



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Daynara Costa Vieira

**SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO  
QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Belém-PA

2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Daynara Costa Vieira

**SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO E  
QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Pesquisa referente a defesa da discente de doutorado em Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Herdjania Veras de Lima.

Belém-PA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- V657s Vieira, Daynara  
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA NA AMAZÔNIA ORIENTAL /  
Daynara Vieira. - 2021.  
62 f. : il. color.
- Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Campus Universitário de  
Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.  
Orientador: Profa. Dra. Herdjania Veras de Lima
1. qualidade do solo; 2. Integração lavoura pecuária floresta. 3. fertilidade; . I. Veras de Lima,  
Herdjania , *orient.* II. Título

---

CDD 631.43

Daynara Costa Vieira

**SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO E  
QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Projeto de defesa apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, para a obtenção do título de  
Doutor em Agronomia.

Aprovado em 30 de setembro de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Suzana Romeiro de Araújo

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

---



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sueli Rodrigues

Universidade Federal do Piauí- UFPI

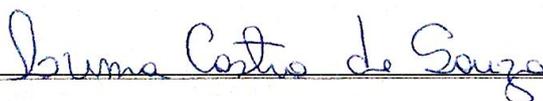
---



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>o</sup> Michel Keisuke Sato

Instituto Federal do Pará – IFPA

---



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luma Castro de Souza

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

---



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Glêvia Kamila Lima

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

## AGRADECIMENTOS

À Deus pelo Dom da Vida, que com seu poder supremo, deu-me força, sabedoria, e perseverança para guiar minhas ações durante esta árdua caminhada e disposição para enfrentar todas as etapas da minha vida.

À minha família, meu pai Francisco e minhas queridas mãe e irmã Dora e Dayseanne, por serem minhas fortalezas e estarem sempre comigo mesmo nos momentos mais difíceis. Vocês são minha fonte de incentivo para sempre seguir em frente.

Ao programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade para realização deste curso.

À Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) por financiar a pesquisa e a minha bolsa de doutorado (Edital FAPESPA 005/2016 ICAAF 009/2017).

À Coordenadora do Pós-graduação em Agronomia, Dra. Suzana Romeiro Araújo, pelos conselhos, incentivo, confiança, paciência, conhecimentos repassados e principalmente, por me conceder a oportunidade de concluir essa etapa, diante de tantos momentos de dificuldades. Minha sincera gratidão.

À minha orientadora, Profa. Dra. Herdjanira Veras de Lima pela oportunidade de orientação e entrada na pós graduação.

Ao querido mestre, professor Antônio Fernandes, coordenador do meu projeto junto a Fapespa. Obrigada pele seus incentivos, conselhos, ensinamentos e paciência durante esta caminhada. Minha gratidão

Aos membros de minha banca avaliadora, Dr<sup>a</sup> Luma de Castro, Dr<sup>a</sup> Sueli Rodrigues, Dr.<sup>o</sup> Michel Keisuke Sato e Dr.<sup>a</sup> Glêvia Kamila Lima por aceirem compor a banca deste trabalho e por todas as valiosas contribuições ao longo de minha pós graduação. Obrigada!

Aos queridos amigos de física do solo: Arthur Leal, Raphael Leone, Thiago Alan meus amigos de todas as horas, Luciana, Fernanda, Adriano, Peola, Nayra pelos momentos de auxílio, descontração e aprendizado.

Aos amigos que conheci na pós graduação e UFRA que me acolheram tão bem e sempre se dispuseram ajudar e partilhar bons momentos de alegria, em especial, Rikelly, Vanessa, Felipe Ribeiro, Ítalo Marlone, Daihany, Mauricio, Jullya, Yan., pela ajuda e suporte durante esta etapa muito obrigada.

Aos queridos amigos de UFRA, Walmer Bruno, Mario Lima e Rafael Santos, que não hesitaram em me auxiliar em um momento delicado. Gratidão!

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Obrigada!

## **Dedico**

À todos que já tiveram um momento de fraqueza,  
Não vai doer pra sempre,  
Então não deixe isso afetar o que há melhor em você.  
É preciso acreditar em algo maior que o acontecido.

*“Espera no senhor, anima-te,  
e ele fortalecerá o teu coração,  
Espera, pois, no senhor”*

***Salmo 27***

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL</b> .....	7
<b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	9
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	13
<b>2 IMPACTO DE SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM NA QUALIDADE DO SOLO DO SOLO SOB VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA AMAZÔNIA ORIENTAL</b> .....	16
<b>Daynara Costa Vieira</b> .....	16
<b>RESUMO</b> .....	16
<b>2.1 Introdução</b> .....	17
<b>2.2 Material e Métodos</b> .....	18
<b>Caracterização do local de estudo</b> .....	18
<b>Amostragem de solos</b> .....	21
<b>3. Resultados e Discussão</b> .....	24
<b>4 Conclusão</b> .....	34
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	35
<b>3 AVALIAÇÃO TEMPORAL DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CORPOS D'ÁGUA SOB CONDIÇÕES EDAFO-CLIMÁTICAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL</b> .....	40
<b>Daynara Costa Vieira</b> .....	40
<b>RESUMO</b> .....	40
<b>3.1 Introdução</b> .....	41
<b>3.2 Material e Métodos</b> .....	42
<b>Caracterização do local de estudo</b> .....	42
<b>3.3 Resultados e Discussão</b> .....	50
<b>3.4 Conclusão</b> .....	56
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57

## RESUMO GERAL

Sistemas integrados vêm se tornando comuns em várias regiões do planeta e estudos sobre os efeitos desses sistemas nos atributos do solo têm-se intensificado. Contudo, ainda há dúvidas sobre seus impactos no ambiente, devido ao uso e manejos aplicados. Neste sentido, o objetivo desta tese foi determinar e avaliar a qualidade da água e os impactos nos atributos químicos e físicos do solo de sistemas de integração lavoura pecuária- floresta, pastagem contínua, floresta homogênea de mogno comparado a uma floresta secundária usada como testemunha sob alto e baixo índice pluviométrico no período de 2 anos em uma área localizada no município de Terra Alta, PA no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental. Onde foram realizadas coletas nos períodos de baixa e alta pluviosidade. Para análises de atributos físicos do solo (densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade), foram coletadas amostras de solos nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-15 cm. Para avaliação dos atributos químicos do solo ( $\text{pH}_{\text{água}}$ , Ca, Mg, K, P, Al, H+Al, CTC, V% e matéria orgânica), para avaliação de qualidade da água foram realizadas análises de parâmetros físico-químicas da mesma, tais como, pH, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, acidez, turbidez, cor, íons maiores e nutrientes, tais como,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , Cl e  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  localizadas na área de influência direta do experimento, a montante e a jusante do mesmo. Os dados foram submetidos a análise de componentes principais. Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade para a realização do teste Tukey de comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que houve uma variação nos atributos físico-químicos dos solos com seus diferentes usos e nos diferentes períodos. Constatou-se um incremento de nos atributos químicos (M.O, K, Ca e Mg) em sistemas associados a componentes florestais IPF-T, IPF-M E FM sobretudo em períodos chuvosos. Quanto aos atributos físicos, o ILPF com o componente florestal Teca (IPF-T) e o sistema de floresta homogênea de Mogno africano (FM) apresentaram os valores de  $D_s$ ,  $P_t$  e  $M_a$  mais próximos da testemunha, ou a pastagem mostrando-se melhor na recuperação dos atributos físicos do solo quando comparados aos demais sistemas. Com relação a qualidade da água foi observada a influência da sazonalidade nos parâmetros estudados, relativa à lixiviação do solo com valores de pH e de amônia, acima do nível adequado especialmente no período chuvoso do segundo ano de experimento.

**Palavras-chave:** qualidade do solo; ILPF; corpos hídricos ; Amazônia oriental, fertilidade

## GENERAL ABSTRACT

Integrated systems have become common in several regions of the planet and studies on the effects of these systems on soil attributes have intensified. However, there are still doubts about its impacts on the environment, due to the use and management applied. In this sense, the objective of this thesis was to determine and evaluate the water quality and the impacts on the chemical and physical attributes of the soil of crop-livestock-forest integration systems, continuous pasture, homogeneous mahogany forest compared to a secondary forest used as a control under high and low rainfall in a period of 2 years in an area located in the municipality of Terra Alta, PA in the Experimental Field of Embrapa Amazônia Oriental. Where collections were carried out in periods of low and high rainfall. For analysis of soil physical attributes (soil density, total porosity, macro and microporosity), soil samples were collected at depths of 0-5, 5-10 and 10-15 cm. To evaluate the chemical attributes of the soil (pH, Ca, Mg, K, P, Al, H+Al, CTC pH7, V% and organic matter), to evaluate the quality of the water, analyzes of its physical-chemical parameters were carried out, such as pH, electrical conductivity, alkalinity, hardness, acidity, turbidity, color, major ions and nutrients, such as Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> located in the area of direct influence of the experiment, upstream and downstream of it. Data were subjected to principal component analysis. The results were submitted to the normality test to perform the Tukey test to compare the means at a 5% probability level. The results showed that there was a variation in the physical-chemical attributes of the soils with their different uses and in different periods. An increase in chemical attributes (M.O, K, Ca and Mg) was observed in systems associated with forest components IPF-T, IPF-M and FM, especially in rainy periods. As for the physical attributes, the ILPF with the Teak forest component (IPF-T) and the African Mahogany (FM) homogeneous forest system presented the values of Ds, Pt and Ma closer to the control, or the pasture was better. in the recovery of the physical attributes of the soil when compared to the other systems. Regarding the water quality, the influence of seasonality in the studied parameters was observed, related to soil leaching with pH and ammonia values, above the appropriate level, especially in the rainy season of the second year of the experiment.

Keywords: soil quality; ILPF; water bodies; eastern amazon, fertility

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao longo das últimas três décadas, o crescimento populacional, a urbanização e o crescimento da renda nos países em desenvolvimento têm fortemente impulsionado o consumo global de alimentos. Entre 1980 e 2014, o consumo global de carne aumentou 132% (180 milhões de toneladas) e o consumo de leite 62% (288 milhões de toneladas) (FAO, 2017).

Este aumento na demanda por produtos pecuários causou impactos ambientais e socioeconômicos no mundo todo, onde a área alocada para pastagem e para a produção de alimento animal tem crescido exponencialmente. No contexto da ampla expansão agrícola no Brasil, a pecuária se destaca como a questão ambiental mais importante, uma vez que as pastagens ocupam aproximadamente 20% da área de terra no país - 172 milhões de hectares (Mha) (Ferreira et al., 2014). Enquanto a área total de pastagem no Brasil como um todo diminuiu ligeiramente a partir de 1975, a área de pastagem na Amazônia Legal aumentou em pelo menos 170% e, atualmente, totaliza cerca de 70 milhões de hectares. Isso inclui as áreas desmatadas dos biomas Amazônia e Cerrado nos nove estados da região (IBGE, 2009; Ferreira et al., 2014).

Como resultado da crescente demanda por terras na Amazônia e no Cerrado, esses biomas experimentaram altas taxas de desmatamento. Em 2015, mudanças na cobertura da terra e agropecuária representaram 46% e 22% das emissões totais de GEE no Brasil, respectivamente (SEEG Brasil, 2017). As projeções indicam que entre 2015 e 2025, a produção de carne no mundo deverá crescer 15% (Perspectivas.FAO, 2016). Embora a previsão seja de que a maior parte do crescimento da produção virá da intensificação, haverá pressão para expansão de pastagens em áreas com vegetação nativa, particularmente na América Latina (Alexandratos; Bruinsma, 2012).

As pastagens constituem a base da produção de ruminantes no país, no entanto, a degradação dessas áreas, em várias regiões brasileiras, tem diminuído a produtividade, comprometendo a sustentabilidade e a rentabilidade das mesmas (Oliveira et al., 2013; Freitas et al., 2016), sendo a atividade de pastejo extensiva da pecuária brasileira a principal causa de sua degradação (LANZANOVA ET AL., 2007; FLAVIO NETO ET AL., 2015).

