população

local no processo; uma solução simples e de bom custo-benefício (CHATURVEDI et al., 2013; MONTAGNINI et al., 2008). Além disso, são importantes alternativas ao uso atual da terra em regiões de fronteira agrícola, podendo transformá-las em fronteiras de “re-agroflorestamento” (SCHROTH et al., 2016). Ainda, como discutido por Porro et al. (2012, p. 417, tradução do autor):

... práticas agroflorestais têm um papel importante para ajudar a atingir as necessidades de curto e longo prazo de conservação ambiental e bem-estar econômico da população amazônica, como componentes de sistemas de uso da terra sustentáveis que evitam maior desmatamento e oferecem suporte às comunidades locais, serviços ambientais e vislumbram melhor governança.¹

Entretanto, segundo van Leeuwen (2020, no prelo) os SAFs necessitam se adequar às condições edafoclimáticas, socioeconômicas e culturais do agricultor e seu estabelecimento ou, do contrário, está fadado ao fracasso.

Do ponto de vista da conservação do solo os SAF apresentam resultados promissores na capacidade em recuperar o solo e manter a fertilidade do solo (TAPIA-CORAL, LUIZÃO & WANDELLI, 1999; TAPIA-CORAL et al., 2005; TREMBLAY et al., 2015; SCHROTH et al., 2002), principalmente os estoques de carbono (ALFAIA et al., 2004; ÁREVALO-GARDINI et al., 2015; FERNANDES et al., 1999), biodiversidade da macrofauna do solo (FERNANDES et al., 1999) e biodiversidade anterior (MONTAGNINI et al., 2008). Entretanto, há estudos que não relatam diferença, quanto a qualidade do solo, entre sistemas agroflorestais e pastagens (TORNQUIST et al., 1999).

4.2 Pesquisa participativa na agricultura e desenvolvida pelo Núcleo Agroflorestal (INPA) para sistemas agroflorestais

Os primeiros conceitos de pesquisa participativa surgem em meados da década de 1980, advindos da percepção de que os fazendeiros podem fornecer contribuições para a pesquisa e nesta união, é possível obter maior impacto nos sistemas de produção, especialmente para produtores de baixa renda e em situação de risco (VAN DE FLIERT; BRAUN, 2002). Desta forma, de acordo com Hoffmann; Probst; Christinck, 2007 (2007, p. 1, tradução do autor):

¹ ... agroforestry practices have an important role to play in helping to meet the short- and long-term needs of environmental conservation and the economic well-being of the Amazon population, as components of sustainable land use systems that avoid further deforestation and support local livelihoods, provide environmental services, and envision improved governance

A ideia básica da pesquisa participativa é que fazendeiros e profissionais possuem diferentes conhecimentos e habilidades que se complementam e, através do trabalho em equipe, os dois grupos podem atingir resultados melhores do que teriam ao trabalhar sozinhos.²

Com a contribuição de indivíduos e comunidades locais, a pesquisa participativa permite o desenvolvimento de novas tecnologias e sua melhor adequação à condição política e sócio-econômico-cultural do público alvo (GONSALVES et al., 2005). Este é um fator importante para a disseminação e a adoção de novas tecnologias (GONSALVES et al., 2005). Além disso, pesquisadores se beneficiam do conhecimento dos agricultores, enquanto estes podem aprender sobre novas espécies e técnicas (SOARES; van LEEUWEN; GOMES, 2004).

Existem diversas formas de participação no desenvolvimento de pesquisas, podendo ser classificadas em quatro categorias principais, de acordo com Gonsalves et al. (2005):

- **Participação contratual:** há um detentor da pesquisa e das decisões enquanto outros participam através de ações indicadas por este ator.
- **Participação consultiva:** a decisão é centralizada, mas outros participantes podem opinar sobre os assuntos.
- **Participação colaborativa:** os participantes possuem opiniões e poder de decisão mais equivalentes.
- **Colegiado participativo:** há igualdade entre os participantes e as decisões são tomadas por acordos entre as partes.

Quanto à sistemas agroflorestais, isto não é diferente, pois, conforme van Leeuwen (2020, no prelo), SAFs são muito variáveis em seu tamanho e composição, de forma que só serão bem-sucedidos se coerentes com a condição socioeconômica, cultural e modelo de agricultura de cada local. Com isso em mente, o Núcleo Agroflorestal vai além do modelo de colegiado participativo, no sentido de que, apesar de todo o planejamento ser uma atividade conjunta entre pesquisador e produtor, é de responsabilidade do produtor a tomada final de decisão e execução do projeto; em contrapartida os pesquisadores fornecem assistência técnica e alguns insumos. Esta abordagem é semelhante à adotada em alguns projetos de melhoramento participativo denominados de *farmer empowerment*, em que está nas mãos do

² The basic idea of participatory research is that farmers and professional researchers have different knowledge and skills, which may compliment each other and that by working together the two groups may achieve better results than by working alone.

agricultor o poder final de decisão, permitindo-lhes alterar objetivos e delineamento do programa (ASHBY, 2009).

Como resultados, obtém-se uma grande variedade de sistemas agroflorestais, como por exemplo o SAF de castanheiras em Manacapuru, sistemas agrossilvipastoris em Rondônia, soluções adaptadas para o cultivo de espécies florestais em estabelecimentos localizados próximo a várzea, entre outros (van LEEUWEN, 2020, no prelo). Entretanto, observar o que o produtor faz e construir soluções junto a ele, especialmente à maneira do Núcleo Agroflorestal, é algo novo, necessitando de maiores debates, pesquisa e treinamento de técnicos e pesquisadores para trabalhar e melhor dialogar com os produtores, especialmente os que vivem em condições de maior pobreza (van LEEUWEN, 2020, no prelo).

4.3 Minhocoçu

As minhocas possuem um papel de “engenheiros-do-solo” no ecossistema; fato advindo da sua capacidade de se mover pelo solo, causar bioturbação, reciclagem de nutrientes e construção de partículas organominerais, modificando as características químicas e físicas do solo (LAVELLE et al., 1997). Minhocoçu, Minhocaçu, Minhoca-grande ou minhocão (**Figura 3a**) são nomes populares utilizados no Brasil que representam diferentes gêneros e espécies de minhocas de porte maior, variando de 50 a 200 cm (MINHOCUÇU, [2020]; TAPIA-CORAL; WALDEZ, 2016). No Brasil existem 53 espécies catalogadas de minhocoçu das quais cinco são de ocorrência no Amazonas: *Rhinodrilus elisiana* RIGHI et al. 1976, *Rhinodrilus lakei* MICHAELSEN 1934, *Rhinodrilus lucilleae* RIGHI et al. 1976, *Rhinodrilus priollii* RIGHI 1967 e *Thamnodrilus salathe* MICHAELSEN 1934 (TAPIA-CORAL; WALDEZ, 2016). Os minhocoçus são classificadas como minhocas anécicas, ou seja, sua alimentação é composta por matéria orgânica de intermediária decomposição e suas galerias são majoritariamente verticais e permanentes; além disso, apresentam uma baixa capacidade de dispersão, sendo comumente endêmicas (BROWN; JAMES, 2007).

Coprólitos (**Figura 3b**) são excrementos de origem organomineral gerados à partir da atividade metabólica dos minhocoçus e são caracteristicamente depositados na forma de montículos na superfície do solo (FIUZA, 2009; MARASHI; SCULLION, 2003). Estes excrementos são uma das principais causas de maior agregação em solos com alta atividade de minhocas, sendo atribuída principalmente pelo aumento de substâncias orgânicas, cátions polivalentes e da colonização de fungos, fomentados pela sua excreção (FIUZA, 2009; MARASHI; SCULLION, 2003). Como são característicos, sua identificação pode ser utilizada como indícios de sua presença na área, como realizado em Drummond (2008).

Figura 3 - (A) Espécime de minhocoçu (*Rhinodrilus priollii* RIGHI 1967) encontrado em sistema agroflorestral nas proximidades de Manaus, AM; (B) coprólito de minhocoçu encontrado em Sistema Agroflorestal de Manacapuru, AM.



Fonte: (A) (TAPIA-CORAL; WALDEZ, 2016); (B) Núcleo Agroflorestal - INPA

Minhocas são importantes indicadores de qualidade do solo e de uso frequente junto à outros indicadores (FRÜND; GRAEFE; TISCHER, 2011). Além disso, conforme descrito por Paoletti (1999, p. 17, tradução do autor):

Espécies maiores (de minhocas) frequentemente desaparecem de paisagens rurais. Dentre estas espécies maiores, espécies de escavadores profundos são dominantes. A ausência ou presença de espécies de escavadores grandes em paisagens com distúrbios podem servir como um indicador útil de degradação ambiental ou reabilitação.³

Entretanto, como discutido em BROWN et al. (2013), apesar de já serem utilizadas como indicadores, ainda há pouco conhecimento e dados sobre espécies nativas de minhocas, de forma que uma maior quantidade de dados e pesquisa é necessário para seu uso como bioindicadores em larga escala pela América Latina.

Pouco ainda se sabe sobre os minhocoçus e, devido ao pequeno número de coletas e estudos, estima-se que existem muito mais espécies do que descrito atualmente (BROWN; FRAGOSO, 2007).

5. ATIVIDADES REALIZADAS

5.1. Avaliação das características físicas, químicas e da mesofauna do solo em diferentes usos da terra na Amazônia Central

O aluno executou as três etapas do projeto: planejamento, execução e processamento dos dados sob supervisão de seus orientadores e auxílio dos técnicos de campo e laboratórios.

³ Larger species frequently vanish from rural landscapes. Among these large species, deep-borrowing species are dominant. The absence or presence of the large borrowing species in disturbed landscapes can serve as a useful indicator of environmental degradation or rehabilitation.

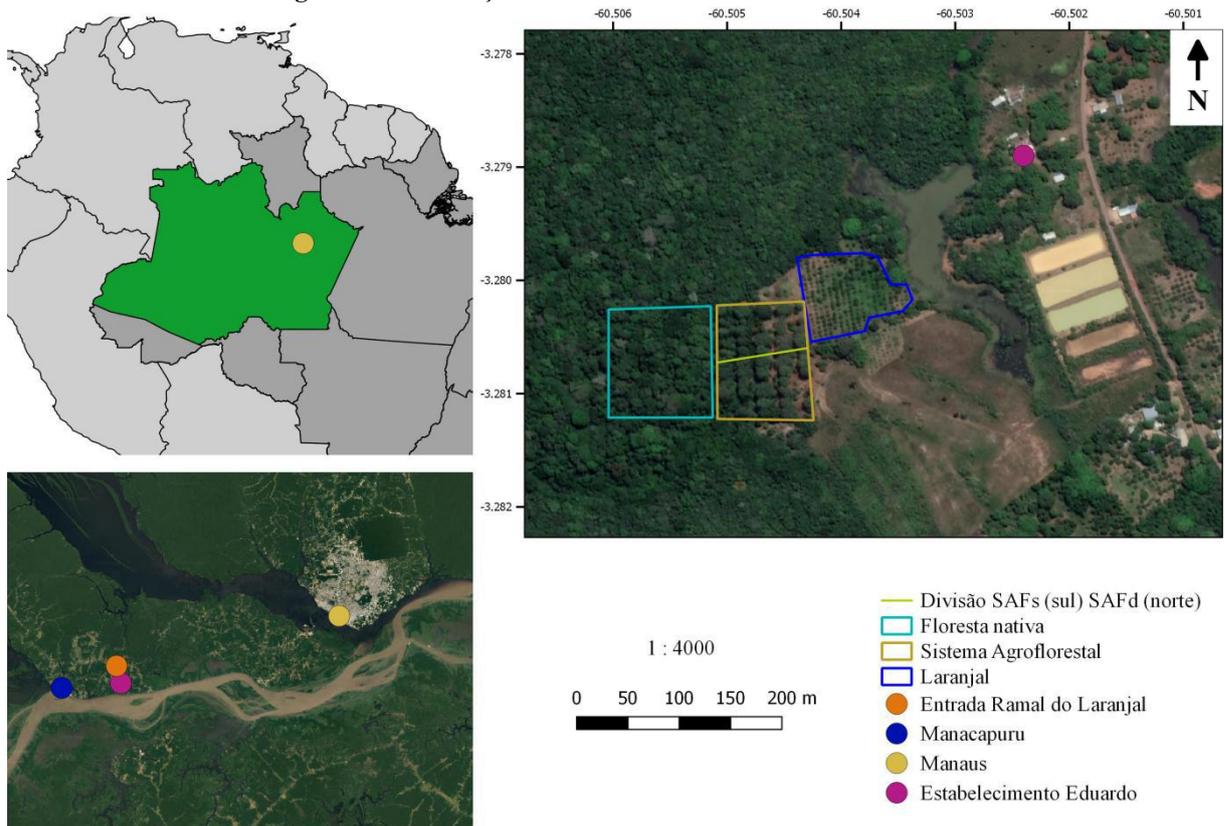
As informações contidas sobre histórico e descrição da área de estudo foram obtidas da bibliografia, do banco de dados do Núcleo Agroflorestal do INPA, que consistiam de relatórios de visitas (1992-2019), mapas, medições (em parte não analisadas) e sistematização parcial destes dados.