Na Amazônia brasileira, pastagens que não são manejadas de forma adequada, rapidamente se tornam degradadas e conseqüentemente passam a suportar baixas taxas de lotação; resultando muitas vezes em abandono da terra, o que induz invariavelmente a desmatamentos para plantio de novas áreas de pastagens mais produtivas (Walker et al., 2000; Balbino et al., 2011; Dias-Filho, 2014).

A degradação de áreas agrícolas e de pastagens é particularmente problemática para pequenos agricultores que vivem em assentamentos na Amazônia, pois necessitam de recursos para investir na recuperação do solo ou expansão das pastagens evitando assim o desmatamento de áreas adicionais de florestas (VOSTI ET AL., 2002).

Neste contexto, como alternativa para minimizar os danos causados na paisagem e no meio ambiente e otimizar o uso das áreas já antropizadas e conseqüentemente desacelerar o desmatamento, principalmente da região amazônica surgem os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) que são definidos como uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica da atividade agropecuária. (BALBINO et al. 2011a)

Os sistemas integrados de uso da terra têm sido frequentemente projetados não somente para diversificar, mas também para aumentar a produtividade agrícola. Comparados à monocultura, esses sistemas são conhecidos por seu potencial de melhorar a resiliência, ou seja, a adaptação ou resistência a situações extremas e com menor impacto ambiental e na produção. Por esse motivo, atualmente os sistemas de integração são frequentemente discutidos como uma opção para a intensificação sustentável no contexto de segurança alimentar e estabilidade ambiental (Moraes et al. 2013, Lemaire et al. 2014).

Na Amazônia Legal, as formas mais comuns de integração lavoura-pecuária em fazendas comerciais envolvem rotações de culturas anuais comerciais (soja e milho) com pastagem, rotações de ciclo longo de culturas com pastagens (com a finalidade de recuperação do solo) e pastoreio de resíduos de lavouras pelos animais. Árvores, principalmente de eucalipto, pinho e mogno, podem ser plantadas em linhas em áreas com rotação de lavouras e pastagens ou ao longo das cercas para proporcionar sombra para os animais e produção de madeira, constituindo uma fonte adicional de renda. Mais comumente, no entanto, as árvores são plantadas em áreas com baixo potencial para agricultura, visando fornecer combustível para secadores de grãos. (GARRETT et al., 2013c, 2016)

Na região Amazônia o estado do Pará destaca-se por apresentar aproximadamente cinco milhões hectares de áreas alteradas, com potencial de uso agrícola, dos quais podem ser cultivados com tecnologias sustentáveis permitindo assim a redução de abertura de novas áreas.

A região Norte é a segunda do país com maior efetivo bovino, contabilizando 47,1 milhões de cabeças em 2015, o que corresponde a 21,91 % do total nacional, destacando-se os estados do Pará e de Rondônia, com 20,27 e 13,39 milhões de cabeças, respectivamente,

podendo ser considerada atualmente, a mais importante fronteira agrícola para a produção animal do Brasil .(BOLEMTIM, FAPESPA, 2017)

Na Amazônia Brasileira se encontra a maior Bacia Hidrográfica do Planeta, oferecendo despreocupação quanto à quantidade para o abastecimento populacional, em contrapartida, a qualidade é um ponto questionável (SOARES DE SOUZA ET AL., 2017). A qualidade das águas superficiais é resultado da variação natural de processos hidrológicos (precipitação), geológicos (erosão, intemperismo) e da influência do uso e ocupação do solo nas adjacências aos corpos hídricos (SILVA, CUNHA & LOPES, 2019). A intervenção antrópica colabora com o aumento da carga de poluentes no meio aquático, as análises e o monitoramento dos parâmetros das águas superficiais podem ser capazes de informar quando há mudanças e variações nas características da água (SILVA ET AL., 2020).

A água é um dos recursos mais importantes para seres humanos, animais e plantas. Mas sua disponibilidade reduzida em muitos sistemas de uso da terra em todo o mundo, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade, está ameaçando cada vez mais nossos sistemas agroecológicos. Como base para decisões futuras, precisamos melhorar nosso entendimento sobre o desempenho de nossos sistemas de produção em relação ao uso da água. É necessário admitir que ainda existem lacunas consideráveis de conhecimento sobre sistemas integrados .

É sabido que áreas ocupadas por atividade agropecuárias sob manejo inadequado podem causar compactação e erosão dos solos, além de contaminar cursos d' água. De fato, a qualidade do solo e da água pode ser acentuada em áreas mal manejadas, tais como, em sistema de preparo convencional (JÚNIOR, 2017), ou seja, em situações em que os solos são submetidos a preparos intensivos e manejados sem a presença de resíduos orgânicos na superfície. A adoção de sistemas convencionais de preparo do solo, tem ocasionado a degradação de suas propriedades físicas, químicas e biológicas (IWATA ET AL., 2012).

A Embrapa vem desenvolvendo várias alternativas para utilização de sistemas de integração LP, PF e LPF, com diversos arranjos e combinações de culturas de lavoura, forrageiras e essências florestais, preconizando o uso do sistema ILPF como uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas, otimização de recursos naturais e financeiros e forma de impulsionar a agropecuária sustentável na Amazônia paraense contudo, muitas variáveis demandam estudos, precisando ainda ser monitoradas e mensuradas. Atualmente existem mais de 20 Unidades de Referência Tecnológica (URTs) com ILPF em toda região Norte, a qual permite a geração e divulgação de resultados técnicos e científicos junto a produtores e à rede de assistência técnica e extensão rural, visando oferecer tecnologias e conhecimentos necessários à implantação dos sistemas integrados na região Amazônica.

No Pará, exemplos de uso do sistema ILPF para a recuperação de áreas degradadas, são encontrados em diversos municípios nos polos agrícolas das regiões do entorno de Paragominas, Santarém e Santana do Araguaia, onde o sistema ILP predomina. Já o sistema IPF destacam-se os trabalhos desenvolvidos com eucalipto em Paragominas e com mogno africano em Brasil Novo (SILVA, 2017)

Tendo em vista da importância desses novos arranjos produtivos para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas o monitoramento da qualidade do solo e da água mediante avaliação das características físicas e químicas se torna imprescindível (SILVA et al., 2005; MELLONI et al., 2008).

Diversos autores (Balbino et al., 2011; Balbino et al., 2012, 19 Porfírio da Silva, 2012), apontam os benefícios de sistemas integrados na produção agrícola e pecuária e destacam a importância de estudos voltados para a caracterização das contribuições destes sistemas na manutenção dos recursos naturais: solo, água e ar.

No entanto, as informações que se tem são pontuais e em locais distintos, ainda escassos na região amazônica, vindo a confirmar a necessidade de avaliar os impactos na qualidade química e física do solo de sistemas de integração bem como possíveis alterações nas características da água localizadas na área de influência do experimento; através de parâmetros físico-químicos da água localizados na área de influência direta do experimento e relacionar os resultados das análises tipo de experimento e à sazonalidade da região;

## REFERÊNCIAS

- ADAMOLI J, MACEDO J, AZEVEDO JG, NETTO, JM. Caracterização da região dos cerrados. In: Solos dos cerrados: tecnologias e estratégia de manejo. EMBRAPA/CPAC, Livraria Nobel, São Paulo; 1986. p.33-74
- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. World Agriculture Towards 2030/2050: the 2012 revision. Rome: FAO, 2012. 147 p. (ESA Working paper, 12-03).
- ALVARENGA, M.I.N. & DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:933-942, 1999
- ARAÚJO, R. GOEDERT W. J., LACERDA M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. 31:1099-1108, 2007.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. Marco referencial: integração lavoura pecuária-floresta. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130 p
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P. R.; VILELA, L. Agricultura Sustentável por meio da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). Informações Agronômicas nº 138- Junho/2012. Piracicaba, International Plant Nutrition Institute Brasil Embrapa Solos, 2012, 18 p
- BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D. & BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Science Agriculture**, v.58, p.555-560, 2001.
- BOLETIM AGROPECUÁRIO DO PARÁ 2017 Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará – Fapespa 1ª edição - 2015
- COSTA KAP, OLIVEIRA IP, SEVERIANO EC, SAMPAIO FMT, CARRIJO MS. RODRIGUES CR. Extração de nutrientes pela fitomassa de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, 2010;11:307-314.
- FAO. Serviço Estatístico Online da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura: estatísticas da produção e do comércio. Roma, 2017.
- FLÁVIO NETO, J.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P.; GUIMARÃES JÚNNYOR, W. S.; GONCALVES, W. G.; ANDRADE, R. Biological soil loosening by grasses from genus *Brachiaria* in crop-livestock integration. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 37, n. 3, p. 375, 2015. DOI: 10.4025/actasciagron.v37i3.19392
- FERREIRA, L. G.; SOUSA, S. B. de; ARANTES, A. E. Radiografia da pastagens do Brasil. Goiânia: LAPIG/UFG, 2014. 214 p.
- FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; SOUZA JÚNIOR, P. R.; CAMPOS, M. C. C. Análises multivariadas de atributos químicos do solo para caracterização de ambientes. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 8, n. 2, p. 155-164, 2014

- GARRETT, R. D.; CARLSON, K. M.; RUEDA, X.; NOOJIPADY, P. Assessing the potential additionality of certification by the round table on responsible soybeans and the roundtable on sustainable palm oil. *Environmental Research Letters*, v. 11, n. 4, p. 1-17, Apr. 2016.
- GARRETT, R. D.; LAMBIN, E. F.; NAYLOR, R. L. Land institutions and supply chain configurations as determinants of soybean planted area and yields in Brazil. *Land Use Policy*, n. 31, p. 385-396, 2013c.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo agropecuário 2006. Rio de Janeiro: IBGE. 2009.
- JÚNIOR, F. M. R. S. "De olho no que pisa": Os perigos da contaminação do Solo. *Revista Pan-Amazonica de Saúde* 2017; 8(4):19-21
- LEMAIRE G, FRANZLUEBBERS A, FACCIO CARVALHO PC, DEDIEU B (2014) Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 190, 4–8.
- MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. N. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2461-2470, 2008.
- MORAES A, FACCIO CARVALHO PC, ANGHINONI I, LUSTOSA SB, COSTA SE, KUNRATH TR (2013) Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. *Eur. J. Agron.* ,<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004>
- PERSPECTIVAS agrícolas da OCDE - FAO 2016 - 2025. Paris: OCDE; [Rome]: FAO, 2016
- PORFÍRIO DA SILVA, V. Produtividade em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária - Floresta no Subtrópico Brasileiro. 2012. 119 p. (Tese Doutorado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.
- SEEG Brasil. Observatório do clima. Disponível em:<<http://www.observatoriodoclima.eco.br/tag/seeg/>>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- SILVA, A.R. . ILPF é aposta para agropecuária sustentável na Amazônia paraense [S. l.]: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://embrapa.br/en/amazonia-oriental/busca-de-noticias//noticia/23097755/artigo---ilpf-e-aposta-para-agropecuaria-sustentavel-na-amazonia-paraense>. Acesso em: 12 abr. 2020.
- SILVA, Shara Alexandre et al. Otimização estatística de parâmetros de qualidade de águas superficiais no monitoramento ambiental em atividades de mineração na Amazônia, 2020 *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, e99932596, 2020(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2596>
- SOARES DE SOUZA, Diones et al. Estudo Socioambiental na Amazônia Brasileira com foco na Qualidade da Água. *Rev. Int. Investig. Cienc. Soc.*, Asunción, v. 13, n. 1, p. 76-92, July, 2017. Available from <[http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2226-40002017000100076&lng=en&nrm=iso](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2226-40002017000100076&lng=en&nrm=iso)>. access on 03 Aug. 2021. <https://doi.org/10.18004/riics.2017.julio.76-92>.

SOARES DE SOUZA, Diones et al. Estudo Socioambiental na Amazônia Brasileira com foco na Qualidade da Água. *Rev. Int. Investig. Cienc. Soc.*, Asunción, v. 13, n. 1, p. 76-92, July, 2017. Available from <[http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2226-40002017000100076&lng=en&nrm=iso](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2226-40002017000100076&lng=en&nrm=iso)>.