5.1.1. Histórico da área de estudo e divisão das parcelas

A área de estudo fica localizada no município de Manacapuru, estado do Amazonas, dentro de um estabelecimento de agricultura familiar de cerca de 14 ha. Este estabelecimento fica no Ramal do laranjal cuja entrada está no Km 59 da Rodovia Manoel Urbano (AM-70) que liga os municípios de Manaus, Manacapuru e Iranduba (**Figura 4**). No estabelecimento moram o assentado, Sr. Eduardo, e alguns de seus filhos com seus cônjuges e netos. O estabelecimento possui um pomar de laranjeiras, o sistema agroflorestal, cultivos menores, áreas de mata nativa, um lago para criação de pirarucu e, desde poucos anos, viveiros em parte já em uso para criação de peixes. O relevo nas áreas de produção é plano a suavemente ondulado, não apresentando áreas de elevada declividade nos locais onde foi realizado o experimento. Em estudo de Falcão et al. (2000) onde se estudou a classificação do solo de diversos SAFs do município de Manacapuru, determinou-se que o solo do sistema estudado é classificado como Argissolo Amarelo distrófico plíntico álico. O início do estabelecimento data de 1986 quando a prefeitura de Manacapuru abriu dois ramais entre a rodovia AM-70 e o rio Solimões a fim de distribuir terras a agricultores para evitar a superpopulação da várzea. Esses assentamentos foram posteriormente oficializados pelo INCRA, o que causou uma pequena perda no terreno original do SAF.

Neste município, o Núcleo Agroflorestal do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) desenvolve opções agroflorestais com participação de pequenos produtores. O local foi escolhido por seu posicionamento estratégico, permitindo estudar a problemática perto de Manaus, com fácil acessibilidade e menor custo, e com possibilidade de sua continuidade mesmo em períodos de escassez de recursos (Mota, 1997). Ao todo são 21 produtores às margens do rio Solimões (incluindo o estabelecimento deste estudo) onde se aplica a metodologia participativa sumarizada no item 4.2.

Figura 4 - Localização do estabelecimento e das áreas de estudo



Fonte: autor; imagens de satélite: (GOOGLE MAPS, 2020)

Sistema agroflorestal (SAF)

A área, que no inverno 92/93 seria escolhida para instalar o SAF, foi aberta (desmatando a floresta original) no verão (época seca) de 1990 e 1992. A seguir, em ambos locais, foi instalado abacaxi na época chuvosa (90/91 e 92/93). Em fevereiro de 1993, plantarem-se as linhas ímpares do mapa, com as espécies emergentes (principalmente castanheiras-do-pará) e as do estrato médio, pupunheiras sem espinhos, açazeiros e abiuzeiros. Por falta de mudas, o plantio nas linhas pares de laranjeira e guaranazeiro, ocorreu apenas em junho de 1994 (ANEXO A). O produtor tinha prometido instalar (dez) linhas de cupuaçuzeiros entre as primeiras onze linhas pares e ímpares, mas iniciou isso apenas em 1996, fazendo de forma bem irregular e incompleta. Resultou uma parcela inicialmente muito aberta (faixas de 10 metros entre as linhas plantadas ao invés de 5 metros). No decorrer dos anos, as faixas abertas foram usadas para introduzir mais cupuaçuzeiros e uma diversidade de outras espécies, com algumas surgidas espontaneamente. Os dois anos de diferença entre a instalação do abacaxi fez surgir duas formas de manejo: (A) onde o plantio recente do abacaxi motivou o produtor a capinar intensivamente, reduzindo a competição de invasores; (B) na área com restos de um plantio de abacaxi, onde o produtor limpava apenas as linhas,

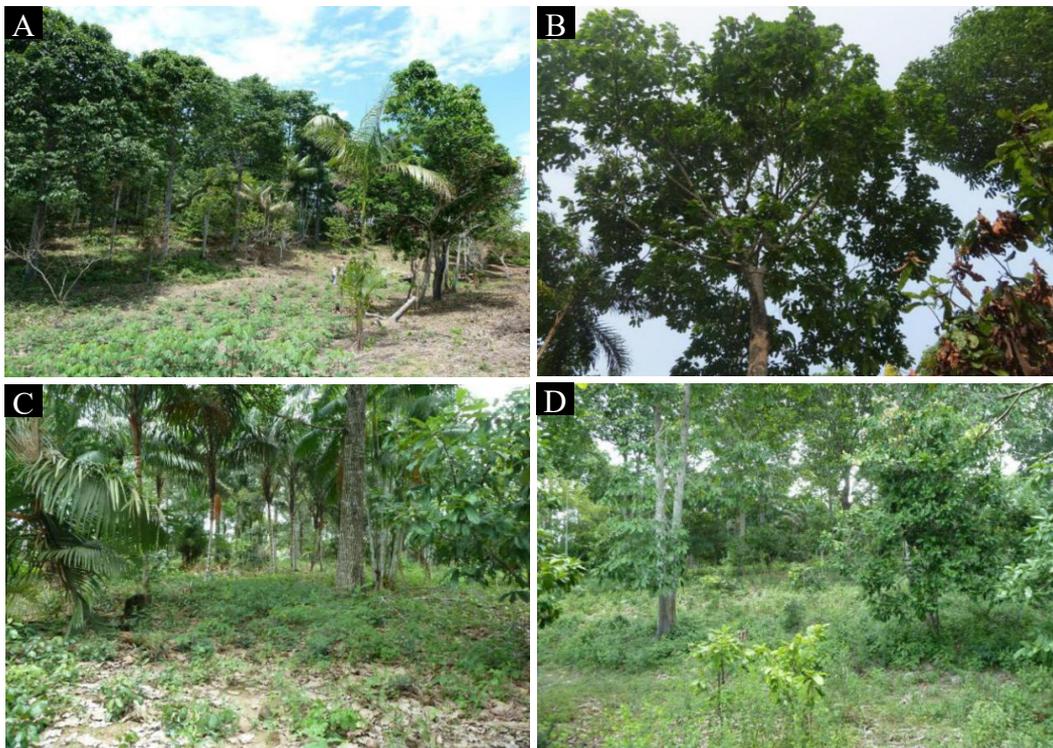
permitindo o crescimento da capoeira e reduzindo o crescimento das árvores deste local em relação aos da parte A. Soares et al. (2004) mostram que essa diferença diminuiu o crescimento da castanheira e melhorou sua forma.

Na forma de manejo B, a área limpa nas linhas de plantio foi aumentada ao longo dos anos, permitindo manejo e colheita das árvores. Desde a linha 1, as faixas de capoeira foram paulatinamente eliminadas. A limpeza total pode estar relacionada com o início da produção de castanheiras, já que se faz necessário a limpeza do local para realização da colheita após o período de queda do fruto, tanto para facilitar a coleta como evitar encontros com animais perigosos (exemplo: pisar em cobras). Estima-se, desta forma, que a manutenção total da área de forma efetiva, tenha começado a ser realizada por volta do ano de 2001, o que coincide com as estimativas para o início da produção de castanhas, o qual é de oito anos após plantio em plantas provenientes de semente (SEBRAE, 2016).

Atualmente, o SAF (**Figura 5**) possui três estratos constituídos das espécies principais:

- Estrato superior: castanheira (58 pés) e jatobazeiro (3)
- Estrato médio: cupuaçuzeiro (200), açaízeiro (57), bacabeiro (26) e tucumãzeiro (12)
- Estrato inferior: laranjeira (49) e guaranazeiro (27).

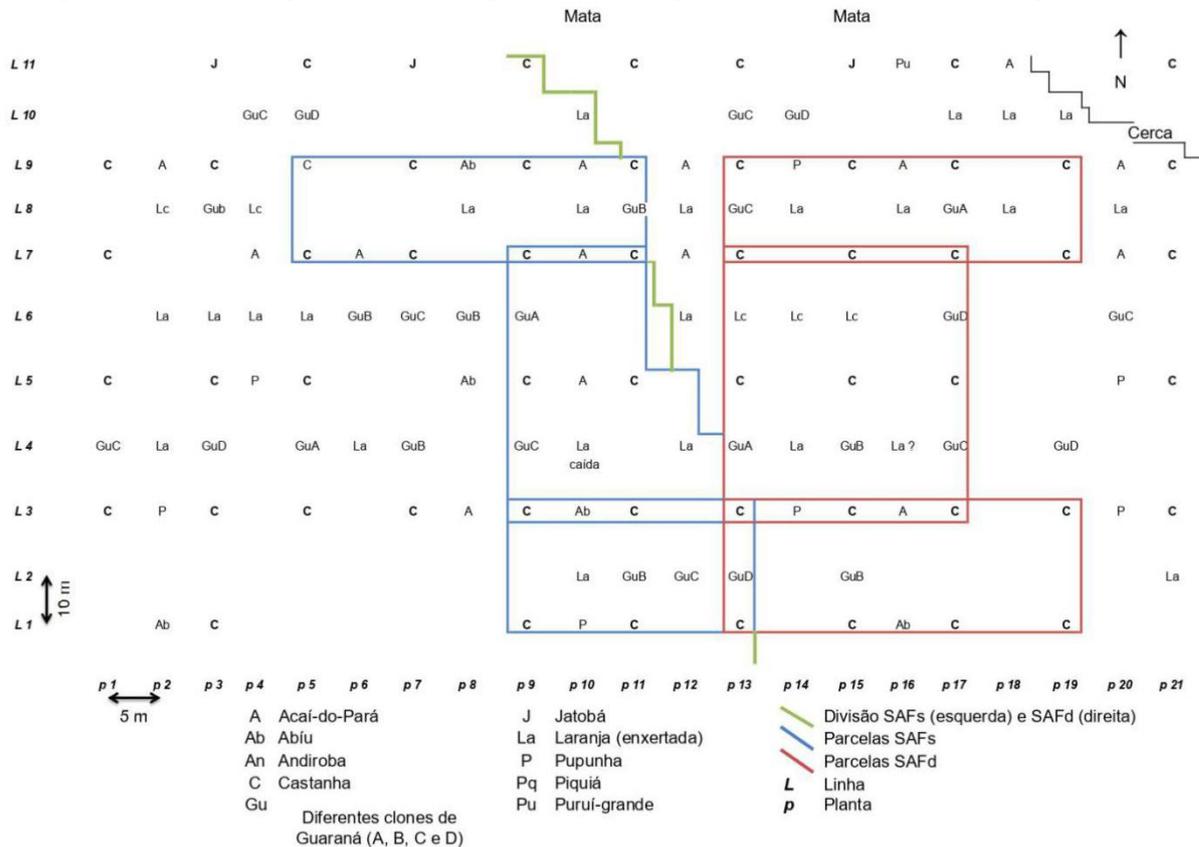
Figura 5 - (A) Sistema agroflorestal (SAF) visto por fora (2010); (B) copa das castanheiras-do-pará; (C e D) interior do SAF (2019).



Fonte: (A e B) Núcleo Agroflorestal - INPA; (C e D) autor.

Do esquema original, o estrato superior é dominado por castanheiras em espaçamento de 10 x 20 m, porém com diversas falhas (**Figura 6**). Já a disposição das espécies do estrato médio e inferior não mostra mais um padrão claro, resultado do replantio de perdas por inundações nas beiras do SAF e incêndios. Os plantios aparentemente ao acaso mostram como o produtor ocupa espaços abertos que existiam no SAF naquele momento em que disponibilizava de mudas e tempo. Neste método, não se busca alinhar as plantas existentes, mas utilizar os locais onde o plantio é mais fácil, já que não disponibiliza de mecanismos de tração para a limpeza da área. O ribeirinho (pequeno produtor da Amazônia) aproveita os recursos à medida que surgem, visto que, além de escassos, não se sabe quando os terá à disposição novamente. Além disso, seu tempo é limitado, devido à quantidade de tarefas exercidas diariamente, desta forma, o uso de seu tempo deve ser realizado eficientemente. Com isso, o SAF apresenta uma distribuição florística heterogênea, embora com áreas de maior concentração de algumas espécies (**ANEXO B**).

Figura 6 - Divisão das parcelas utilizadas para o sistemas agroflorestal com (SAFd) e sem capoeira (SAFs)



Fonte: adaptado de Banco de dados do Núcleo Agroflorestal - INPA.

Seguindo a prática local dos anos noventa, o plantio das espécies agroflorestais foi realizado sem a utilização de fertilizantes (MOTA, 1997). Isso com exceção das laranjeiras

em que houve a utilização de insumos em seu plantio e manutenção desde sua instalação, absolutamente necessário para o desenvolvimento da cultura no solo de baixa fertilidade natural da terra firme. Assim, abriram-se covas de 40 x 40 x 40 cm, onde se aplicou 10 litros de cama de aviário (poedeira) e adubo químico. Durante o período inicial e de produção também eram realizadas aplicações periódicas de pesticidas para controle de insetos e doenças. A adubação de cobertura é realizada de acordo com a disponibilidade de recursos, embora, de forma geral, estabelece-se o uso de NPK 10-10-10 aplicando-se 500 g por planta divididos em duas aplicações ao ano. A adubação orgânica, por ser considerada mais cara pelo produtor, é usada quando há recursos suficientes, embora busque-se aplicá-la anualmente. Quando realizada, consiste em aplicação única anual de três pás por planta de cama de aviário. O calcário também não é aplicado todos os anos, entretanto, conforme foi realizado em 2013, utilizou-se 500 gramas de calcário dolomítico por planta em cobertura em aplicação única (equivalente à 25 kg ha⁻¹).

Este SAF reflete as condições da região. Estrutura determinada por solos de baixíssima fertilidade, difíceis condições climáticas e limitação de recursos e tempo. Neste sentido, as atividades de manejo só podem ser realizadas à medida em que entram recursos e sobra algum tempo; problema típico para o pequeno produtor da Amazônia que não dispõe de outras rendas. Por isso, as condições aqui expostas representam uma visão geral e algo ideal sobre o sistema, que não é sempre cumprido. Por outro lado, este SAF também evidencia as estratégias do produtor na condução deste sistema e os métodos que ele utiliza para contornar estes problemas. Além disso, este SAF representa um caso de sucesso na região visto que persiste há mais de 25 anos e, atualmente, o filho de Eduardo vem trabalhando para ampliar o cultivo de castanheira, apresentando longevidade e certa importância financeira para o estabelecimento. Com isso, torna-se importante estudá-lo para conhecer não só o impacto social e produtivo, mas também sua influência no ambiente e condições do solo. Já que este sistema pode estar não só beneficiando os produtores, mas toda a sociedade, pelos serviços ambientais que um SAF pode trazer.

Para isto, o sistema agroflorestal foi dividido em duas áreas de coleta diferentes, com base no manejo do agricultor (A e B). Cada área foi subdividida em três parcelas homogêneas onde os locais para emergentes encontravam-se ocupadas por castanheiras bem desenvolvidas e desconsiderando-se áreas localizadas aos bordos do SAF quando possível (**Figura 6**).

Pomar de laranjeiras

O pomar de laranjeiras (**Figura 7**) consiste em uma área de aproximadamente 1 ha de relevo levemente ondulado. A implementação ocorreu pouco depois à instalação do SAF, no ano de 1997, entretanto, devido à mortalidade (principalmente por gomose) houveram diversos replantios (mais recente em 2013; ANEXO B). As mudas são majoritariamente de laranjeiras enxertadas (desde o início do pomar; porta-enxerto: limão-cravo), embora existam plantas de pé franco e de bergamota ponkan. Embora não tenha sido registrado, estima-se que o plantio tenha sido realizado, bem como mantido, de maneira similar à realizada no SAF. A produção anual é entre 10 a 14 mil frutos, com colheita 3 vezes ao ano, variando de 50 a 500 frutos planta⁻¹ colheita⁻¹.

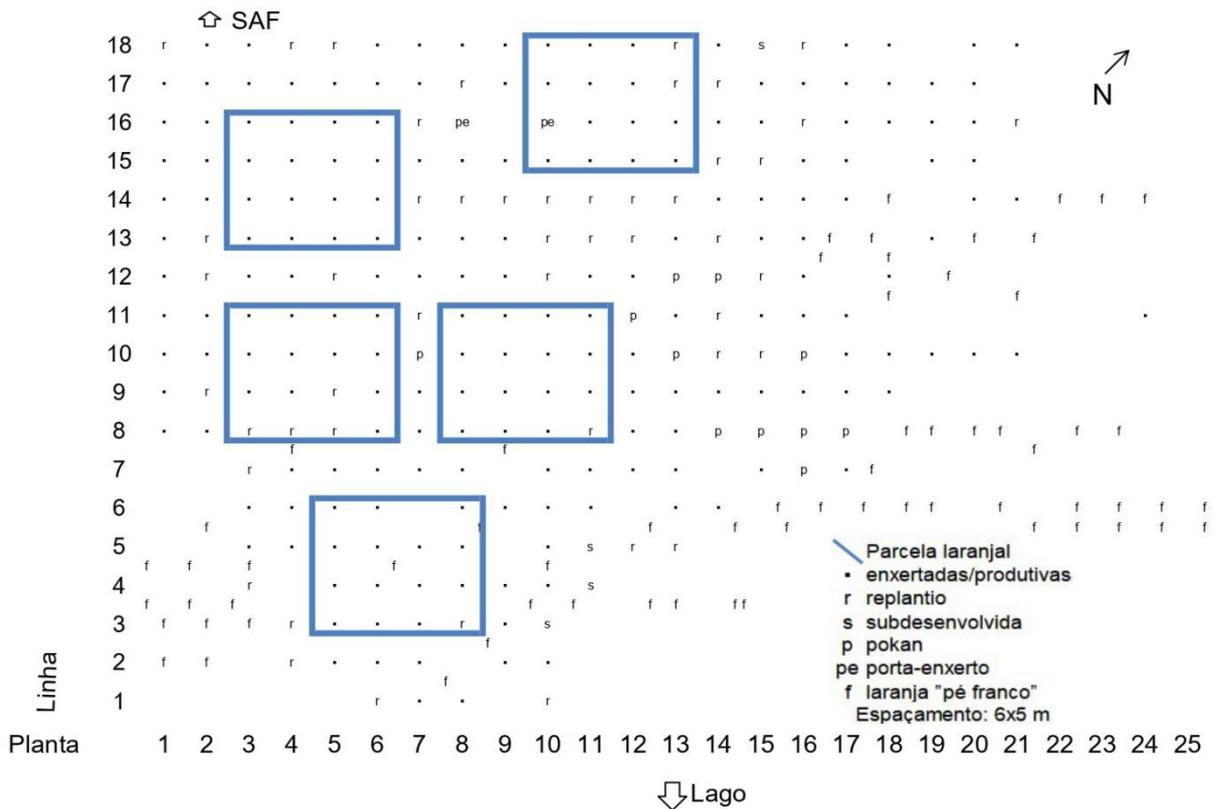
Figura 7 – Laranjal puro do estabelecimento



Fonte: autor

Neste contexto, a área do laranjal foi subdividida em cinco parcelas de 24 x 20 m (4 x 4 plantas), buscando áreas que a maioria das plantas presentes estivessem vivas e fossem enxertadas, produtivas e bem estabelecidas (**Figura 8**).

Figura 8 - Parcelas de amostragem utilizadas na coleta dos dados no pomar de laranjeiras



Fonte: adaptado de Banco de dados do Núcleo Agroflorestal - INPA.

Floresta nativa

A escolha da área de mata nativa utilizada no estudo foi baseada na proximidade das demais áreas de cultivo e na observação de imagens de satélites, onde se preferiu áreas que apresentavam copas de maior diâmetro. Na área existem algumas trilhas, usadas para eventuais caças ou coleta de produtos (frutos, ervas, entre outros), locais onde se evitou coletar muito próximo a estas áreas. Entretanto, a área é claramente floresta nativa, como mostra a presença de lianas de maior diâmetro (**Figura 9**). Isto é um claro indício que diferencia mata virgem de capoeiras antigas, fato ocorrido pelo pequeno crescimento anual em diâmetro que estas espécies apresentam (ENGEL, FONSECA e OLIVEIRA, 1998). Esta técnica é comumente usada pelos povos tradicionais da região para diferenciar estes tipos de ambiente.

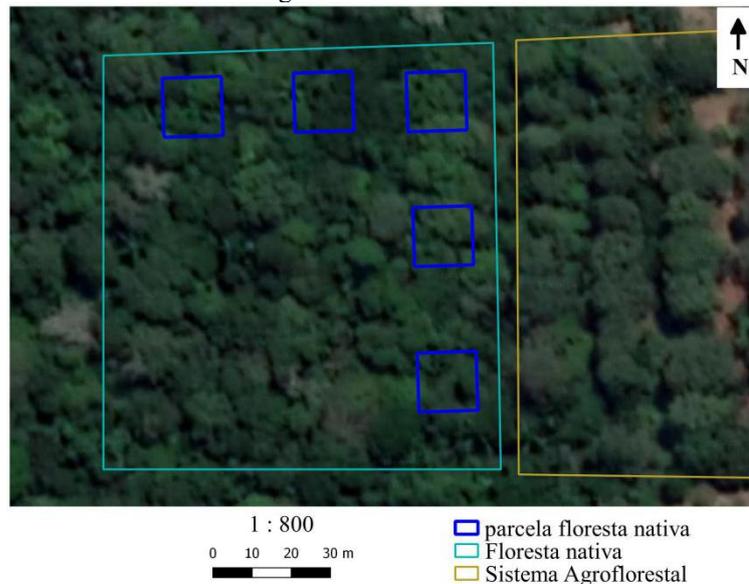
Com isso, demarcou-se uma área de aproximadamente 1 ha a qual foi subdividida em cinco áreas de tamanho 20 x 20 m e distribuídas de acordo com a distância das bordas (10 m no mínimo) e pela acessibilidade da área (**Figura 10**). Desta forma a parte do meio e inferior esquerda não foram utilizadas na amostragem devido à dificuldade de acesso, embora tenham sido consideradas anteriormente.

Figura 9 - Liana de maior diâmetro na Floresta Nativa



Fonte: autor

Figura 10 - Parcelas de amostragem utilizadas na coleta dos dados na floresta nativa



Fonte: autor; imagens de satélite: (GOOGLE MAPS, 2020)

5.1.2. Coleta e análise de solo

Usando o trado holandês, foram coletadas em cada parcela 10 subamostras simples nas profundidades de 0–5 e 5–20 cm. Os locais de coleta de amostras simples foram definidos por caminamento em zigue-zague. Misturando as subamostras de cada profundidade para obter uma amostra composta por parcela.

No laranjal, devido a presença de adubação localizada, coletou-se cinco subamostras (três na projeção da copa e duas fora) em cinco árvores diferentes por parcela, escolhidas ao acaso. Estas cinco subamostras (cada uma composta de cinco subamostras retiradas próximas de cada árvore) foram homogeneizadas em uma amostra composta representativa da parcela. Este procedimento foi adotado com objetivo de garantir que a coleta ocorresse no local onde se dá a adubação, visto que a maneira de aplicação poderia variar de acordo com o aplicador e tipo de adubo.