STRECK, E.V. et al. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 130p

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22; p.573-581,1998.

## **2 IMPACTO DE SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM NA QUALIDADE DO SOLO DO SOLO SOB VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

**Daynara Costa Vieira**

### **RESUMO**

Com o aumento em larga escala da produção agrícola mundial novas alternativas de produção vem sido incorporadas no cenário mundial. Os sistemas integrados de agricultura, pecuária e floresta (iCLF) ganharam destaque nas últimas décadas como alternativa ao uso sustentável da terra, principalmente em regiões nas quais há pressão contra a agricultura expansão em ecossistemas protegidos como a Amazônia brasileira. Assim, objetivou-se avaliar os impactos na qualidade física e química do solo de sistemas de integração lavoura pecuária-floresta, pastagem contínua, floresta homogênea de mogno comparado a uma floresta secundária usada como testemunha. As coletas foram realizadas nos períodos de baixa e alta pluviosidade em uma área localizada no município de Terra Alta, PA no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental. Para as análises de atributos físicos do solo (densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade), foram coletadas amostras de solos nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-15 cm. Para avaliação dos atributos químicos do solo (pH, Ca, Mg, K, P, Al, H+Al, CTC pH, V% e matéria orgânica), foram tomadas 15 amostras simples para constituir uma amostra composta por área na profundidade de 0 a 20 cm. Os dados foram submetidos a análise de agrupamento PCA. Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade. O teste Tukey foi realizado para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que houve uma variação nos atributos físico-químicos dos solos com seus diferentes usos e nos diferentes períodos. Constatou-se um incremento de nos atributos químicos (M.O, K, Ca e Mg) em sistemas associados a componentes florestais IPF-T, IPF-M E FM sobretudo em períodos chuvosos. Quanto aos atributos físicos, o ILPF com o componente florestal Teca (IPF-T) e o sistema de floresta homogênea de Mogno africano (FM) apresentaram os valores de Ds, Pt e Ma mais próximos da testemunha, ou a pastagem mostrando-se melhor na recuperação dos atributos físicos do solo quando comparados aos demais sistemas.

**Palavras-chave:** Sistemas de integração; Fertilidade do solo; água no solo, ILPF. Teca; Mogno Africano.

## 2.1 Introdução

Atualmente as práticas agrícolas adotadas na agricultura convencional, vem contribuindo com a diminuição contínua da qualidade do mesmo, resultando em baixas produtividades e com perdas de sua sustentabilidade. É imprescindível produzir de forma mais sustentável, onde os impactos ambientais sejam minimizados e os recursos naturais protegidos. A preservação ambiental é algo que deve ser colocada em prática por todas as organizações e pessoas, uma vez que os recursos disponíveis estão se tornando cada vez mais escassos, prejudicando os segmentos produtivos no mundo.(ALMEIDA, 2012).

Diversos estudos têm sido realizados com o intuito de se identificar sistemas alternativo de manejo que promovam aumento na qualidade do solo e atenuem as consequências de décadas de uso intensivo do solo (SALMI et al., 2009). Entre os vários sistemas integrados de produção, o que vem apresentando maior destaque é o Sistema de integração lavoura- pecuária-floresta (ILPF), que tem por definição a produção sustentável de carne, leite, grãos, fibra, energia com a combinação de espécies florestais, , na mesma área, em plantio consorciado, em sucessão ou rotacionado, buscando efeitos sinérgicos e potencializadores entre os componentes envolvidos naquele agroecossistema. (KICHEL , 2012)

Dentre inúmeros benefícios dos SILPFs destacam-se sua eficiência em garantir índices de recuperação qualitativos mais significativos quando comparados as técnicas convencionais. devido a diversidade de espécies arbóreas que propiciam um microclima ameno dando subsídios à saúde e bem estar animal e ambiental; diminuição de impactos erosivos ao solo, , aumento da biodiversidade, auxílio na recuperação produtiva do solo, melhora na infiltração de água e a ciclagem de nutrientes, alteração positiva nas características químicas, físicas e biológicas do solo, , aumento na geração de renda por área :, contribuição no sequestro de carbono e mitigação de emissão de gases de efeito estufa (PEDREIRA et al., 2014).

Na Amazônia Oriental, pecuária representa a atividade agropecuária mais expressiva da região, tendo ela, grande parte de suas áreas de atividade apresentando alto grau de degradação. Em consequência disso, ocorre baixos índices de produtividade nessa região (CORDEIRO et al., 2015). Nesta região, diversos sistemas silvipastoris foram descritos: bovinos em pastagens do capim jaraguá (*Hyparrhenia rufa*Stapt) com babaçu (May et al., 1985), *Pinus caribaea*Morelet var. *hondurensis* e gramíneas do gênero *Panicum* (Lins, 1985). Na década de 90, babaçu (óleo e sombra), inajá (frutos e palha), castanheira (sombra), ipê (madeira e sombra), seringueira (látex), dendezeiro (óleo), cajueiro (fruto) com os capins jaraguá, braquiarião e quicuío-da-amazônia, sendo que em um dos sistemas foi encontrado o consórcio com a leguminosa puerária.

Nas experiências com SILF realizadas na região Norte pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e por parceiros, destaca-se os arranjos de sistemas de ILPF que incluem, principalmente, as seguintes espécies florestais : Mogno Africano (*Khaya Grandifoliola*), Teca (*Tectona grandis*), eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) e paricá (*Schizolobium amazonicum*); agrícola, com milho e feijão-caupi; e forragem, com *Brachiaria ruziziensis* (GODINHO et al., 2010).

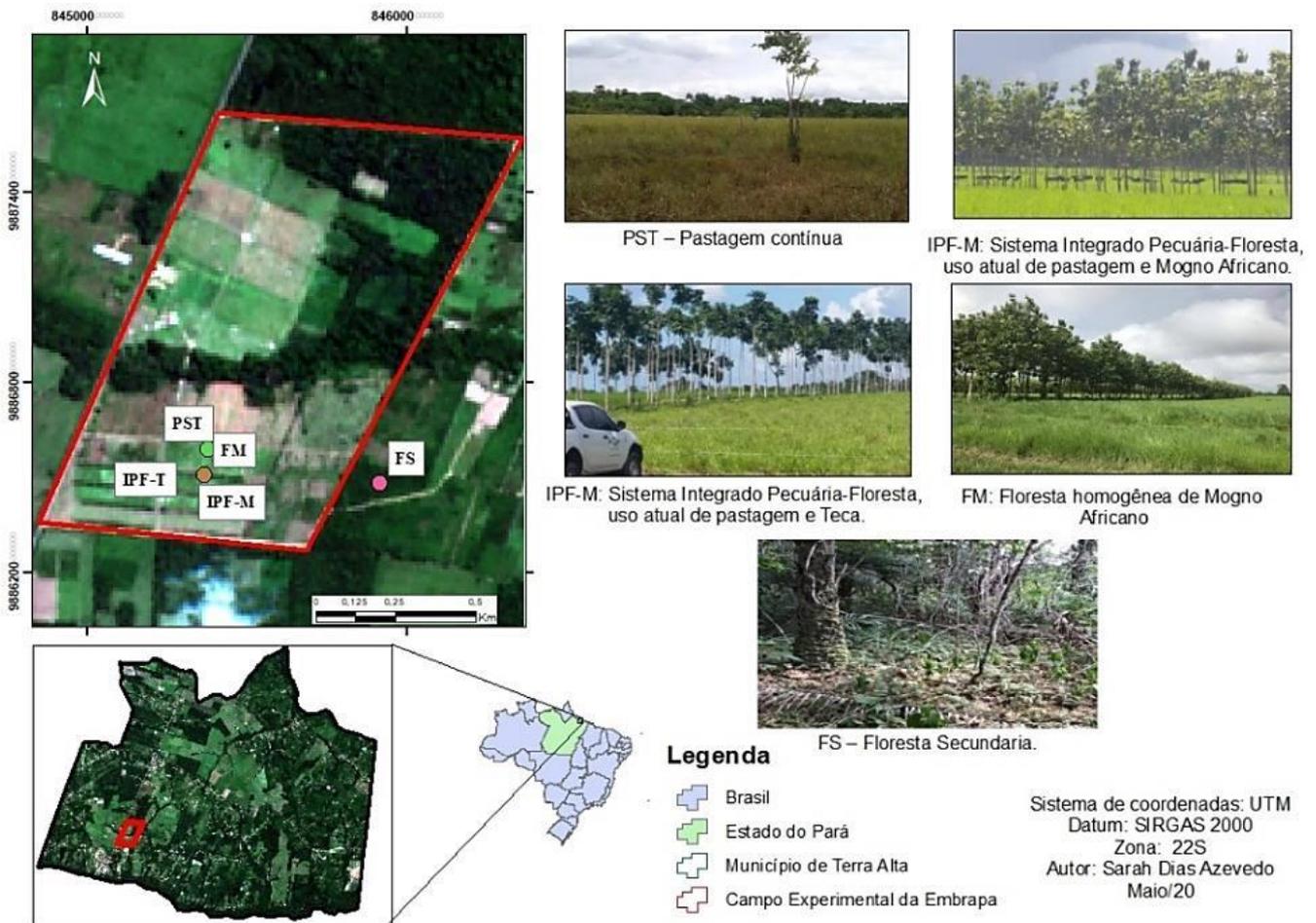
Observa-se um interesse com iniciativas promissoras nessa região, contudo, certas limitações como falta de persistência da pastagem sob as árvores, danos às árvores provocados pelos animais e crescimento reduzido do componente arbóreo (VEIGA et al., 2000) ainda são empecilhos para a popularização dos ILPFs nessa região, logo, são imprescindíveis mais estudos a respeito dos possíveis arranjos e suas implicações nesse bioma. Espera-se que os resultados obtidos nessa pesquisa ressaltem os efeitos positivos da utilização de SILPF nos atributos químicos e físicos do solo avaliado.

Afim de contribuir para a compreensão e avanços no conhecimento da dinâmica e sustentabilidade dos sistemas de integração na Amazônia o presente trabalho objetivou avaliar a influência da variação pluviométrica e de diferentes sistemas integrados produção agropecuária na qualidade do solo na Amazônia oriental, através do estudo das características químicas e físicas dos mesmos.