Após a coleta, as amostras foram levadas para o laboratório temático de solos e plantas (LTSP) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) onde foram destorroadas, peneiradas (2 mm) e secas ao ar natural em ambiente protegido de chuva (terra fina seca ao ar). Após, as amostras foram submetidas às análises de: pH (H₂O); granulometria (método da pipeta); N total Kjeldahl (NTK); Ca, Mg e Al trocável (extrator KCl 1,0 mol L⁻¹), C orgânico (método Walkley-Black); P, K, Cu, Fe, Mn e Zn disponível (extraídos com Mehlich – 1). Em todas as análises químicas foram utilizados padrões de solo internos (LTSP-INPA) e certificados pela EMBRAPA (padrão 269 ou 283).

Também realizou-se a contagem de coprólitos de minhocoçu nestas áreas a fim de contabilizar os indícios de ocorrência desta espécie nos três sistemas. Desta forma, em cada parcela determinou-se cinco locais pelo método de caminamento em zigue-zague, onde se colocava uma moldura de 20 x 20 cm e se contava quantidade de coprólitos dentro da moldura. Montículos de coprólito unidos do meio ao topo eram considerados apenas um, enquanto que se unidos apenas na base (terço inferior) eram considerados como coprólitos diferentes por ser possível identificar os montículos separadamente. A identificação do coprólito era totalmente visual.

5.1.3. Coleta e análise da liteira

Em cada parcela determinou-se seis locais pelo método de caminamento em zigue-zague. Com o ponto demarcado, era colocado sobre o solo uma moldura feita de madeira com diâmetro interno 20 x 20 cm, onde cortava-se a serrapilheira com um facão e acondicionava-a em sacos plásticos.

Em laboratório, a serrapilheira foi dividida em folhas e outros materiais. O material foi seco em estufa a 60 °C por 72 horas e pesado. As amostras de folhas foram pulverizadas e avaliou-se o C orgânico (Walkley-Black), N total Kjeldahl (NTK) e elementos pseudototais (digestão nitro-perclórica; K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn). Em todas as análises químicas utilizou-se padrões de solo internos (LTSP-INPA) e certificados pela EMBRAPA (amostra 11, ano 32).

5.1.4. Análises estatísticas

As camadas de solo foram analisadas separadamente, não sendo realizada análise estatísticas entre as camadas de um mesmo local. Entretanto, para a estatística e comparação com outros estudos, juntou-se os dados de forma a representar a camada de 0 – 20 cm de cada uso da terra. Isto foi realizado no intuito de permitir uma comparação mais direta com outros dados presentes na literatura, visto que as coletas deste estudo foram majoritariamente

realizadas nesta profundidade. Devido aos dados não apresentarem distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk, utilizou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis com o teste post-hoc de Dunn para comparação das médias, após ter-se confirmado a homogeneidade da variância pelo teste de Levene, com 5% de significância. Além disso, apenas para os solos, realizou-se a análise de componentes principais (PCA), para a determinação das variáveis mais relevantes na diferenciação dos sistemas de uso da terra. As análises foram realizadas pelo programa estatístico R.

5.2. Melhoramento participativo de espécies frutíferas da Amazônia

No caso do camu-camu o trabalho ocorreu no Banco de Germoplasma, na Estação Experimental de Fruticultura do INPA (-2.623022, -60.04233), Km 45 da BR-174 (Manaus - Boa Vista), que fica a 60 km do centro de Manaus. Este banco de germoplasma é constituído de 160 acessos provenientes de 18 locais da bacia Amazônica provenientes de quatro estados:

- **Amazonas:** rio Javari, Benjamin Constant; rio Aracá e rio Negro, Barcelos; rio Uatumã e rio Jatapú, São Sebastião do Uatumã;
- **Rondônia:** rio Madeira e rio Candeias, Porto Velho; rio Jamari, Ariquemes; rio Machado e rio Urupá, Ji Paraná; rio Jaru, Jaru;
- **Roraima:** rio Urubu e rio Arraia, Bomfim; rio Mau, Normandia; rio Uraricoera e rio Cauamé, Boa Vista;
- **Pará:** rio Trombetas, Oriximiná e rio Tocantins, Marabá.

Foi realizada a recuperação deste pomar para melhor avaliar as características produtivas e de adaptação a terra firme dos acessos. Esta avaliação decorre do fato de ser uma espécie comumente encontrada na beira de igarapés, passando de quatro a cinco meses por ano totalmente submersa (SILVA; SOUZA, 1996). Desta forma foi avaliada a capacidade da planta se desenvolver e produzir sem a ocorrência desse período de alagamento. Foram realizadas atividades, identificação dos acessos, poda, adubação e calagem e avaliação inicial da recuperação das plantas em função dos tratamentos culturais, avaliando aspectos como: brotações, quantidade de folhas (visualmente), floração e frutificação.

Também foi realizada uma viagem a Coari entre os dias 13/04/2019 e 20/04/2019 junto ao Dr. Wanders Benjamin Flores Chávez, autônomo, para avaliar os ensaios de pupunha estabelecidos em 2010 em parceria com produtores locais e, através desse novo projeto, realizar uma segunda etapa da seleção deste material. No início do primeiro projeto haviam

dez produtores, entre os quais cinco foram escolhidos para a segunda fase, entretanto, apenas três se dispuseram a continuar nesta nova etapa. Entretanto, houve a oportunidade de participar da visita de apenas dois deles: um localizado na estrada Estr. Coari Itapeua, a outra a fazenda experimental da UFAM — campus Coari. Os ensaios de pupunha comparam as progênies de 28 plantas-mãe (matrizes), selecionadas nos plantios de agricultores de Coari. O procedimento realizado era de avaliação das plantas, reidentificação dos acessos com base nos mapas do ensaio e, então, junto ao responsável pela manutenção daquele pomar, identificar as plantas que, segundo o agricultor, apresentavam características superiores em questões como: produtividade, coloração, aspecto, tamanho do fruto, tempo de cozimento, relação polpa:semente, sabor e oleosidade do fruto (ao paladar). Esta visita tinha o objetivo de se ter uma primeira aproximação com os produtores e verificação dos pomares, além de identificar aquelas árvores potencialmente promissoras. Estas questões seriam posteriormente confirmadas em outras visitas. Definindo-se as plantas, onde eram consideradas aproximadamente as 30% melhores, elas eram marcadas para que, na época de frutificação pudessem ser reavaliadas e ter suas sementes coletadas para produzir as mudas do novo pomar. Durante a visita pode-se participar das avaliações e do diálogo com o produtor junto com Wanders Chávez.

5.3. Outras atividades

Todas as quintas feiras de tarde ocorria a feira de produtos orgânicos do INCRA. Nessa feira, realizava-se a coleta de dados sobre os produtos comercializados pelos agricultores e o fluxo de caixa. A partir dessas informações processava-se os dados para se obter informações acerca da variabilidade de produtos e sua periodicidade, rentabilidade, índices de venda, entre outros. Durante o período de estágio realizou-se a coleta dessas informações e o processamento dos dados sob orientação da MSc Acácia Neves, funcionária do INCRA.

Também foi realizado um estudo sobre a ilha de Marapatá, AM, onde analisou-se a mesofauna do solo. Neste estudo, as amostras foram coletadas em outubro/2018, na vazante, e espaçadas em 10 metros entre si num transecto de 200 metros paralelo e afastado 50 cm do nível d'água, totalizando 20 amostras. O solo foi coletado com uma sonda de 49 cm² e 5 cm de profundidade e acondicionado em potes plásticos. No laboratório do INPA/CODAM, foram colocados no aparelho extrator de Berlese-Tullgren durante oito dias, mantendo-as no escuro nas primeiras 24 horas. Após, realizou-se a fixação, triagem, identificação e contabilização dos indivíduos por grupo taxonômico. Foi aplicado o teste de correlação de Pearson e cálculo dos índices de Shannon, Simpson, equidade e Jackknife de 1° e 2° ordem.

Este experimento foi elaborado e amostrado pela Pesquisadora Dra Elisiana Pereira de Oliveira anteriormente ao meu período de estágio. Entretanto, foi possível executar a triagem e identificação dos espécimes coletados pelo método do funil de Berlese-Thurgem. A partir deste trabalho foi elaborado um resumo simples que se encontra publicado nos Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo (**ANEXO C**).

Em uma oportunidade no mês de fevereiro de 2020, realizou-se uma visita ao município de Rio Preto da Eva, onde avaliou-se experimento sobre produção de alface americana sob diferentes tipos de adubação orgânica. (Participação: execução das atividades junto ao mestrando responsável pelo experimento).

Junto à viagem a Coari, também pode-se visitar pomares de açaí e guaraná do município, podendo-se conhecer as plantas e os métodos de cultivo utilizado em uma fazenda privada do município. Participação: visualização dos cultivos.

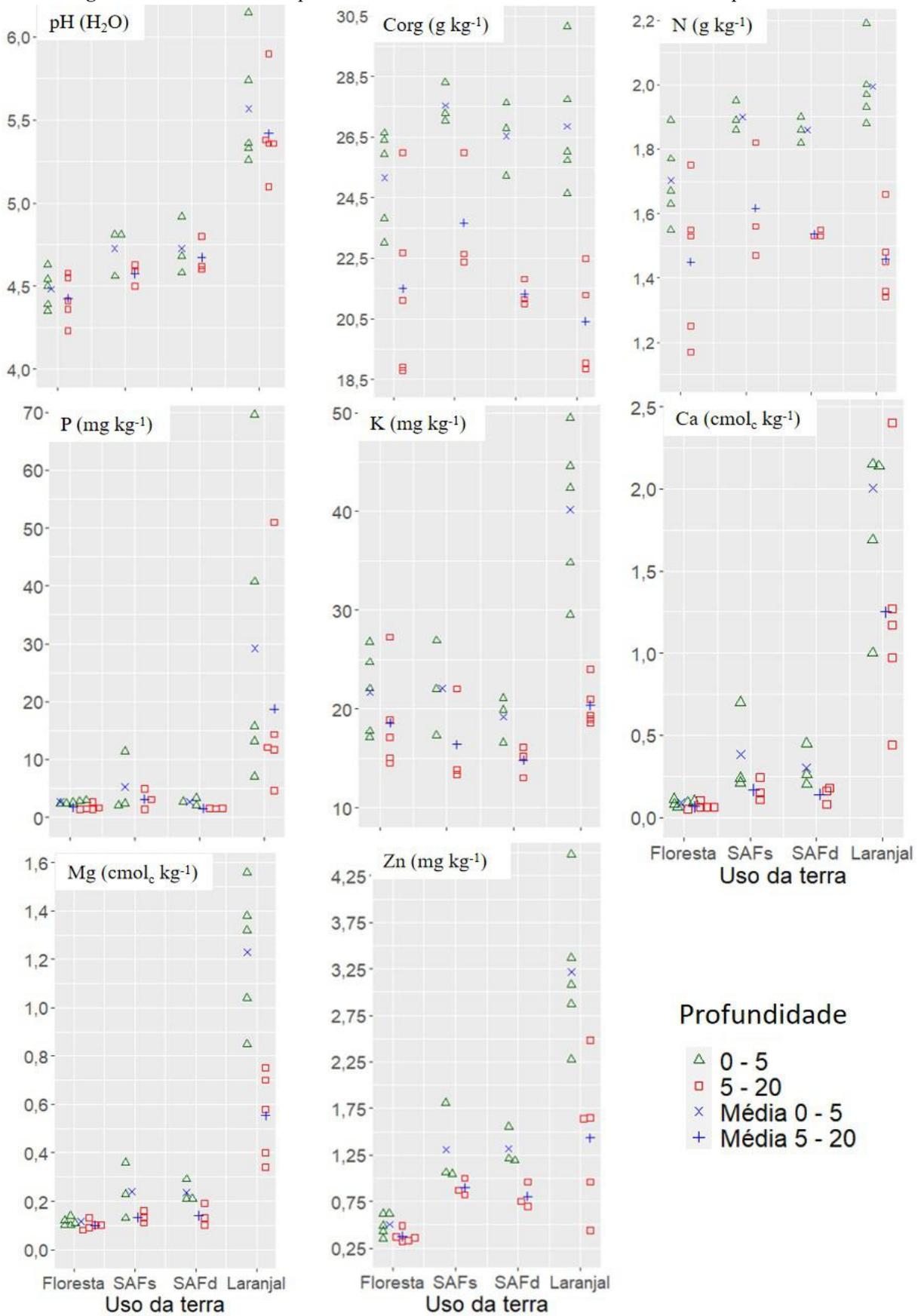
Afora as atividades executadas no INPA, também foi possível realizar atividades culturais que ajudaram a compreender melhor as características da região e como, em diversos aspectos, o bioma Amazônia se relaciona com a população.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As camadas de 0 – 5 cm são mais férteis que as camadas 5 – 20 cm para cada sistemas de uso da terra. Apesar dos teores do sistema agroflorestal (SAF) serem maiores que os da floresta, eles são mais próximos desse tratamento do que do laranjal (**Figura 11**). A fertilidade do solo tende a ser superior em superfície (em solo não revolvido); fator decorrente da absorção de nutrientes pela planta e posterior deposição da matéria orgânica em superfície (biociclagem) (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Além disso, as adubações são feitas em cobertura (laranjal e laranjeiras do SAF), assim, favorecendo sua concentração nesta camada (LUZ; FERREIRA; BEZERRA, 2002). Já o SAF, apresenta valores semelhantes em magnitude e comportamento dentre seus sistemas de manejo, mostrando que as diferenças de manejo não são mais perceptíveis nas características do solo analisadas.

Os solos dos quatro ambientes apresentaram granulometria semelhante e classificados nas classes texturais franco (SAF e laranjal) e franco siltoso (floresta), tornando possível comparar mais efetivamente a influência do sistema de uso da terra nas características do solo (**Figura 12**).

Figura 11- Características químicas do solo dos diferentes usos da terra em duas profundidades.



Fonte: autor

Figura 12 - Teores de areia, silte e argila no sistema agroflorestal com capoeira (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal na profundidade de 0-20 cm.



Fonte: Autor

Quanto a comparação entre as áreas utilizando-se a camada de 0 – 20 cm, os valores de pH, argila, C/N, P, Ca, Mg, Mn e Zn foram maiores no laranjal do que nos demais tratamentos, enquanto os valores de Al trocável foram maiores no SAF e na floresta. Os teores de areia, silte, C orgânico, N, K e Fe não diferiram entre os tratamentos (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Características químicas e físicas do solo dos locais de estudo Sistema agroflorestal com capoeira (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal na profundidade de 0-20 cm.

Local	SAFs	SAFd	Floresta	Laranjal	Teste de médias
pH (H ₂ O)	4,7 ab	4,7 ab	4,4 b	5,5 a	*
Areia (g kg ⁻¹)	275	262	332	270	ns
Silte (g kg ⁻¹)	481	478	505	472	ns
Argila (g kg ⁻¹)	244 ab	260 ab	163 b	258 a	*
Corg (g kg ⁻¹)	24,6	22,6	22,4	22,0	ns
MO ¹ (g kg ⁻¹)	42,4	38,9	38,6	37,9	ns
N (g kg ⁻¹)	1,7	1,6	1,5	1,6	ns
C/N ²	15 ab	14 ab	15 a	14 b	*
P (mg kg ⁻¹)	3,7 ab	1,8 ab	2,0 b	21,4 a	*
K (mg kg ⁻¹)	18	16	19	25	ns
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	0,22 ab	0,18 ab	0,07 b	1,44 a	**
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	0,16 ab	0,16 ab	0,10 b	0,72 a	**
Fe (mg kg ⁻¹)	194	199	303	178	ns
Mn (mg kg ⁻¹)	0,5 ab	0,6 ab	0,3 b	3,5 a	*
Zn (mg kg ⁻¹)	1,0 ab	0,9 ab	0,4 b	1,9 a	**
Al (cmol _c kg ⁻¹)	2,5 ab	2,5 ab	2,9 a	0,9 b	*
SB ³ (cmol _c kg ⁻¹)	0,4 ab	0,4 ab	0,2 b	2,2 a	**
CTCe ⁴ (cmol _c kg ⁻¹)	3,0	2,9	3,1	3,1	ns
m ⁵ (%)	86 ab	87 ab	93 b	29 a	**

ns: não significativo ; * significativo à 5%; ** significativo à 1% pelo teste de Kruskal-Wallis. ¹Matéria orgânica; ²Relação C:N; ³Soma de bases; ⁴Capacidade de troca de cátions efetiva; ⁵Saturação por alumínio

De acordo com os valores de referência descritos em Moreira et al. (2008) para a cultura do citrus, predominam valores de baixo a muito baixo para o Sistema Agroflorestal (SAF) e floresta, enquanto valores altos a médios ocorrem no laranjal. Esses valores são corroborados por Moreira e Fageria (2009) que, em um estudo para determinar as características químicas dos solos do estado do Amazonas, evidenciaram que cerca de 70 a 80% dos solos do Amazonas apresentam valores categorizados como baixo e muito baixo para esses nutrientes, enquanto o laranjal foge do padrão de solos do estado (**Tabela 2**). Com exceção, têm-se os valores de Fe, que deram altos para todos os ambientes. Este fator provavelmente está relacionado com o tipo de material de origem do solo do local de estudo (Argissolo Amarelo distrófico plúntico álico) em que naturalmente ocorre teores elevados deste elemento.

Tabela 2 - Classificação dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco e matéria orgânica para o sistema agroflorestal com (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal (0-20 cm)

Variável \ Local	SAFs	SAFd	Floresta	Laranjal
P	B	MB	MB	A
K	B	B	B	B
Ca	MB	MB	MB	M
Mg	B	B	MB	M
Fe	A	A	A	A
Mn	MB	MB	MB	B
Zn	B	B	MB	M
MO	A	M	M	M

Fonte: autor; valores de referência descritos em Moreira et al. (2008)

A adubação orgânica e química possui a capacidade de alterar as propriedades químicas do solo (DAMATTO JÚNIOR et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2005). Desta forma, a presença de adubação mineral e orgânica no pomar de laranjeiras ocasionou os maiores valores de macro e micronutrientes em relação à floresta e ao SAF. A realização da calagem, além de outros efeitos, gera o aumento do pH e a diminuição do Al^{3+} trocável (ZAMBROSI; ALLEONI; CAIRES, 2007). Além disso, promove a adição dos elementos Ca e Mg, naturalmente presentes neste tipo de rocha. Consequência disso são maiores os valores de pH e Al trocável encontrados no laranjal em relação à floresta e ao SAF.

A cama de poedeiras é um adubo orgânico rico em Ca, P, N e K, podendo ser utilizado na agricultura orgânica como fonte desses elementos (AVILA; MAZZUCO; FIGUEIREDO, 1992). Isso corrobora com os teores de P mais elevados verificados no laranjal. Já para os teores de K, não houve diferença entre os três tratamentos, mesmo com as recorrentes

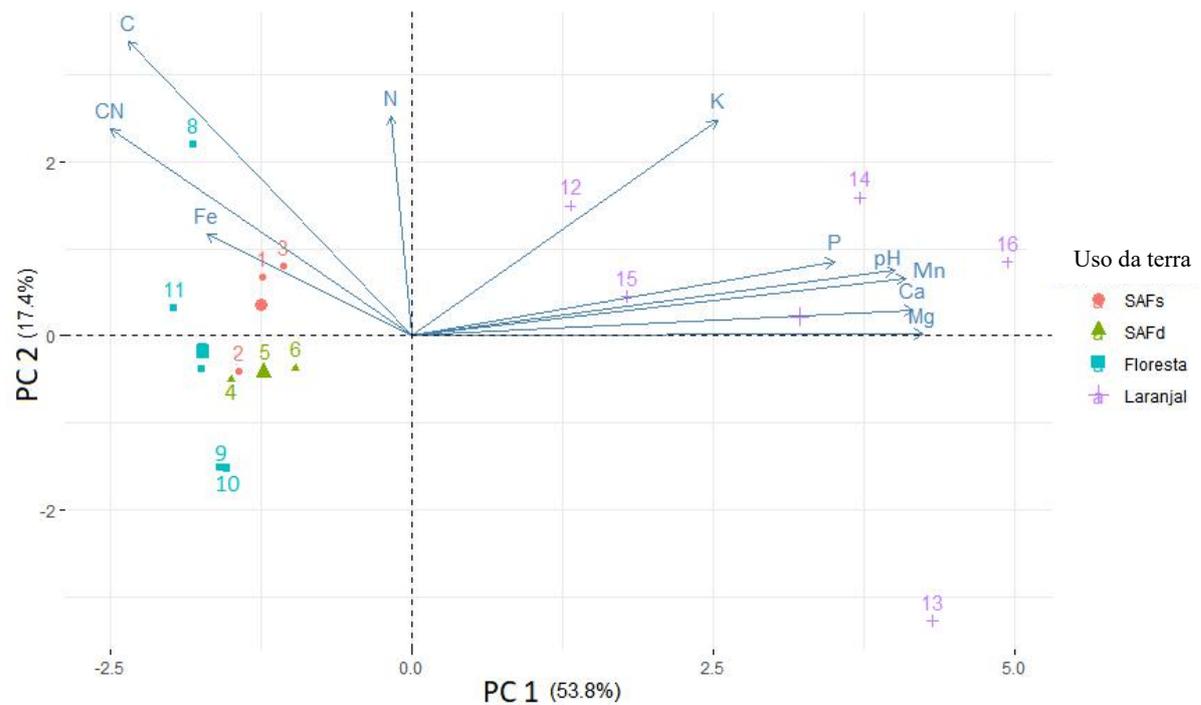
adubações no pomar. Isto pode estar relacionado a alguns fatores, como a alta exportação deste nutriente em laranjeiras (SIQUEIRA; SALOMÃO, 2016) e à adubação restrita realizada pelos agricultores, a qual muitas vezes se deve a escassez de recursos.

Com relação aos valores de matéria orgânica, estes foram de altos a médios nos três ambientes. A produção de biomassa vegetal e incremento de matéria orgânica via adubação são capazes de influenciar no aumento da matéria orgânica do solo, a depender da quantidade aportada destes materiais (PILLON; MIELNICZUK; MARTIN NETO, 2004; DAMATTO JÚNIOR et al., 2006). Assim, os valores de matéria orgânica na floresta e SAF são advindos da deposição de folhas e outros materiais orgânicos na camada superficial; enquanto no laranjal a provável causa é a manutenção de gramíneas como cobertura do solo e a adição de matéria orgânica via adubação, ocasionando a similaridade entre os ambientes. Os valores intermediários demonstrados para a maioria das variáveis do SAF (não diferindo da floresta ou do laranjal) podem ser explicados tanto pela presença de atividade humana como pela presença de laranjeiras no interior do SAF. Como as laranjeiras do SAF também receberam insumos desde seu plantio, esta adubação localizada ocorrendo pelos últimos 25 anos pode ser responsável pelo aumento dos níveis de nutrientes no SAF. Entretanto, este aumento também não é significativo o suficiente para diferenciar o SAF da floresta. Desta forma, questões como a exportação de nutrientes e redistribuição horizontal dos nutrientes pela ação da fauna do solo, podem estar relacionado a este fator (ALFAIA et al., 2004; CORREIA; OLIVEIRA, 2005).

Ainda, em estudo de Matschullat et al. (2019) sobre a composição química do solo em relação aos elementos totais em florestas nativas e ambientes cultivados de diferentes locais na Amazônia Central (incluindo análises nas três áreas presentes neste estudo), encontrou-se que o desmatamento e a atividade agrícola geram a diminuição de Al, C e N; e aumento de Fe, Mg, Ca, K e P. Apesar das metodologias de extração serem diferentes, efeito similar foi encontrado para os elementos Al, Ca, Mg e P. Particularmente para as amostras coletadas no estabelecimento de Eduardo, no estudo de Matschullat et al. (2019) não houve diferença para o elemento K. Já o fato de não ser observado a diminuição dos valores de C e N, infere-se que seja devido a utilização de metodologias mais precisas no estudo de Matschullat et al. (2019).