## **2.2 Material e Métodos**

### **Caracterização do local de estudo**

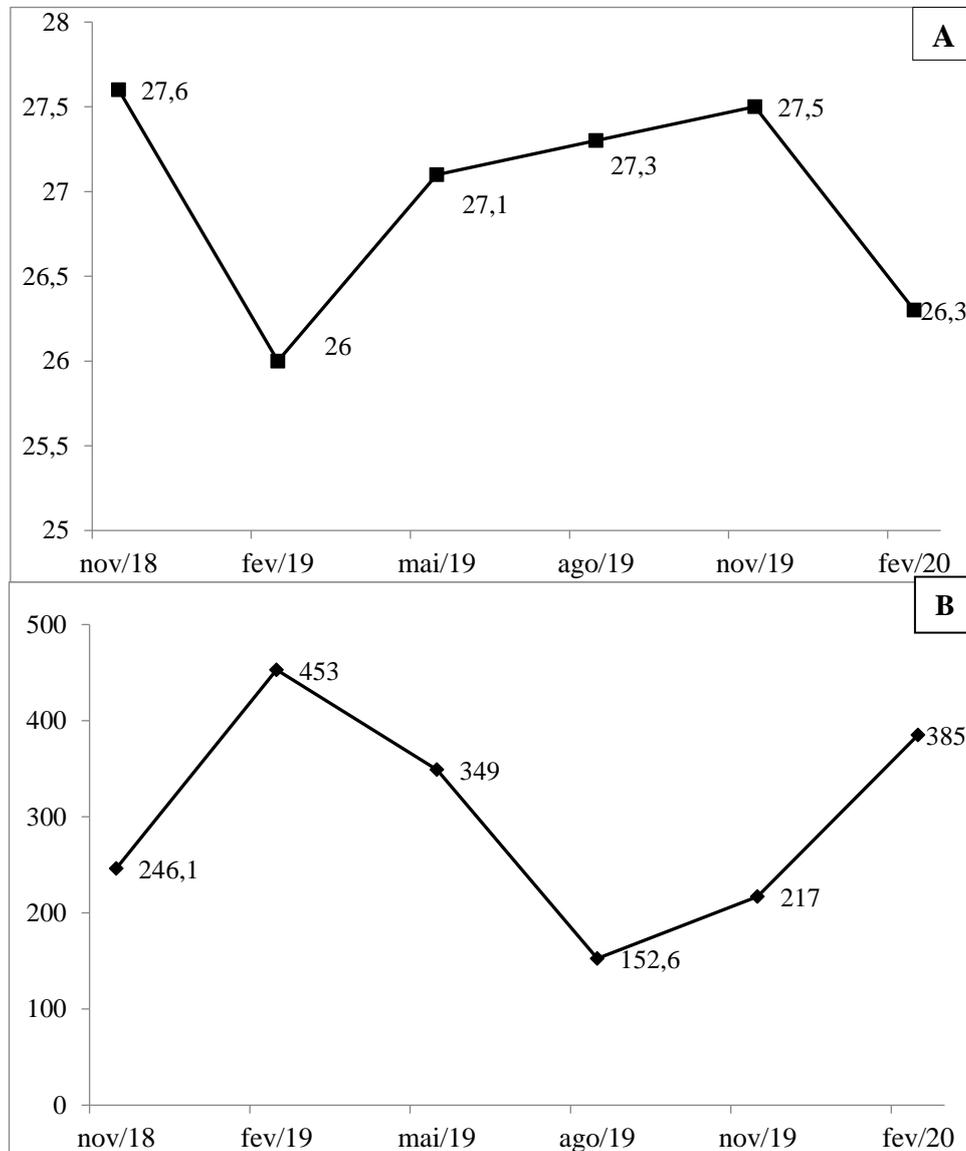
A área do estudo está localizada na região nordeste paraense, descrita como parte Microrregião Salgado composta por 11 municípios, onde está inclusa no Campo Experimental de Terra Alta (Terra Alta, PA) da Embrapa Amazônia Oriental (Belém, PA), a uma altitude de 35 metros, 01°02'28" S de latitude e 47°54'27" W de longitude, originalmente sob vegetação da Amazônia Legal (Figura 1). O solo foi classificado como Latossolo Amarelo textura média, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013).



**Figura 1** - Localização da área de estudo e sistemas avaliados, município de Terra Alta – PA.

O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, o tipo Af, clima tropical chuvoso (úmido), apresentando temperaturas médias anuais de 26°C, máxima de 35°C e mínima de 18°C. Quanto a precipitação pluviométrica, a média anual varia entre 2.500mm até 3.000mm, sendo concentrados principalmente na época do verão e outono austral, período em que se tem na Amazônia a ação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) em conjunto com os sistemas frontais do Hemisfério Sul e aos movimentos convectivos locais (SEMMAS/PA, 2018).

As médias de temperatura (A) e precipitação (B) registradas no período do estudo, estão apresentadas na Figura 2.



**Figura 2** – Precipitação e temperatura da região Fonte: Autora, 2021.

O experimento ocupa uma área total de 13,10 ha dividida em: 9,50 ha de Sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (SILPFs); 2,51 ha de pastagem; 0,65 ha de lavoura, além de uma área de 0,44 ha de floresta homogênea. Nas áreas de SILPFs e de floresta homogênea, as espécies arbóreas Teca (*Tectona grandis*) estão espaçadas em 3 x 3 metros e o Mogno africano (*Khaya Grandifoliolae*) em 5 x 5 metros. No SILPFs cujo componente arbóreo é a Teca, há quatro linhas desta espécie, intercaladas por um espaçamento de 50 metros para a

plantação das culturas anuais e de forragem. No SILPFs cujo componente arbóreo é o Mogno Africano, há três linhas desta espécie intercaladas por um espaçamento de 50 metros para a plantação das culturas anuais e forragem.

Quatro sistemas foram avaliados quanto às propriedades físicas do solo: PST – pastagem contínua (*Brachiaria humidicula*); – IPF- M, uso atual de pastagem (*Brachiaria Brizantha*) e Mogno Africano (*Khaya Ivorensise*); –IPF-T, uso atual de pastagem (*Brachiaria Brizantha*) e Teca (*Tectonia grandis*); FM- sistema homogêneo de floresta de mogno africano (*Khaya Ivorensise*), além de uma área de floresta secundária usada como testemunha.-FS.

### **Amostragem de solos**

As amostragens de solo foram realizadas levando em consideração a sazonalidade de chuvas da região amazônica. Sendo assim, foram realizadas coletas em 2 anos no período de baixa pluviosidade (Nov/18 e Ago/19) e período de alta pluviosidade (fev/19 e mai/19).

Para avaliação dos atributos químicos do solo, foram tomadas 15 amostras simples para constituir uma amostra composta por área, totalizando três amostras compostas por sistema, na profundidade de 0 a 20 cm. As amostras foram dispostas em sacos plásticos, etiquetadas e armazenadas em um isopor.

Para as análises de atributos físicos do solo, foram utilizados anéis volumétricos de inox para a coleta indeformada de solos. As amostras de solos nas foram coletadas nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-15 cm, sendo 3 repetições por profundidade, totalizando assim 45 amostras. Para tanto, mini trincheiras foram abertas com o auxílio de pás e enxadas e Análises laboratoriais

Todas as análises foram realizadas nos Laboratórios de Solos da Embrapa Amazônia Oriental seguindo a metodologia da EMBRAPA (2017).

Para os atributos químicos, as amostras de solos foram secas ao ar (TFSA) e peneiradas em peneiras de 2 mm de malha. As determinações do pH foram realizadas pela relação solo: solução de 1:2,5, em água e KCl 1 mol L<sup>-1</sup> com a realização da leitura em suspensão com tempo de contato de uma hora. Cálcio e Magnésio trocáveis foram determinados por meio da extração com solução KCl N e determinação complexiométrica em presença dos indicadores eriochrome e murexida ou calcon.

O Potássio trocável e o Fósforo disponível foram extraídos utilizando a solução Mehlich-1 e posterior determinado por espectrofotometria e fotômetro de Chama, respectivamente. A acidez trocável (H+Al) foi extraída com acetato de cálcio tamponado a pH

7,0 e posteriormente determinada por meio da solução de NaOH, tendo como indicador a fenolftaleína.

Para a determinação de Al trocável foi realizada a extração com solução KCl N e determinação volumétrica com solução diluída de NaOH.

A determinação da densidade do solo ( $D_s$ ) ocorreu pelo Método do cilindro volumétrico calculada pela razão entre a massa seca e o volume do anel (BLAKE; HARTGE, 1986).

Utilizando a equação:

$$D_s = \frac{m_a}{V} \quad (1)$$

Em que:

$D_s$  – Densidade do solo, em kg dm<sup>-3</sup> (equivalente a g cm<sup>-3</sup>).

$m_a$  – Massa da amostra de solo seco a 105 °C até peso constante, em g.

$V$  – Volume do cilindro, em cm<sup>3</sup>.

A Densidade da partícula ( $D_p$ ) foi obtida através do Método do balão volumétrico

A partir dos dados de  $D_s$  e  $D_p$  foi calculada a porosidade total do solo ( $P_t$ , m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) pela equação 3:

$$P_t = \frac{1 - D_s}{D_p} \quad (3)$$

Em que

$D_s$  - Densidade do solo.

$D_p$  - Densidade de partículas.

Para o cálculo da Microporosidade ( $M_i$ ) (Equação 4). Inicialmente as amostras foram saturadas e dispostas em uma mesa de tensão, aplicando-se tensão de 0,60 m de coluna de água (6 kPa) (EMBRAPA,1997). Após o equilíbrio as amostras foram pesadas, os valores obtidos foram utilizados na equação seguinte:

$$M_i = \frac{(a-b)}{c} \quad (4)$$

Em que:

$M_i$  – Microporosidade, em m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>.

$a$  – Massa do conjunto amostra-cilindro-tecido-elástico após equilíbrio com um potencial de 6 kPa (60 cm de coluna de água), em g.

$b$  – Massa do solo seco a 105 °C, em g.

$c$  – Volume do cilindro.

Obteve-se a Macroporosidade através do cálculo da diferença entre a Porosidade Total (Pt) e a Microporosidade (Mi) (Equação 5).

$$M_a = P_t - M_i$$

(5)

Em que:

$M_a$  – Macroporosidade, em  $m^3 m^{-3}$ .

$P_t$  – Porosidade total, em  $m^3 m^{-3}$ .

$M_i$  – Microporosidade, em  $m^3 m^{-3}$

O teor de Carbono Orgânico é extraído pelo método volumétrico pelo dicromato de potássio, que por sua vez é titulado pelo sulfato ferroso amoniacal 0,5M. Portanto a porcentagem de carbono pode ser calculado utilizando-se a equação 3:

$$\% C = \frac{(L_b - L_a) \cdot (M_{real} \cdot 003.100)}{Massa\ de\ solo \cdot 0,77}$$

Onde:

$L_b$ : milímetros gastos na titulação da prova em branco

$L_a$ : milímetros gastos na titulação da amostra

$M_{real}$ : Fator de Correção

Massa do solo: quantidade de solo

De forma que a quantidade de matéria orgânica é obtida por meio das equações 4 e 5, em porcentagem e gramas por quilogramas, respectivamente:

$$\%M.O = \%C \cdot 1,724$$

$$M.O(G.Kg^{-1}) = \%M.O * 10$$

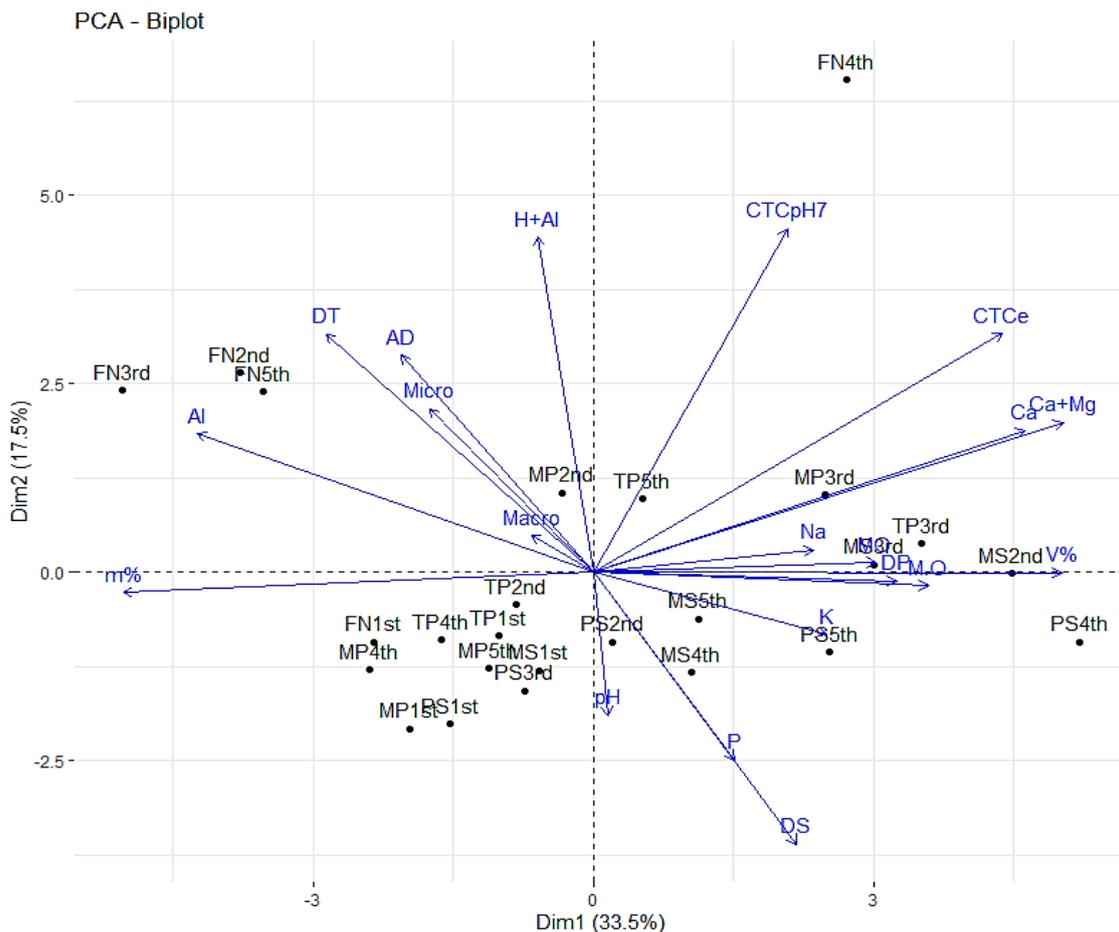
### **Análise estatística**

Inicialmente os dados foram submetidos a análise multivariada de componentes principais (PCA), com o intuito de estabelecer quais atributos analisados tinham maior contribuição ao componente e, portanto, simplificar a estrutura do conjunto de variáveis interrelacionadas analisadas. Em seguida Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) Os resultados foram comparados através do teste médias, Tukey de 5 % de probabilidade, utilizando-se o software estatístico R versão 3.6.3 (R Development Core Team, 2016) para realização de todas as análises.