A Análise de Componentes Principais (PCA), evidenciou ainda mais este distanciamento entre o laranjal e os outros tratamentos, e mostrou uma proximidade entre o SAF e a floresta (**Figura 13**). Ainda, observa-se a proximidade entre o SAF com e sem capoeira, reforçando que eventuais discrepâncias no início de sua instalação já não são mais evidentes para as características do solo avaliadas.

Figura 13 - Análise de componentes principais (PCA) para as características químicas do solo entre os sistemas agroflorestais com (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal.



Fonte: autor

Ao observar os estudos de Mota (1997) e Falcão et al. (2000) que realizaram análises da química do solo no mesmo sistema agroflorestal deste estudo em anos diferentes, pode-se avaliar que os parâmetros químicos do solo são similares mesmo após mais de 20 anos da primeira análise que foi realizada (1995), com exceção de potássio, ferro e zinco (**Tabela 3**).

Tabela 3 - Comparação entre as características químicas do solo do sistema agroflorestal em diferentes anos.

Variável	Mota (coleta 1995)	Falcão et al.(1998)	SAFs (2019)	SAFd (2019)
pH (H ₂ O)	4,5	4,3	4,7	4,7
MO ¹ (g kg ⁻¹)	31,6	51,9	42,4	38,9
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	0,27	0,10	0,22	0,18
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	0,10	0,06	0,16	0,16
K (mg kg ⁻¹)	43	39	18	16
Al (cmol _c kg ⁻¹)	3,1	2,2	2,5	2,5
P (mg kg ⁻¹)	1,0	1,3	3,7	1,8
Fe (mg kg ⁻¹)	638	-	194	199
Zn (mg kg ⁻¹)	52,0	-	1,0	0,9
Mn (mg kg ⁻¹)	1,3	-	0,5	0,6
SB ² (cmol _c kg ⁻¹)	0,48	0,26	0,43	0,38
CTCe ³ (cmol _c kg ⁻¹)	3,6	2,5	3,0	2,9
m ⁴ (%)	87	89	86	87

Fonte: autor; (FALCÃO et al., 2000); MOTA (1997). ¹Matéria orgânica; ² Soma de bases; ³Capacidade de troca de cátions efetiva; ⁴Saturação por alumínio.

Os menores teores de K no solo em relação aos estudos anteriores pode estar relacionado à exportação deste nutriente, principalmente em função do cultivo de cupuaçu. O cupuaçuzeiro só começa a ser plantado no SAF a partir do ano 1994, chegando a 200 pés até 2016. O K é o elemento mais exportado por seus frutos, variando de 4 a 6 g fruto⁻¹ (COSTA, 2000). Considerando seu peso (1 kg), produtividade anual (30 frutos planta⁻¹) médios (Fraife Filho, [2020]) e as atuais 200 plantas do SAF, há um potencial de ser exportados cerca de 30 kg ha⁻¹ de K anualmente do sistema. Assim, conforme discutido em Alfaia et al. (2004), a exportação de K, sem reposição, durante muitos anos pode ocasionar a diminuição de seus teores no solo para níveis baixos. Além disso, na época do plantio das mudas foi realizada a aplicação de KCl na área (1994) sendo a possível causa dos valores mais elevados amostrados por Mota (1997) e Falcão et al. (2000). Não foi possível identificar resposta plausível sobre os valores maiores de Zn e Fe nos estudos de Mota (1997) em relação ao presente estudo.

Desta forma, consegue-se avaliar que o SAF manteve a maior parte dos seus parâmetros químicos ao longo de 20 anos de existência, mesmo com baixo aporte de insumos. Isto demonstra, um grande potencial para um sistema longo e, até certo ponto, produtivo para as condições de cultivo e manejo de um estabelecimento da Amazônia Central.

Quanto a quantidade de matéria seca na liteira, a matéria seca de folhas no SAFd diferiu do laranjal e a matéria seca de outros materiais (galhos, frutos flores, entre outros) foi maior na floresta do que no laranjal. Folhas de Castanheiras-do-Pará e Cupuaçuzeiro possuem uma taxa de decomposição mais lenta, além de uma baixa taxa de liberação de nutrientes (em especial N; CORRÊA, 2005). Desta forma, os maiores valores de matéria seca das folhas encontrados no SAFd está, possivelmente, atrelada à composição florística, onde predominam espécies de maior tempo de decomposição. A diferença de outros materiais dos SAF e floresta para com os laranjais pode ser facilmente explicada pela ocupação florística da área.

Na análise química da liteira, houve diferença dos elementos Ca, Mg e Zn entre laranjal e floresta nativa e de N e K entre o SAFd e o laranjal. C orgânico, MO, relação C/N, Fe e Mn não diferiram (**Tabela 4**). Estes valores são similares aos encontrados em Cattanio, Kuehne e Vlek (2008) em estudo sobre a decomposição da camada de serrapilheira do solo. Apesar dos valores iniciais descritos no estudo de Cattanio, Kuehne e Vlek (2008) serem maiores do que os encontrados no presente estudo, isto se deve pela liteira, aqui descrita, já estar em processo de decomposição. Elementos como o K são rapidamente extraídos e lixiviados da liteira. Em decorrência disso, foram encontrados valores bem abaixo neste estudo quando comparado aos valores iniciais descritos em Cattanio, Kuehne e Vlek (2008). Entretanto, ao se analisar a curva de lixiviação dos nutrientes nele apresentada, os resultados

são coerentes com os teores deste nutriente após alguns dias de decomposição. Elementos mais estáveis na liteira, como Ca e Mg, apresentam valores menores, mas próximos aos valores descritos no artigo, também havendo similaridade com a curva de perdas de nutrientes.

Tabela 4 - Características químicas e da matéria seca da liteira do sistema agroflorestal com (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal.

Tratamento	MS ¹ folhas Mg ha ⁻¹	MS ¹ outros Mg ha ⁻¹	C g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	C/N ² -	K g kg ⁻¹	Ca g kg ⁻¹	Mg g kg ⁻¹	Fe mg kg ⁻¹	Mn mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹
SAFs	1,6 ab	1,1 ab	397,4	13,2 b	30	0,4 ab	8,64 ab	1,46 ab	2308	106,5	19,4 ab
SAFd	2,0 a	1,0 ab	406,9	14,0 ab	29	0,4 b	6,59 ab	1,11 ab	2232	89,0	19,1 ab
Floresta	1,3 ab	1,5 a	420,2	15,5 ab	28	0,9 ab	4,77 b	1,06 b	1166	88,9	13,4 b
Laranjal	0,6 b	0,0 b	405,7	19,0 a	21	1,2 a	9,35 a	2,20 a	3211	95,1	90,6 a
Teste de médias	*	*	ns	**	ns	**	**	**	ns	ns	**

^{ns}: não significativo ; * significativo à 5%; ** significativo à 1% pelo teste de Kruskal-Wallis . ¹Matéria seca; ²Relação C:N

Em relação ao minhocaçu, observou-se indícios de sua presença na área, na forma dos coprólitos. A provável espécie, pela ocorrência geográfica descrita na literatura, é *Thamnodrilus salatheii* Michaelsen 1924 (RIGHI, 1971), embora não tenha sido possível observar nenhum espécime *in situ*. Além desta, outras possibilidades são algumas espécies do gênero *Rhinodrilus*, já descritas no estado do Amazonas, incluindo o entorno de Manaus. Ao observar-se a distribuição de coprólitos na área, nota-se sua grande presença no SAF e floresta enquanto nenhum coprólito foi identificado no laranjal (**Tabela 5**).

Tabela 5 - Número de coprólitos de minhocaçu (provável espécie: *Thamnodrilus salatheii* Michaelsen 1924) encontrados do sistema agroflorestal com (SAFs) e sem capoeira (SAFd), floresta e laranjal.

Uso da terra	Contagem de coprólitos da superfície do solo (coprólitos moldura ⁻¹)*
SAFs	4,9 ab
SAFd	5,5 ab
Floresta	7,7 a
Laranjal	0 b

* diferença estatística pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância

A fauna do solo, em especial aqueles organismos denominados de “engenheiros do solo” como minhocas, cupins e formigas, vem sendo continuamente utilizados como indicador de qualidade ambiental, principalmente pela sua importância na construção e ecologia do solo (LAVELLE et al., 2006; ROUSSEAU et al., 2013; SUÁREZ et al., 2018). Esses animais permitem indicar uma alteração causada na área a qual pode ter prejudicado sua

presença na área e, potencialmente, de outras espécies da fauna do solo. Como retratado por Tapia-Coral e Waldez (2016), os minhocuçus são espécies geralmente endêmicas e de baixa capacidade de se dispersar no ambiente. Além disso, a alteração do uso da terra, geradas pela agricultura, é prejudicial na biodiversidade da macrofauna do solo e na continuação da espécie no ambiente (BARROS et al., 1998; TAPIA-CORAL; WALDEZ 2016). Em estudo de Laossi et al. (2008), é evidenciada a relação entre biomassa de plantas e biodiversidade da macrofauna do solo, além de que pequenas alterações nas características do solo também podem afetar a biodiversidade e densidade de espécies. Desta forma, este pode ser outro fator que tenha influenciado a distribuição do minhocuçus nos ambientes estudados.

Caso semelhante ocorre com a espécie *Rhinodrillus alatus* endêmica no cerrado de Minas Gerais, que está na lista de espécies com risco de extinção, embora com classificação pouco preocupante (DRUMOND; BROWN; MARINI-FILHO, 2012). Dentre os maiores fatores de risco estão a alteração do hábitat, das características físico-químicas do solo e de atividades de manejo de solo como aração e gradagem, principalmente na época de chuvas (DRUMOND; BROWN; MARINI-FILHO, 2012). Entretanto, esta espécie mostrou capacidade de se adaptar às condições de pastagens e ambientes alterados (DRUMOND; BROWN; MARINI-FILHO, 2012), fator não observado até o momento para a espécie que ocorre em Manacapuru nas condições deste estudo.

Locais onde há a presença de espécies endêmicas são considerados ambientes de alta fragilidade (TRAJANO, 2010). A conservação do ambiente natural nestes casos deve ser mais cuidadosa. Neste sentido, os sistemas agroflorestais demonstram um potencial para uma coexistência entre uma atividade exploratória agrícola e manutenção das condições mínimas para a espécie.

De forma geral, os dois ambientes no interior do SAF (SAFs e SAFd) não apresentaram diferenças entre si, de forma que os efeitos da manutenção da capoeira alta no SAFs até cerca de 2001 não são mais evidentes para as características físico-químicas do solo, da liteira e da presença do minhocuçus. Além disso, o ambiente SAF não demonstrou diferença para as características avaliadas em relação à floresta nativa, demonstrando maior proximidade com este ambiente e uma potencial forma de aliar produção com conservação ambiental. Por fim, o laranjal foi o ambiente mais discrepante no estudo, sendo esta alteração atribuídas às atividades advindas da agricultura, principalmente adubação e calagem.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente SAF, apesar de possuir distúrbios e exploração agrícola, possui uma maior similaridade com o ambiente floresta do que com o pomar de laranjeiras. Além disso, registou-se indícios da presença de minhocucu na floresta e no SAF, fator não identificado no laranjal. Desta forma, infere-se que haja um menor distúrbio do ambiente natural do solo em um sistema como o SAF do que num ambiente estritamente agrícola como o laranjal, nas condições do estudo. Com isso, o SAF é uma alternativa potencial para aliar produção agrícola com a preservação do ambiente. Além de serem uma boa opção para pequenos agricultores por requererem baixo investimento e utilização de insumos.

Entretanto, pouco ainda se sabe sobre SAFs e a metodologia de pesquisa participativa é relativamente nova. Por conta disso, apesar de promissora, um maior número de estudos sobre SAFs ainda precisam ser realizados para que possamos compreender melhor estas ideias e aplicá-las com maior efetividade.

O estágio trouxe a oportunidade do convívio e trabalho com diferentes pesquisadores e funcionários do INPA, podendo planejar, executar e participar de diversos trabalhos científicos. Além disso, pode-se perceber de forma prática os benefícios que a pesquisa agrícola pode trazer a população e a importância de sua divulgação.