### 3. Resultados e Discussão

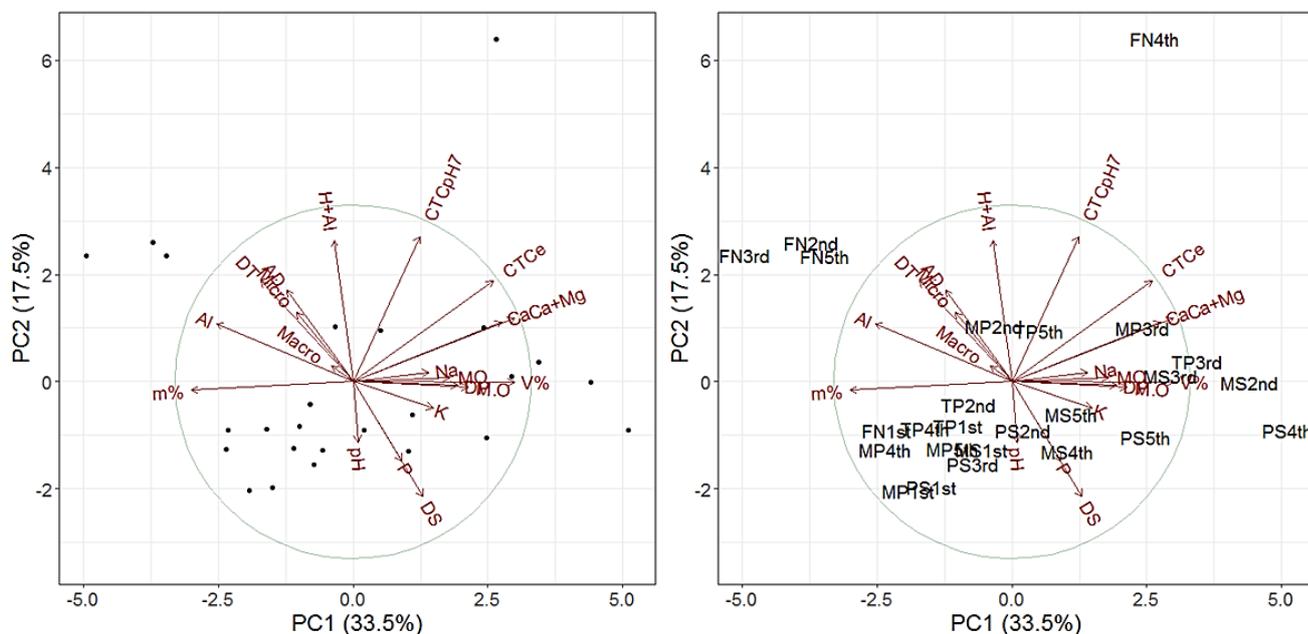
Com base na análise multivariada através da análise de componentes principais (Figura 3) foi possível obter a representação gráfica e autovalores das variáveis nos componentes principais, sintetizando assim as características e variações mais influentes sobre os atributos do solo, nas áreas estudadas.

Sobre o efeito de sistemas de cultivos na fertilidade e física do solo, os dois primeiros componentes da análise de componentes principais (ACP) explicaram 51% da variância dos dados (CP1: 33,5% e CP2: 17,5%). A floresta nativa (FN) apresentou a maior distância entre as demais áreas, exceto na primeira (1st) época de coleta. A área de floresta nativa quando coletado no período seca (1st e 4th) diferiu dos dados quando coletados no período chuvoso (2nd e 3rd). Resultado semelhante foi observado por Freitas et al. (2014), na qual a floresta nativa diferiu dos quadrantes das demais áreas estudadas.



**Figura 3** – Biplot da análise de componentes principais (ACP) para o efeito dos sistemas de cultivo nos atributos químicos e físicos do solo. **Sistemas:** FN: Floresta nativa (Mata); PS: Pastagem solteira (Pastagem); MP: Mogno

+ Pastagem; TP: Teca + Pastagem; MS: Mogno solteiro (Mogno). **Época de coleta:** 1st: transição; 2nd: chuvoso; 3rd: chuvoso; 4th: seco; e 5th: transição. **Atributos físicos:** PT: Porosidade total; AD: água disponível; DS: densidade do solo; DP: densidade de partícula. **Atributos químicos:** m%: saturação por alumínio; V%: saturação por bases; CTC pH 7: capacidade de troca catiônica total; CTCe: capacidade de troca catiônica efetiva; e M.O: matéria orgânica.



**Figura 3** – Biplot da análise de componentes principais (ACP) para o efeito dos sistemas de cultivo nos atributos químicos e físicos do solo. **Sistemas:** FN: Floresta nativa (Mata); PS: Pastagem solteira (Pastagem); MP: Mogno + Pastagem; TP: Teca + Pastagem; MS: Mogno solteiro (Mogno). **Época de coleta:** 1st: transição; 2nd: chuvoso; 3rd: chuvoso; 4th: seco; e 5th: transição. **Atributos físicos:** PT: Porosidade total; AD: água disponível; DS: densidade do solo; DP: densidade de partícula. **Atributos químicos:** m%: saturação por alumínio; V%: saturação por bases; CTC pH 7: capacidade de troca catiônica total; CTCe: capacidade de troca catiônica efetiva; e M.O: matéria orgânica.

A área de FS -floresta secundária foi mais relacionada ao Al, H+Al, água disponível (AD), macro e microporosidade e densidade total, localizando-se no mesmo quadrante. Freitas et al. (2014) avaliando o efeito de diferentes sistemas de cultivo, verificaram que a área de mata nativa apresentou relação positiva com o Al e H+Al. Os mesmos verificaram ainda que a área cultivada apresentou relação positiva com atributos de fertilidade do solo (Ca, Mg e pH). Todas as áreas quando coletadas na primeira época (1st) foram relacionadas entre si de forma positiva, assim como o mogno e teca consorciado com pastagem na maioria das coletas, formando todos um mesmo grupo de amostras.

A área de FM- mogno solteiro relacionou-se de forma positiva com a densidade do solo (DS) e nível de potássio no solo (K). A quantidade de água disponível (AD) relacionou-se

diretamente a microporosidade do solo e Porosidade total (PT) e negativamente a densidade do solo (DS).

A disponibilidade de P relacionou-se positivamente ao pH e densidade do solo, enquanto foi negativamente relacionado aos indicadores de acidez do solo (Al, H+Al). A separação da área de floresta nativa das demais é um indicativo de que os atributos do solo são afetados significativamente pela modificação do ambiente (Spera et al., 2004; Freitas et al., 2014).

Com relação aos atributos químicos, os valores de pH entre os sistemas não apresentaram diferenças nos períodos secos (Tabela 1). Apenas nos períodos chuvosos os sistemas IPF-M (ILPF com Mogno Africano) e FS (Floresta nativa) se diferiram e apresentaram os solos com menores valores de pH, (4,7 e 4,8) respectivamente. A elevada acidez encontrada na FS-testemunha está associada a condição original do solo, que apresenta os valores pH naturalmente baixos, considerados fortemente ácidos segundo classificação Gama, 2004 para solos da região. No entanto neste mesmo período os sistemas PST, IPF-T e FM se diferiram dos demais apresentando maiores valores de pH. Ressaltando, que de maneira geral os sistemas provocaram elevação nos valores de pH, isso em comparação a Floresta nativa – Testemunha

Para M.O, entre os sistemas foi observado um maior aporte em FM, IPF-T e IPF-M (> 37,1 g kg<sup>-1</sup>) verificou-se uma influência positiva do período chuvoso no conteúdo de matéria orgânica. Principalmente na segunda coleta deste período onde todos os sistemas se diferenciaram dos demais períodos. Observa-se também a importância do componente florestal associados aos sistemas pois nota-se um maior aporte de M.O nessas áreas. Este comportamento pode estar associados raízes finas e conseqüente acúmulo de nutrientes na fitomassa encontradas em linhas e entrelinhas comum nesses sistemas florestais (Witschoreck et al.2003, Martins et al. 2004)

Em relação aos valores de P, todos os sistemas apresentaram baixos valores de P disponível < 9 para o tipo de textura que o solo em questão apresenta, média (EMBRAPA, 2010) quando comparados entre os sistemas e entre os períodos, com exceção apenas para o sistema PST em um período chuvoso e que no geral entre os sistemas foi o que apresentou maior disponibilidade deste elemento (Tabela 1).

Os teores de K<sup>+</sup> disponível quantificados no experimento de maneira geral, foram considerados baixos de acordo com o critério de avaliação de fertilidade de solos da região (Embrapa, 2010) (Tabela 1). Entre os sistemas não foi possível identificar uma influência significativa de algum manejo no atributo. No entanto, com relação aos períodos foi possível observar um acréscimo dos valores nas épocas chuvosas, principalmente no segundo período

de coleta, onde com exceção do sistema FM- Floresta de Mogno, todos os outros apresentaram diferenças dos demais períodos.

Assim como os teores de  $K^+$  aos valores de Ca apresentaram-se baixos seguindo a mesma classificação Embrapa, 2010. Entre os sistemas. As áreas de FS e PST foram as que apresentaram valores mais acentuados para o elemento Ca, sendo em FS no período chuvoso. Já o comportamento do Mg variou de baixo a médio nos solos e foi possível verificar diferença entre os sistemas, as áreas de IPF-T e FM apresentaram maiores valores. . Já quando avaliado independente períodos é possível perceber diferença entre os períodos, onde o período chuvoso causa um incremento nos valores de Mg principalmente nas áreas com componente florestal, IPF-M, IPF-T, FM e FS.

**Tabela 1** - Média dos atributos químicos avaliados em diferentes sistemas de uso e em diferentes períodos dos anos. no município de Terra Alta, PA.

Ano	Período	SISTEMAS					SISTEMAS																								
		PST	IPF-M	IPF-T	FM	FS	PST	IPF-M	IPF-T	FM	FS																				
		<b>pH água</b>					<b>Mg cmolc dm<sup>-3</sup></b>																								
1ano	Seco	5,1	a	B	5,1	a	A	5,0	a	C	5,4	a	B	5,2	a	A	0,3	b	C	0,1	b	B	0,2	b	C	0,4	a	B	0,2	b	B
	Chuvoso	5,5,	a	A	4,7	c	B	5,1	b	C	5,6	a	A	4,8	c	B	0,3	b	B	0,5	a	A	0,6	a	B	0,6	a	A	0,6	a	A
2 ano	Chuvoso	5,2	a	B	4,8	b	B	5,3	a	A	5,3	a	B	4,8	b	B	0,2	c	BC	0,5	b	A	0,8	a	A	0,7	a	A	0,6	b	A
	Seco	4,9	a	B	5,0	a	A	5,2	a	B	5,2	a	B	5,2	a	A	0,6	a	A	0,2	b	B	0,2	b	C	0,2	b	B	0,2	b	B
		<b>MO g kg<sup>-1</sup></b>					<b>Al cmolc dm<sup>-3</sup></b>																								
1ano	Seco	17,60	a	B	13,20	b	B	16,60	a	B	15,30	a	B	11,40	b	B	0,6	b	A	0,5	bc	B	0,5	c	B	0,3	d	B	0,7	a	A
	Chuvoso	16,50	c	B	14,40	c	B	39,10	a	A	44,90	a	A	21,00	b	A	0,4	b	C	0,4	b	C	0,6	a	A	0,3	c	C	0,6	a	B
2 ano	Chuvoso	32,90	b	A	38,40	a	A	32,70	b	A	37,10	a	A	21,00	c	A	0,5	b	B	0,5	b	B	0,5	b	B	0,3	d	B	0,6	a	B
	Seco	17,60	a	B	13,20	b	B	16,60	a	B	15,30	a	B	11,40	b	B	0,1	c	D	0,6	b	A	0,6	b	A	0,6	b	A	0,7	a	A
		<b>P mg dm<sup>-3</sup></b>					<b>H + al cmolc dm<sup>-3</sup></b>																								
1ano	Seco	6,0	a	B	4,0	b	A	3,7	bc	A	2,3	cd	A	2,0	d	A	3,7	b	C	3,4	c	C	4,2	b	A	3,1	c	C	4,4	a	B
	Chuvoso	6,8	a	B	1,7	b	B	1,1	c	B	1,5	b	B	1,8	b	B	4,4	b	A	4,1	c	A	3,8	c	B	3,6	d	A	7,0	a	A
2 ano	Chuvoso	9,6	a	A	1,6	b	B	2,7	b	B	1,4	b	B	1,8	b	B	4,0	c	A	4,7	b	A	5,0	b	A	3,6	d	A	7,0	a	A
	Seco	8,4	a	A	3,4	b	A	3,5	b	A	2,8	bc	A	2,0	c	A	2,9	c	D	3,5	b	C	3,5	b	B	3,4	b	C	4,4	a	B
		<b>K mg dm<sup>-3</sup></b>					<b>CTC pH7 cmolc dm<sup>-3</sup></b>																								
1ano	Seco	21,5	c	C	16,3	d	C	24,4	b	B	36,5	a	A	17	d	B	4,4	b	C	4,1	c	C	4,8	a	B	3,9	c	C	4,6	b	B
	Chuvoso	32,0	a	A	22,0	b	B	13,1	c	C	19,9	b	B	23,6	b	A	5,3	b	A	5,0	c	B	4,7	c	B	5,3	b	A	9,2	a	A
2 ano	Chuvoso	28,5	b	A	25,2	c	A	40,4	a	A	15,8	e	C	23,6	d	A	4,5	e	C	6,1	c	A	6,8	b	A	5,4	d	A	9,2	a	A
	Seco	25,7	a	B	17,7	c	C	29,3	a	B	21,2	b	B	17	c	B	5,1	a	B	4,1	c	C	4,8	b	B	4,8	b	B	4,6	b	B
		<b>Ca cmolc.dm<sup>-3</sup></b>					<b>V%</b>																								
1ano	Seco	0,4	ab	B	0,4	ab	B	0,5	a	B	0,5	a	D	0,3	b	B	16,0	c	C	14,0	d	C	18,0	b	B	22,0	a	C	11,0	e	B
	Chuvoso	0,5	c	B	0,5	c	B	0,4	d	B	1,2	b	A	1,5	a	A	17,0	d	B	20,0	c	B	23,0	bc	A	36,0	a	A	24,0	b	A
2 ano	Chuvoso	0,3	d	B	0,8	c	A	0,8	c	A	0,9	b	A	1,5	a	A	14,0	d	C	23,0	c	A	26,0	b	A	32,0	a	B	24,0	c	A
	Seco	1,5	a	A	0,3	c	C	0,5	bc	B	0,7	b	C	0,3	c	B	44,0	a	A	14,0	c	C	12,0	c	C	23,0	b	C	11,0	d	B

\*Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%. PST – pastagem contínua; – ILPF- M, uso atual de pastagem e Mogno Africano; –IPF-T, uso atual de pastagem e Teca; FM- sistema homogêneo de floresta de mogno africano, -FS - floresta secundária

Nos sistemas avaliados os teores de  $Al^3$  apresentaram-se baixos ( $<0,5 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ ) e médios ( $0,5 - 1,0 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ ) (EMBRAPA, 2010). Com a área de floresta secundária se destacando por se direciar dos demais sistemas (Tabela 1). Já FM apresentou os valores mais baixos entre os sistemas e nos três primeiros períodos. De Paula et al. (2014), encontraram valores próximos em um Latossolo em Santa Bárbara-PA sob diferentes sistemas de integração com Mogno.

Por se tratar de uma classe de solo naturalmente ácida é comum encontrar teores mais acentuados de alumínio nessas regiões, visto que o pH é o principal fator que controla a disponibilidade desse elemento no solo (MIGUEL et al. 2010). De fato, a neutralização do alumínio trocável ocorre com o aumento do pH, tendo em vista que em solos com o pH maior que 5,5 ocorre a complexação de  $Al^{+3}$  livre, tornando o indisponível para o solo (OLIVEIRA et al., 2018).

Em relação a acidez potencial (H+Al), os sistemas apresentaram acidez classificada entre média a alta (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999). Dentre os sistemas a áreas de floresta secundária-FS se diferenciou com os maiores teores em todos os períodos acentuando-se mais na época chuvosa, não só na área de FS, mas este aumento pode ser verificado nos demais sistemas com exceção do sistema IPF-T.

Os sistemas apresentaram valores entre médios ( $5,0 - 15,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ) e baixos ( $<5 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ) para a CTC pH 7 (LOPES; GUILHERME, 2004)) (Tabela 1). Entre os sistemas a áreas de floresta secundária foi o que apresentou maiores valores. Quanto a comparação entre os períodos nas épocas mais chuvosas o atributo apresentou teor mais elevado no sistema com FM e FS se diferenciado dos demais.

Em todos os sistemas estudados, os foram classificados como distróficos, isto é, valores de saturação por bases (V%) foram menores do que 50%, (LOPES; GUILHERME, 2004; VIEIRA, 1988) indicando uma baixa fertilidade (Tabela 1). Dentre os sistemas a floresta de Mogno Africano (FM), foi o que apresentou o valor mais acentuado e se diferiu dos demais nos três primeiros períodos, já na última época de coleta a pastagem contínua - PST foi o que mais se aproximou do caráter estrófico apresentado média de 44% se deferindo das outras áreas. Quando se compara o período verifica-se que IPF-T e FS. Se igualaram estatisticamente com maiores valores nos dois períodos chuvoso.

Na tabela 3 são apresentados os valores e comparação das médias dos atributos físicos entre as camadas e os diferentes sistemas avaliados nos dois períodos. Com relação a Densidade do solo, no período seco, foram observadas um acréscimo dos valores em profundidade em praticamente todos os sistemas, com exceção apenas para as áreas de florestas, FM e FS que apresentaram os maiores valores na camada de 5-10 cm (Tabela 2). Os maiores valores de densidade nas camadas

inferiores podem ser decorrentes das pressões das camadas superiores em relação as camadas subjacentes (MEDEIROS, 2016). Além do fato, de na camada mais superficial do solo ocorrer, usualmente, uma maior presença de raízes e consequente um maior aporte de material orgânico que nas camadas mais profundas, sendo assim a atividade de macro e microrganismos do solo é maior, promovendo maior estruturação do solo e menores valores de Ds (SAUER. 2014).

É importante observar que na comparação entre os sistemas percebe-se que os sistemas com pastagem associados a um componente arbóreo (IPF-M e IPF-T) apresentam diferenças, com redução dos seus valores quando comparados ao sistema de pastagem contínua (PST) constatando melhorias no atributo com a inserção da cultura florestal atenuando as consequências da compactação do solo decorrente fundamentalmente da carga animal (CARMO et al., 2018).

No período Chuvoso, o aumento dos valores de densidade com a profundidade também foi observado, com maiores valores na camada subsuperficiais de todos os sistemas.

Com relação aos Os valores de porosidade total (Pt), nos períodos secos e chuvosos maiores valores foram registrados nas camadas superficiais, diminuindo em profundidade em todos os sistemas (Tabela 2) esta diminuição de volume de poros em profundidade pode estar relacionada ao decréscimo de M.O, comum ao aprofundamento do perfil pois Martinkoski et al. (2017) ao analisarem a qualidade física do solo sob sistema de integração e floresta secundária em um Latossolo Bruno Distrófico, Obtiveram os mesmos resultados.

Quando comparado entre os sistemas verificou-se que no período seco, o sistema de pastagem contínua apresentou os menores valores para esse atributo, sendo acompanhado de IPF-M diferenciando-se dos demais (Tabela 2). Esse fato pode ser em decorrência dos valores de Ds encontrados nesse sistema, o processo de compactação aumenta a densidade, diminui a capacidade de infiltração e aumenta a exposição aos processos erosivos (CARMO et al., 2018).

**Tabela 2** - Média dos atributos físicos avaliados em diferentes sistemas de uso e profundidades no município de Terra Alta, PA em períodos diferente.