REFERÊNCIAS

A CRÍTICA. **Com poucos funcionários, Bosque da Ciência fecha para visitação em Manaus.** Manaus, 8 jul. 2019. Disponível em:

<https://www.acritica.com/channels/manaus/news/com-poucos-funcionarios-bosque-da-ciencia-fecha-para-visitacao-em-manau>. Acesso em: 22 abr. 2020.

ALFAIA, S. S. *et al.* Evaluation of soil fertility in smallholder agroforestry systems and pastures in western Amazonia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 102, n. 3, p. 409–414, 2004.

AMAZONAS NOTÍCIAS. **Com abraço simbólico, movimentos se unem em defesa do Inpa.** Manaus, 10 ago. 2019. Disponível em: <https://amazonasnoticias.com.br/com-abraco-simbolico-movimentos-se-unem-em-defesa-do-inpa/>. Acesso em: 22 abr. 2020.

AMAZONFACE. **Projeto AmazonFACE: avaliando os efeitos do aumento de CO₂ na resiliência da floresta amazônica.** [2020]. Disponível em: <https://amazonface.inpa.gov.br>. Acesso em: 22 abr. 2020.

ANDREUX, F. G.; CERRI, C. C. Current trends in the research on soil changes due to deforestation, burning and cultivation in the Brazilian tropics. **Toxicological & Environmental Chemistry**, New York, v. 20/21, n. 1, p. 275–283, 1969.

ASHBY, J. A. The impact of participatory plant breeding. *In*: CECCARELI, S.; GUIMARÃES, E. P.; WELTZIEN, E. **Plant breeding and farmer participation**. Roma: FAO, 2009. p. 649–671.

AVILA, V. S.; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E. A. P. **Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1992.

BALBINO, L. C. *et al.* Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, [p. i–xii], out. 2011.

BARETTA, D. *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. *In*: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2011. v. 7, cap. 4, p. 119–170.

BARROS, E. *et al.* Conversion of forest into pastures in Amazonia: effects on soil macrofaunal diversity and soil water dynamics. *In*: CONGRÈS MONDIAL DE LA SCIENCE DU SOL, 16., 1998, Montpellier. **Proceedings: actes**. Montpellier: International Soil Science Society/CIRAD, 1998. 1 CD-ROM. [p. 1-8]. Disponível em: <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010025602-082>. Acesso em: 22 abr. 2020.

BARROS, E. *et al.* Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 26, n. 2, p. 157–168, 2004.

BENEDETTI, U. G. *et al.* Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos pliopleistocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, Norte Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 299–312, 2011.

BROWN, G. G. *et al.* Terrestrial oligochaete research in Latin America: the importance of the Latin American meetings on Oligochaete ecology and taxonomy. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 69, p. 2–12, 2013.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. *In*: BROWN, G. G. **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. cap. 20, p. 297- 381.

CAMINATI, F. *et al.* **Água e desenvolvimento sustentável: recursos hídricos fronteirços e transfronteirços do Brasil**. Brasília, DF: Secretaria de Assuntos Estratégicos, 2013.

CATTANIO, J. H.; KUEHNE, R.; VLEK, P. L. G. Organic material decomposition and nutrient dynamics in a mulch system enriched with leguminous trees in the Amazon. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1073–1086, 2008.

CHATURVEDI, O. P. *et al.* Agroforestry for wasteland rehabilitation: mined, ravine, and degraded watershed areas. *In*: DAGAR, J. C.; SINGH, A. K.; ARUNACHALAM, A. (ed.). **Agroforestry systems in India: livelihood security & ecosystem services**. Nova Delhi: Springer India, 2013. p. 233–271.

CHENG, H. *et al.* Climate change patterns in Amazonia and biodiversity. **Nature Communications**, London, v. 4, n. 1, p. 1–6, 2013.

CORRÊA, E. F. **Avaliação da decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*) em um sistema agroflorestal no Estado de Roraima**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agricultura Sustentabilidade na Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2005.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. *In*: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 4, p. 77-99.

COSTA, E. L. **Exportação de nutrientes em fruto de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) em três solos da Amazônia Central**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Universidade Federal do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2006.

DAMATTO JUNIOR, E. R. *et al.* Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 546–549, 2006.

DRUMOND, M. A. **Manejo adaptativo do minhocoçu *Rhinodrilus alatus***. 2008. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

DRUMOND, M. A.; BROWN, G. G.; MARINI-FILHO, O. J. Avaliação do risco de extinção do minhocoçu *Rhinodrilus alatus* Righi, 1971. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, DF, v. 2, n. 2, p. 134–139, 2012.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE AGROPECUÁRIA. **Estratégia de recuperação: Sistemas Agroflorestais - SAFs**. [ca. 2013]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/sistemas-agroflorestais-safs>. Acesso em: 27 abr. 2020.

ENGEL, V. L. Sistemas agroflorestais: conceitos e aplicações. *In*: ENGEL, V. L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. p. 70.

ENGEL, V. L.; FONSECA, R. C. B.; OLIVEIRA, R. E. Ecologia de lianas e o manejo de fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 43–64, 1998.

FALCÃO, N. P. S. Caracterização de algumas propriedades químicas de solos sob sistemas agroflorestais no município de Manacapuru. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS FLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. **Resumos expandidos**. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2000. p. 71-74.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. **Soil map of the world - South America**. Rome: FAO, 1992. Disponível em: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-maps-and-databases/faunesco-soil-map-of-the-world/en/>. Acesso em: 27 abr. 2020.

FERNANDES, E. C. M. *et al.* Agroforestry systems to rehabilitate abandoned pastureland in the Brazilian Amazon. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM MULTI-STRATA AGROFORESTRY SYSTEMS WITH PERENNIAL CROPS, 1999, Turrialba. **Proceedings: multy-strata agroforestry systems with perennial crops**. Turrialba: CATIE, 1999. p. 24-26.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, Cachoeira Paulista, 1996. Edição especial comemorativa de 10 anos. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>. Acesso em: 22 abr. 2020.

FIUZA, S. **Ecologia de Chibui bari (Annelida: Oligochaeta) e atributos físicos, químicos e biológicos de coprólitos**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2009.

FRAIFE FILHO, G. A. **Cupuacu**. Itabuna: CEPLAC, [2020]. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/radar/cupuacu.htm>. Acesso em: 3 maio 2020.

FRANÇA, A. **Matas da floresta amazônica: subdivisões**. [S.l.]: Escola Educação, [2020]. Disponível em: <https://escolaeducacao.com.br/matadas-floresta-amazonica/>. Acesso em: 3 maio 2020.

FRANCO, A. L. C. *et al.* Amazonian deforestation and soil biodiversity. **Conservation Biology**, Boston, v. 33, n. 3, p. 590–600, 2018.

FRÜND, H.-C.; GRAEFE, U.; TISCHER, S. Earthworms as bioindicators of soil quality. *In*: KARACA, A. (ed.). **Biology of earthworms**. Berlin: Springer, 2011. p. 261–278.

G1 AM. **PIB de Manaus tem crescimento de 4,8%, mas capital cai em lista de concentração de riquezas**. 14 dez. 2018. Disponível em: <https://glo.bo/3aV128Wl>. Acesso em: 27 abr. 2020.

GONSALVES, J. *et al.* (ed.). **Participatory research and development for sustainable agriculture and natural resource management: a sourcebook**. Laguna: International Potato Center-Users' Perspectives With Agricultural Research and Development ; Ottawa: International Development Research Centre, 2005. v. 1.

GOOGLE MAPS. **Estabelecimento rural**. Manacapuru, 2020. 1 imagem de satélite ©2020 CNES/Airbus, Maxar technologies. Disponível em: <https://bit.ly/2xQy78u>. Acesso em: 11 maio 2020.

HOFFMANN, V.; PROBST, K.; CHRISTINCK, A. Farmers and researchers: how can collaborative advantages be created in participatory research and technology development? **Agriculture and Human Values**, Dordrecht, v. 24, n. 3, p. 355–368, Sept. 2007.

IBF - INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Bioma Amazônico**. Londrina, [2020]. Disponível em: <https://bit.ly/2Smyqil>. Acesso em: 23 abr. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**: Manaus: panorama. Rio de Janeiro, [2019]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/panorama>. Acesso em: 27 abr. 2020.

INPA – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA. **Sobre o INPA**. Manaus, 1º dez. 2017. Disponível em: <https://bit.ly/351xzE3>. Acesso em: 8 out. 2019.

IPEAN – INSTITUTO DE PESQUISAS E EXPERIMENTAÇÃO AGROPECUÁRIAS DO NORTE. **Os solos da área Manaus - Itacotiara**. Manaus: SEPROR/IPEAN, 1989. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/482699>. Acesso em: 27 abr. 2020.

LAOSSI, K.-R. *et al.* Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. **Pedobiologia**, Jena, v. 51, n. 5/6, p. 397–407, Apr. 2008.

LAVELLE, P. *et al.* Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 33, n. 4, p. 159–193, 1997.

LAVELLE, P. *et al.* Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 42, p. S3–S15, Nov. 2006.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 2001. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. Amazon tipping point. **Science Advances**, Washington, DC, v. 4, n. 2, [art.] eaat2340, [p. 1], 2018.

LUZ, M. J. S.; FERREIRA, G. B.; BEZERRA, J. R. C. **Adubação e correção do solo:** procedimentos a serem adotados em função dos resultados da análise do solo. Campina Grande: EMBRAPA, 2002.

MACEDO, R. S. *et al.* Amazonian dark earths in the fertile floodplains of the Amazon River, Brazil: an example of non-intentional formation of anthropic soils in the Central Amazon region. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, Belém, v. 14, n. 1, p. 207–227, 2019.

MACIEL, P. S.; MACHADO, W. V.; RIVAS, A. A. F. O impacto da Zona Franca de Manaus no desenvolvimento do Estado do Amazonas: a eficácia do modelo. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: ABEPRO, 2003. p. 1-8.

MANAUS. Prefeitura Municipal. **História**. Manaus, [2018]. Disponível em: <https://bit.ly/3f5JI4r>. Acesso em: 8 out. 2019.

MARASHI, A. R. A.; SCULLION, J. Earthworm casts form stable aggregates in physically degraded soils. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 37, n. 6, p. 375–380, 2003.

MARBUT, C. F.; MANIFOLD, C. B. The soils of the amazon basin in relation to agricultural possibilities. **Geographical Review**, New York, v. 16, n. 3, p. 414–442, 1926.

MATSCHULLAT, J. *et al.* What influences upland soil chemistry in the Amazon basin, Brazil? Major, minor and trace elements in the upper rhizosphere. **Journal of Geochemical Exploration**, Amsterdam, v. 211, [art.] 106433, 2020.

MINHOCUÇU. *In: MICHAELIS* on-line. [*S.l.: s.n.: 2020*]. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/minhocu%C3%A7u/>. Acesso em: 22 abr. 2020.

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**, Lisboa, v. 58, n. 1, p. 14–20, 2015.

MONTAGNINI, F. *et al.* Environmental services of native tree plantations and agroforestry systems in Central America. **Journal of Sustainable Forestry**, Abingdon, v. 21, n. 1, p. 51–67, 2008.

MOREIRA, A. *et al.* **Diagnóstico nutricional, adubação e calagem para citros cultivado no Estado do Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2008.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Soil chemical attributes of Amazonas State, Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 40, n. 17/18, p. 2912–2925, 2009.

MOTA, M. S. S. **Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais no município de Manacapuru (AM)**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Amazonas, Manaus, 1997.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Mapping the Amazon**. [2020]. Disponível em: <https://go.nasa.gov/3aXG8Gs>. Acesso em: 22 abr. 2020.

OLIVEIRA, F. N. M. *et al.* Inferência de mudanças climáticas na região de Manaus (AM) usando dados geotermiais e meteorológicos. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 169–187, 2006.

OLIVEIRA NETO, T.; NOGUEIRA, R. J. B. A cidade de Manaus e a crise da borracha: uma breve análise histórica. **Estação Científica (UNIFAP)**, Macapá, v. 6, n. 3, p. 9-27, 2016.

PAOLETTI, M. G. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 74, n. 1, p. 137–155, 1999.

PILLON, C. N.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. **Ciclagem da matéria orgânica em sistemas agrícolas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004.

PORRO, R. *et al.* Agroforestry in the amazon region: a pathway for balancing conservation and development. *In*: NAIR, P. K. R.; GARRITY, D. (ed.). **Agroforestry: the future of global land use**. Dordrecht: Springer, 2012. v. 9, p. 391–428.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 911–920, jun. 2008.

QUESADA, C. A. *et al.* Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. **Biogeosciences**, Katlenburg-Lindau, v. 8, n. 6, p. 1415–1440, 2011.

RIBEIRO, M. N. G.; RIBEIRO, M. N. G. Aspectos climatológicos de Manaus (AM). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 6, n. 2, p. 229–233, 1976.

RIGHI, G. Sobre a família Glossoscolecidae (Oligochaeta) no Brasil. **Arquivos de Zoologia**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 1-95, 1971.

RIVERA, K. **Manaus: uma capital cheia de história para contar**. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 30 jan. 2018. Disponível em: <https://viagem.estadao.com.br/noticias/geral,manaus-uma-capital-cheia-de-historia-para-contar,70002169935> Acesso em: 8 out. 2019.

ROUSSEAU, L. *et al.* Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecological Indicators**, New York, v. 27, p. 71–82, 2013.

SARGES, R. R.; SILVA, T. M.; RICCOMINI, C. Caracterização do relevo da região de Manaus, Amazônia Central. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, DF, v. 12, n. 1, p. 95-104, 2011.

SCHAEFER, C. R. G. R. *et al.* Solos da região Amazônica. *In*: CURI, N. (ed.). **Pedologia: solos dos biomas brasileiros**. Viçosa, MG: SBCS, 2017. p. 111-175.

SCHROTH, G. *et al.* Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 163, n. 1, p. 131–150, 2002.

SCHROTH, G. *et al.* Commodity production as restoration driver in the Brazilian Amazon? Pasture re-agro-forestation with cocoa (*Theobroma cacao*) in southern Pará. **Sustainability Science**, Tokyo, v. 11, n. 2, p. 277–293, 2016.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **O cultivo e o mercado da castanha do Brasil**. [S.l.]: SEBRAE, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2yfqcBN>. Acesso em: 28 abr. 2020.

SILVA, S. E. L.; SOUZA, A. G. C. **Avaliação do desempenho do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVAUGH) em terra firme, na região de Manaus, AM**. Manaus: Embrapa, 1996.

SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. **Citros: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2016.

SOARES, J. E. C.; VAN LEEUWEN, J.; GOMES, J. B. M. O desenvolvimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) em plantios agroflorestais no município de Manacapuru, Amazonas, Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais [...]**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. p. 380-382.

SOUZA, J. J. L. L. *et al.* Geochemical signature of amazon tropical rainforest soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 42, [art.] 0170192, [p. 1-18], 2018.

SUÁREZ, L. R. *et al.* Soil macrofauna under different land uses in the Colombian Amazon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 53, n. 12, p. 1383–1391, 2018.

TAPIA-CORAL, S. C. *et al.* Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 65, n. 1, p. 33–42, 2005.

TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F. J.; WANDELLI, E. V. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 29, n. 3, p. 477–477, 1999.

TAPIA-CORAL, S. C.; WALDEZ, F. Notas sobre a biologia do minhocoçu *Rhinodrilus priollii* Righi 1967 em fragmento florestal urbano da Amazônia central, Brasil. **Revista Colombiana de Ciencia Animal**, Sincelejo, v. 8, n. 2, p. 243–249, 2016.

TEIXEIRA, L. A. J. *et al.* Adubação com NPK em coqueiro anão-verde (*Cocos nucifera* L.): atributos químicos do solo e nutrição da planta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 115–119, 2005.

TORNQUIST, C. G. *et al.* Agroforestry system effects on soil characteristics of the Sarapiquí region of Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 73, n. 1, p. 19–28, 1999.

TRAJANO, E. Políticas de conservação e critérios ambientais: princípios, conceitos e protocolos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 135–146, 2010.

TREMBLAY, S. *et al.* Agroforestry systems as a profitable alternative to slash and burn practices in small-scale agriculture of the Brazilian Amazon. **Agroforestry Systems**, Dordetch, v. 89, n. 2, p. 193–204, 2015.

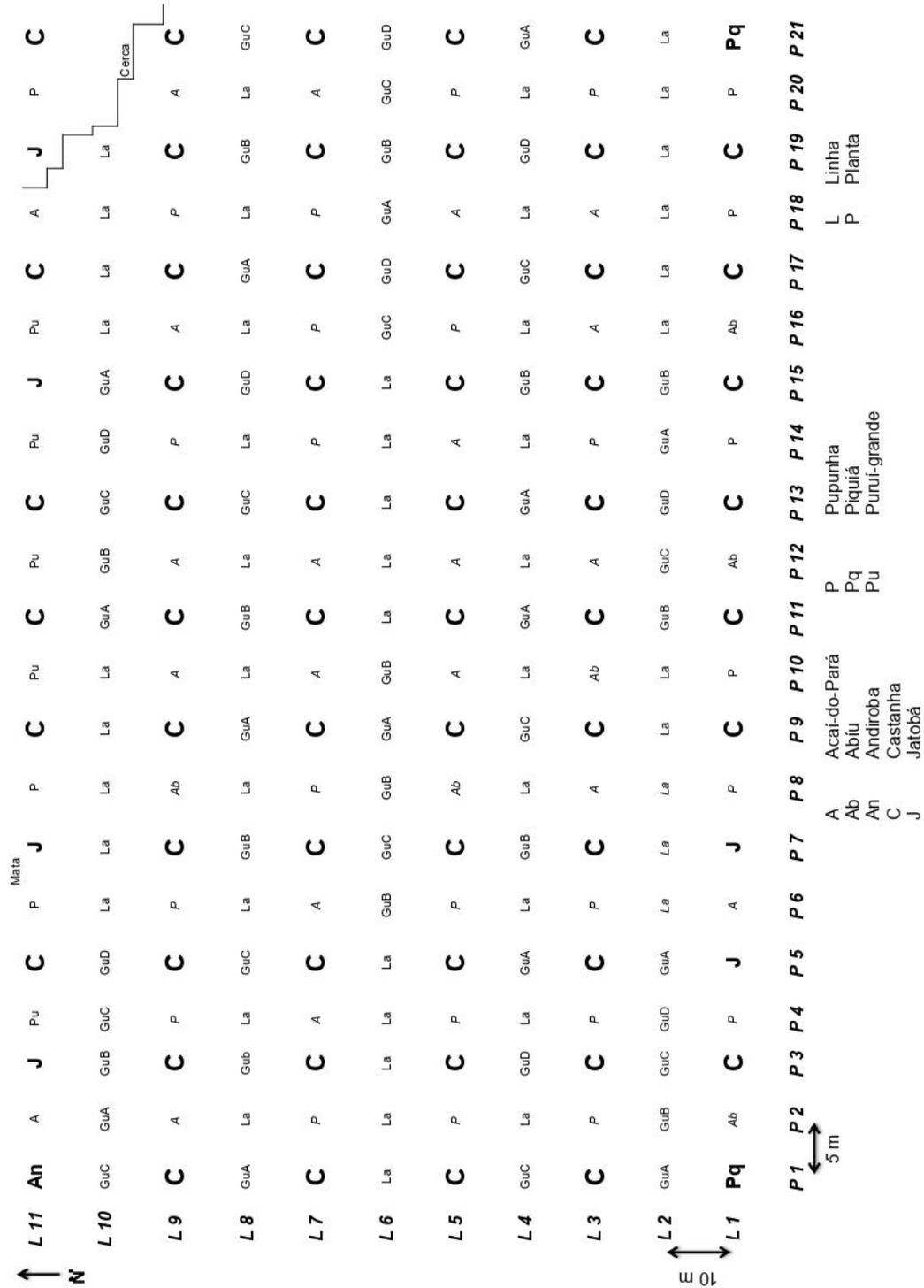
VAN DE FLIERT, E.; BRAUN, A. R. Conceptualizing integrative, farmer participatory research for sustainable agriculture: From opportunities to impact. **Agriculture and Human Values**, Dordrecht, v. 19, n. 1, p. 25–38, 2002.

VAN LEEUWEN, J. **Plantios agroflorestais podem tornar a Amazônia mais produtiva e sustentável**. Manaus: INPA, 2020. (GEEA – Caderno de Debates). No prelo.

VIANA, R. M. *et al.* Soil quality indicators for different restoration stages on Amazon rainforest. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 140, p. 1–7, 2014.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 487–495, 2007.

ANEXO A - Sistema agroflorestal em sua conformação original (1994)



ANEXO C - Resumo publicado na XXXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo



XXXVII CONGRESSO
BRASILEIRO DE CIÊNCIA
DO SOLO 2019

"Intensificação sustentável em sistemas de produção"

De 21 a 26 de Julho de 2019
Centro de Eventos do Pantanal - Cuiabá - MT

INFLUÊNCIA DO NÍVEL DA ÁGUA NA MESOFAUNA DO SOLO NA ILHA DE MARAPATÁ, RIO NEGRO-AM.

Pedro Alexandre Sodrzeieski¹; Maria Lúcia Paula Pinheiro²; Sônia Sena Alfaia³; Elisiana Pereira de Oliveira²

¹UFRGS, Porto Alegre-RS, pedroasod@gmail.com; ²INPA/CODAM, Manaus-AM; ³INPA/COTI, Manaus-AM

Introdução - A ilha de Marapatá possui 500 m² e está localizada no rio Negro, na Amazônia Central. Nesta região ocorre o ciclo de enchente (fevereiro/julho) e vazante (julho/janeiro). Na cheia, ocorre a inundação total da ilha, sendo aspecto importante na dinâmica populacional da fauna. Apesar da adaptação da fauna neste ambiente, a inundação é normalmente desfavorável, podendo afetar sua biodiversidade. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a biodiversidade da mesofauna após a decida da água na Ilha de Marapatá. **Material e Métodos** - As amostras foram coletadas em outubro/2018, na vazante, e espaçadas em 10 metros entre si num transecto de 200 metros paralelo e afastado 50 cm do nível d'água, totalizando 20 amostras. O solo foi coletado com uma sonda de 49 cm² e 5 cm de profundidade e acondicionado em potes plásticos. No laboratório do INPA/CODAM, foram colocados no aparelho extrator de Berlese-Tullgren durante oito dias, mantendo-as no escuro nas primeiras 24 horas. Após, realizou-se a fixação, triagem, identificação e contabilização dos indivíduos por grupo taxonômico. Foi aplicado o teste de correlação de Pearson e cálculo dos índices de Shannon, Simpson, equidade e Jacknife de 1^o e 2^o ordem. **Resultados e Discussão** - Registraram-se as classes: INSECTA: Isoptera, Embioptera, Psocoptera, Thysanoptera, Hemiptera/Homoptera (ninfas e adultos), Coleoptera (larvas, pupas e adultos), Trichoptera, Lepidoptera (larva), Diptera (larva e adulto), Hymenoptera (ormicidae). ENTOMOGNATHA: Collembola, Diplura. ARACHNIDA: Acari, Araneae, Opiliones, Palpigradi, Pseudoescorpiones. CHILOPODA, SYMPHYLA, PAUROPODA. Destacando-se os grupos Embioptera e Palpigradi, considerados raros. O índice de Shannon apresentou média de 0,87; abaixo dos normalmente descritos (1,5-4,5) e equidade de 0,5. O índice de simpson (D) variou de 0,32-0,84, com média de 0,55, e Acari representando 84% deste índice. Os índices de Jacknife de 1^o e 2^o ordem apresentaram valores de 35,4 e 43,6, respectivamente. Desta forma, apesar da riqueza considerável, a equidade é baixa. Observaram-se correlações entre: Collembola e Acari ($y = 0,617$; $p = 0,00489$); Collembola e Homoptera (ninfas) ($y = 0,476$; $p = 0,0394$). **Conclusão** - A inundação da área pode estar ocasionando a predominância de Acari após a decida d'água na Ilha de Marapatá.

Palavras-chave: invertebrados terrestres, pulsos da água, distribuição espacial.

Apoio financeiro: INPA/COTI.

Agradecimentos: UFRGS, INPA/COTI/CODAM.

Promoção

Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo
Núcleo Regional Centro-Oeste



Realização