		1º ANO									
Atributo	Prof cm	Período Seco					Período Chuvoso				
		PST	IPF-M	IPF-T	FM	FS	PST	IPF-M	IPF-T	FM	FS
<b>Ds</b> kg dm <sup>-3</sup>	0--5	1,59 c A	1,50 c B	1,55 b C	1,42 b D	1,37 c E	1,55 a A	1,52 c B	1,41 c C	1,54 b A	1,21 b D
	5--10	1,63 b A	1,61 b B	1,50 c D	1,52 a D	1,56 a C	1,52 b D	1,68 a A	1,51 b C	1,62 a B	1,50 a C
	10--15	1,67 a A	1,63 a B	1,64 a B	1,38 c C	1,38 b C	1,53 b C	1,70 a A	1,59 a B	1,59 a B	1,45 a D
<b>Pt</b> m <sup>-3</sup> m <sup>-3</sup>	0--5	0,39 a E	0,43 a C	0,42 a D	0,48 a A	0,45 a B	0,39 a C	0,43 a B	0,44 a B	0,42 a B	0,54 a A
	5--10	0,34 b D	0,37 b C	0,42 a A	0,40 b B	0,40 b B	0,32 b E	0,34 b D	0,40 b B	0,37 b C	0,44 b A
	10--15	0,30 c C	0,36 b B	0,36 b B	0,40 b A	0,36 c B	0,25 c C	0,34 b B	0,36 c B	0,36 b B	0,39 c A
<b>Ma</b> m <sup>-3</sup> m <sup>-3</sup>	0--5	0,09 a E	0,10 a D	0,13 b C	0,16 b B	0,22 a A	0,05 b D	0,12 a B	0,14 a A	0,09 a C	0,12 a B
	5--10	0,08 a E	0,12 a D	0,16 a A	0,14 c C	0,15 b B	0,07 a C	0,05 c D	0,15 a A	0,07 b C	0,10 a B
	10--15	0,06 b D	0,11 a B	0,11 c B	0,19 a A	0,12 c B	0,08 a B	0,07 b B	0,07 b B	0,07 b B	0,10 a A
<b>Mi</b> m <sup>-3</sup> m <sup>-3</sup>	0--5	0,30 a B	0,33 a A	0,29 a C	0,31 a B	0,22 b D	0,33 a B	0,31 a B	0,29 a C	0,33 a B	0,41 a A
	5--10	0,26 b B	0,25 b C	0,27 b A	0,26 b B	0,25 a C	0,31 b B	0,29 b C	0,25 b D	0,30 b B	0,34 b A
	10--15	0,24 c B	0,25 b A	0,25 b A	0,22 c C	0,22 b C	0,30 b A	0,27 c B	0,29 a A	0,28 c B	0,29 c A
		2º ANO									
Atributo	Prof cm	Período Chuvoso					Período seco				
		PST	IPF-M	IPF-T	FM	FS	PST	IPF-M	IPF-T	FM	FS
<b>Ds</b> kg dm <sup>-3</sup>	0--5	1,47 b B	1,46 c B	1,65 a A	1,49 b B	1,18 c C	1,61 c A	1,57 b B	1,39 c C	1,53 b B	1,19 c D
	5--10	1,50 a B	1,52 b B	1,58 c A	1,58 a A	1,48 a C	1,62 b A	1,58 b B	1,53 b C	1,60 a A	1,46 a D
	10--15	1,47 b C	1,57 a B	1,62 b A	1,56 a B	1,47 a C	1,73 a A	1,62 a B	1,63 a BC	1,60 a C	1,45 a D
<b>Pt</b> m <sup>-3</sup> m <sup>-3</sup>	0--5	0,40 a B	0,43 a B	0,36 a C	0,45 a B	0,57 a A	0,42 a C	0,44 a B	0,46 a B	0,39 a D	0,50 a A
	5--10	0,39 b B	0,38 b A	0,35 a B	0,37 b B	0,48 b A	0,39 b A	0,36 b C	0,38 b AB	0,36 b C	0,40 c A
	10--15	0,39 b B	0,36 b B	0,34 a C	0,36 b B	0,40 c A	0,33 c C	0,33 c C	0,35 c B	0,35 b B	0,39 c A
<b>Ma</b> m <sup>-3</sup> m <sup>-3</sup>	0--5	0,08 a C	0,09 c B	0,14 a A	0,15 a A	0,09 a B	0,06 b C	0,08 a B	0,09 a A	0,08 b B	0,09 a A
	5--10	0,06 b D	0,11 b B	0,14 a A	0,13 b A	0,09 a C	0,09 a A	0,07 a B	0,05 b C	0,10 a A	0,09 a A
	10--15	0,07 b D	0,15 a A	0,12 b B	0,13 b B	0,10 a C	0,06 b C	0,08 a B	0,05 b C	0,10 a A	0,10 a A
<b>Mi</b> m <sup>-3</sup> m <sup>-3</sup>	0--5	0,32 a B	0,33 a B	0,21 a D	0,29 a C	0,47 a A	0,36 a B	0,36 a B	0,37 a B	0,31 a C	0,40 a A
	5--10	0,33 a B	0,26 b C	0,21 a D	0,24 b C	0,38 b A	0,30 b B	0,28 b C	0,32 b A	0,26 b C	0,30 b B
	10--15	0,33 a A	0,21 c C	0,21 a C	0,23 b B	0,30 c A	0,26 c B	0,25 c B	0,30 b A	0,24 b C	0,29 b A

\*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey 5%. PST – pastagem contínua; – ILPF-M, uso atual de pastagem e Mogno Africano; –IPF-T, uso atual de pastagem e Teca; FM- sistema homogêneo de floresta de mogno africano, .-FS - floresta secundária

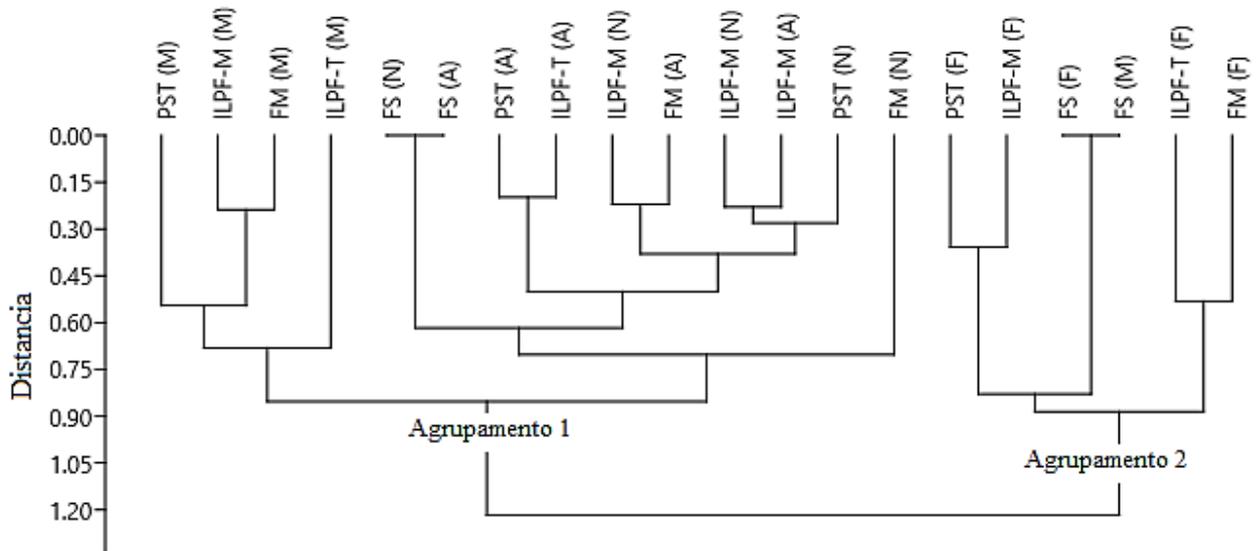
Os sistemas FM e FS se destacaram apresentando valores mais altos tanto nos períodos secos quanto nos chuvosos igualando-se aos resultados encontrados por Silva et al. (2016) que também não encontrou diferença significativa entre a Mata e os sistemas com Mogno Africano. Este fato pode estar relacionado ao aporte M.O nestes ambientes de floresta que por sua vez proporciona melhorias no desenvolvimento da macro e microfauna do solo. Melhorando com isso o volume de poros.

Quanto aos valores de a macroporosidade do solo (Ma), no período seco observou novamente das áreas de FM e FS apresentando os mais altos valores quando comparados aos outros sistemas. Destaca-se ao sistema PST, em todas as profundidades PST apresentou os menores valores de Ma, valores estes abaixo do recomendado por Rossetti & Centurion (2015), onde estes autores apontam que valores superiores a  $0,10 \text{ m}^{-3} \cdot \text{m}^{-3}$  são necessários para possibilitar as trocas gasosas e o crescimento das raízes. Estes resultados possivelmente estão associados ao pisoteio animal que mal administrado o manejo de resultar a um processo de compactação e conseqüentemente diminuição da Macroporosidade nestas áreas (CONTE et al.2011)

Já nos períodos chuvosos o sistema IPF-T se destacou apresentando os maiores valores de Ma nas camadas super e subsuperficial. Novamente na área de pastagem foi verificado valores mais baixos de Ma em todas as profundidades, demonstrando com isso melhoria desse atributo e sistema sistemas integrados com teca, que neste período apresentou em todas as camadas valores superiores ao crítico  $0,10 \text{ m}^{-3} \cdot \text{m}^{-3}$  se diferenciando da testemunha e do pasto.

Quando se avaliou Mi (microporosidade) nos períodos secos os valores apresentaram um decréscimo em profundidade em todos os sistemas observou-se uma superioridade dos microporos sobre os macros. Estes resultados assemelham-se aos de Santos et al. (2011), que também encontraram valores maiores de Mi quando comparados com Ma, em área de mata nativa e em áreas sob sistemas integrado. Quanto a variação entre os sistemas, de maneira geral os sistemas de integração (IPF-M e IPF-T) apresentaram os valores mais elevados para esse atributo, revelando que a introdução dos sistemas integrados contribuiu para o acréscimo do atributo nesse período. Nos períodos mais chuvosos FS se destacou apresentando valores mais elevados do atributo.

A análise de Cluster demonstrou que houve a formação de dois agrupamentos e variações nos atributos físicos em relação ao uso e a pluviosidade, baixa (meses de novembro e agosto) ou alta (meses de fevereiro e maio), nos sistemas avaliados. Nesse sentido, verifica-se que os dados se agruparam majoritariamente em função da pluviosidade do período. No primeiro, ocorreu a formação de dois subgrupos, o primeiro formado pelas amostras coletas no mês de maio e o segundo pelas amostras coletadas nos meses de agosto e novembro (baixa pluviosidade). De fato, nesses meses foram observados valores mais baixos de MO, PT e MI.



**Figura 4.** Análise de cluster das variáveis avaliadas nos meses de novembro (N), fevereiro (F), maio (M) e agosto (A) nos diferentes sistemas de uso avaliados.

No segundo agrupamento ocorreu a predominância das amostras coletadas no mês de fevereiro, com a presença apenas do sistema FS de maio que se agrupou aos FS de fevereiro. As amostras coletadas no mês de fevereiro apresentaram valores elevados de PT, MI e MA em todos os sistemas avaliados.

#### **4 Conclusão**

Os atributos físico-químicos dos solos variaram com seus diferentes usos e nos diferentes períodos.

Verificou-se um incremento de nos atributos químicos (M.O, K, Ca e Mg) em sistemas associados a componentes florestais IPF-T, IPF-M E FM sobretudo em períodos chuvosos.

Quanto aos atributos físicos, o ILPF com o componente florestal Teca (IPF-T) e o sistema de floresta homogênea de Mogno africano (FM) apresentaram os valores de Ds, Pt e Ma mais próximos da testemunha, ou a pastagem mostrando-se melhor na recuperação dos atributos físicos do solo quando comparados aos demais sistemas.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, A. R.; RIBON, A. A.; BACKES, C.; FERNANDES, K. L.; SANTOS, A. J. M.; BARROS L. R. Indicadores físicos de um Latossolo Amarelo distrocoeso em sistemas de integração na região do cerrado. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n. 16, p. 3-11, 2017.
- ASSIS, P. C. R.; STONE, L. F.; MEDEIROS, J. C.; MADARI, B.; OLIVEIRA, J. M.; BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO-DASILVA, V.; MORAES, A. de; MARTINEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. dos; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1-22, 2011.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle Density 1. Methods of soil analysis: Part 1—Physical and mineralogical methods, n. methodsofsoilan 1, p. 377-382, 1986.
- CARMO, M.; CUNICO, J.; SANTOS, M.; SILVA, P.; SIQUEIRA, M. Densidade e porosidade do solo em pastagem recuperada e degradada, na Amazônia Ocidental. Centro Científico Conhecer. Goiânia, v.5, n.9; p. 153. 2018.
- CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 393p. Brasília, DF: Embrapa, 201
- COSTA, N. R.; Andreotti, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L. A.; FERREIRA, J. P.; Pariz, C. M.; BONINI, C. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Online), v. 39, p. 852-863, 2015.
- CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; BRASIL, E. C. Calagem em Latossolo amarelo distrófico da Amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 895-908, 2012
- DE PAULA, M. T. et al. **Avaliação da dinâmica dos atributos químicos do solo em sistemas agroflorestais no município de Santa Bárbara-PA**, Amazônia-Brasil.Observatorio de la Economía Latinoamericana, n. 201, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos e análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 2112 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Amazônia Oriental. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará. Belém: Embrapa. Amazônia Oriental, 2010, 262 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª edição. Embrapa Brasília, DF 2018
- FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 417-428, 2012.

- FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; SOUZA JÚNIOR, P. R.; CAMPOS, M. C. C. Análises multivariadas de atributos químicos do solo para caracterização de ambientes. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 8, n. 2, p. 155-164, 2014
- GAMA, J. R. N. F. Solos: manejo e interpretação. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 183 p.
- GODINHO, V. P. C.; UTUMI, M. M.; BROGIN, R. L.; FERNANDES, P. C. C.; PINTO, D. M. I Workshop Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, p 118, 2010.
- GONÇALVES, A. D. A. Integração lavoura-pecuária-silvicultura na recuperação de pastagens degradadas no Cerrado Mineiro. 2016. 29f. Monografia (Especialização em Meio Ambiente). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. São João Evangelista, 2016.
- KARLEN, D.L. & STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BZEDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, p.53-72, 1994
- KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) – Experiências no Brasil. *Boletim de Indústria Animal*, 2014. 95 p.
- LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, F. das C.; CASTRO, A. A. J. F. Estoques da serapilheira acumulada e teores de nutrientes em Argissolo sob manejo agroflorestal no norte do Piauí. *Revista Árvore*, v.34, p.75-84, 2010.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Interpretação da análise do solo: conceitos e aplicações. São Paulo: ANDA. Comitê de Pesquisa Técnico, 2004. 50 p
- MACEDO, M. C. M.; ARAUJO, A. R. de. Sistemas de integração lavoura-pecuária: alternativas para recuperação de pastagens degradadas. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). *Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: a produção sustentável*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 27-48.
- MACHADO, L.V.; RANGEL, O.J.P.; MENDONÇA, E.S.; MACHADO, R.V.; FERRARI, J.L. Fertilidade e compartimento da matéria orgânica sob diferentes sistemas de manejo. *Coffee Science*, Lavras, v. 9, n. 3, p. 289-299, jul./set. 2014
- MAIA, C. M. B. F; PARRON, L. M. Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). *Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília, DF: Embrapa, 2006. p. 101-108.
- Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2017.

- MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento Plano ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. 2016.
- MARTINS LFS, POGGIANI F, OLIVEIRA FR, GUEDES MC, GONC, ALVESJLM (2004) Características do sistema radicular das árvores de *Eucalyptus grandis* em resposta à aplicação de doses crescentes de bio sólido. *Scientia Florestalis* 65:207–218
- MARTINKOSKI, L., VOGEL, G. F., JADOSKI, S. O., & WATZLAWICK, L. F. Qualidade física do solo sob manejo silvipastoril e floresta secundária. *Floresta e Ambiente*, v. 24, 2017.
- more, I.B.B.G. Emprego de geotêxteis não tecidos na percolação em solo arenoso com disposição de esgoto tratado sob condições anaeróbias. 2016. 34f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia, Natal-RN, 2016
- MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D. da; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. DE. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24, p. 13-29, 2010
- MILINDRO, I. F. et al. Atributos químicos como indicadores de qualidade do solo sob manejo agroecológico. *Cadernos de Agroecologia*, Belém, v. 10, n. 3, p. 1-5, out. 2016.
- 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/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 1, p. 14-20, 2015.
- MORAES SÁ, J. C; CERRI, C. C; LAL, R; DICK, W. A; PICCOLO, M.C; FEIGL, B. E. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, v.104, p.56-64, 2009.
- OLIVEIRA, A. N de; OLIVEIRA, A. N de; SILVA, K. R.; SILVA, J. de A. da; MELLO, A. H. de. Atributos químicos de solo sob diferentes sistemas de uso e manejo no projeto de assentamento Veneza - São Domingos do Araguaia, PA. *Revista Agroecossistemas*, v. 9, n. 1, p. 170-179, 2017
- OLIVEIRA, B. S.; CARVALHO, M. A. C.; LANGE, A.; WRUCK, F. J.; DALLACORT, R.; SILVA, V. P.; BAREA, M. Atributos físicos do solo em Sistema De Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, na região Amazônica. *Revista Espacios*, v. 38, p. 8, 2017.
- OLIVEIRA, T. K. de. Sistemas integrados na Amazônia brasileira: experiências demonstrativas e resultados de pesquisa. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. de (Ed.). *Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável*. Brasília, DF: Embrapa; Senar, 2015.
- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília: Embrapa, 2015. 370 p.
- PEDREIRA, B. C. e; BEHLING, M.; WRUCK, F. J.; ANTONIO, D. B. A.; MENEGUCI, J. L. P.; CARNEVALLI, R. A.; LOPES, L. B.; TONINI, H. Sistemas De Integração Lavoura-

- Pecuária-Floresta. In Simpósio de Pecuária Integrada, 1. 2014. Brasília; Anais [...] Brasília: Embrapa, 2014. p.259-294.
- PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F. Propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. *Scientia agrícola*, v. 57, n. 3, p. 531-537, 2000.
- PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI M., A. Guia de interpretação de análise de solo e foliar. Vitória, ES. Incaper, 2013. 104 p.
- R Development Core Team, 2016. R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Available online: <http://www.R-project.org>
- RADOMSKI, M.I.; RIBASKI, J. Sistemas silvipastoris: aspectos da pesquisa com eucalipto e grevilea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 40p.
- RIBEIRO, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H (Ed.) Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, 1999, 359 p.
- ROSSETTI, K. de V.; CENTURION, J. F. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronosequência sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 252-258, 2015.
- SALES, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; MIRANDA, B. M. Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia Legal. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 1, p. 1-15, jan./mar. 2018.
- SALMI, A. P.; DUERRA, J. G. M.; RISSO, J. A. M. Teores de nutrientes na biomassa aérea da leguminosa *Flemingia macropylla*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, p.1013-1017, 2009.
- SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M. BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1339-1348. 2011.
- SANTOS, H. P. DOS; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O.; Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy** (Online), Maringá, v. 31, n. 4, p. 719-727, 2009.
- SILVA R.L.; MATIAS S.S.R.; LOBATO M.G.R; NOBREGA J.C.A. Atributos físicos do solo em diferentes coberturas vegetais na região do Piauí. **Revista Caatinga** 2014; 27(3): 160-168.
- SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C. Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. *Agropecuária Técnica*, v. 37, n. 1, p. 96-104, 2016.

- SILVA, G.R.; SILVA JUNIOR, M.L.; MELO, V.S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo amarelo do estado do Pará. **Acta amazônica**. Manaus, v. 36, n. 2, p. 151-157, 2006.
- SILVA, L. P. da; COSTA, C. C. da S.; SOUZA, E. S. de; TEIXEIRA, R. A.; FERNANDES, A. R. Teores totais e disponíveis de cálcio e magnésio em solos no estado do Pará. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 25., 2015, Natal. Anais [...] Natal, 2015.
- SILVA, R. A. da, J. E., MEDRADO, M. J. S., RIGOLIN, I. M. Sistemas integrados de produção: O novo desafio para a agropecuária brasileira. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n.1, Jan-Jun. 2014
- SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R.; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, set. 2010.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELLI, R. S.; TOMM, G. O.; Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.533-542, 2004.
- TOWNSEND, C. R.; PASSOS, A. M. A. dos; GODINHO, V. de P. C.; MARCOLAN, A. L.; UTUMI, M. M.; BOTELHO, F. J. E.; TEIXEIRA, J. F.; OLIVEIRA, S. J. de M.; ARAUJO, L. V. de; TEIXEIRA, C. A. D.; COSTA, J. N. M. iLPF como alternativa sustentável de recuperação de pastagem degradada em Porto Velho, Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2013. 28 p.
- VEIGA, J. B. da; ALVES, C. P.; MARQUES, L. C. T.; VEIGA, D. F. da. Sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 62f.
- WITSCHORECK R, SCHUMACHER MV, CALDEIRA MVW (2003) Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake no município de Santa Maria-RS. *Revista Arvore* 27:177–183. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000200008>

### 3 AVALIAÇÃO TEMPORAL DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CORPOS D'ÁGUA SOB CONDIÇÕES EDAFO-CLIMÁTICAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

**Daynara Costa Vieira**

#### RESUMO

Com o aumento em larga escala da produção agrícola mundial novas alternativas de produção vem sendo incorporadas no cenário mundial. Os sistemas integrados de agricultura, pecuária e floresta (iCLF) ganharam destaque nas últimas décadas como alternativa ao uso sustentável da terra. Assim, objetivou-se avaliar os impactos os parâmetros químicos físicos da água em um sistemas de integração lavoura pecuária- floresta, pastagem contínua, floresta homogênea de mogno comparado a uma floresta secundária usada como testemunha. A área está localizada no município de Terra Alta, PA no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental. As coletas foram realizadas nos períodos de baixa e alta pluviosidade.. Com relação a qualidade da água foram analisados parâmetros físico-químicas da mesma, tais como, pH, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, acidez, turbidez, cor, íons maiores e nutrientes :Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sup>3-</sup>, NO<sup>2-</sup>, NH<sup>4+</sup> e PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> l em uma área de influência direta do experimento, a montante e a jusante do mesmo. Os resultados demonstraram que houve uma variação nos atributos químicos dos solos com incremento de (M.O, K, Ca e Mg) em sistemas associados a componentes florestais IPF-T, IPF-M E FM sobretudo em períodos chuvosos, com relação a qualidade da água observou-se que a sazonalidade exerceu influência nos parâmetros, devido a interferência da chuva no intemperismo e lixiviação do solo e alterações no níveis de pH e amônia possivelmente relacionadas à práticas agrícolas.

**Palavras-chave:** Sistemas de integração; Fertilidade do solo. Amazônia Oriental; corpos hídricos; Teca. Mogno Africano.

### 3.1 Introdução

Atualmente as práticas agrícolas adotadas na agricultura convencional, vem contribuindo com a diminuição contínua da qualidade do mesmo, resultando em baixas produtividades e com perdas de sua sustentabilidade. É imprescindível produzir de forma mais sustentável, onde os impactos ambientais sejam minimizados e os recursos naturais protegidos. A preservação ambiental é algo que deve ser colocada em prática por todas as organizações e pessoas, uma vez que os recursos disponíveis estão se tornando cada vez mais escassos, prejudicando os segmentos produtivos no mundo.(ALMEIDA, 2012).

A água é um elemento imprescindível para existência e manutenção da vida, o Brasil é um dos países com uma das maiores reservas de água doce do mundo, com cerca de 15% do volume hídrico mundial (PÓVOAS et al., 2020)

Legislações específicas vigoram no Brasil a respeito da qualidade das águas. Entre elas está a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 2005 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, estabelecendo limites individuais a cada substância a ser analisada.

Diversos estudos têm sido realizados com o intuito de se identificar sistemas alternativo de manejo que promovam aumento na qualidade do solo e da água e atenuem as consequências de décadas de uso intensivo do solo (SALMI et al., 2009). Entre os vários sistemas integrados de produção, o que vem apresentando maior destaque é o Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), que tem por definição a produção sustentável de carne, leite, grãos, fibra, energia com a combinação de espécies florestais, , na mesma área, em plantio consorciado, em sucessão ou rotacionado, buscando efeitos sinérgicos e potencializadores entre os componentes envolvidos naquele agroecossistema. (KICHEL , 2012).

Dentre inúmeros benefícios dos SILPFs destacam-se sua eficiência em garantir índices de recuperação qualitativos mais significativos quando comparados as técnicas convencionais. devido a diversidade de espécies arbóreas que propiciam um microclima ameno dando subsídios à saúde e bem estar animal e ambiental; diminuição de impactos erosivos ao solo, , aumento da biodiversidade, auxílio na recuperação produtiva do solo, melhora na infiltração de água e a ciclagem de nutrientes, alteração positiva nas características químicas, físicas e biológicas do solo, , aumento na geração de renda por área :, contribuição no sequestro de carbono e mitigação de emissão de gases de efeito estufa (PEDREIRA et al., 2014).

Nas experiências com SILF realizadas na região Norte pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e por parceiros, destaca-se os arranjos de sistemas de ILPF que incluem, principalmente, as seguintes espécies florestais : Mogno Africano (*Khaya Grandifoliola*), Teca (*Tectona grandis*), eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) e paricá (*Schizolobium amazonicum*); agrícola, com milho e feijão-caupi; e forragem, com *Brachiaria ruziziensis* (GODINHO et al., 2010).

Observa-se um interesse com iniciativas promissoras nessa região, contudo, certas limitações como falta de persistência da pastagem sob as árvores, danos às árvores provocados pelos animais e crescimento reduzido do componente arbóreo (VEIGA et al., 2000) ainda são empecilhos para a popularização dos ILPFs nessa região, logo, são imprescindíveis mais estudos a respeito dos possíveis arranjos e suas implicações nesse bioma. Espera-se que os resultados obtidos nessa pesquisa ressaltem os efeitos positivos da utilização de SILPF nos atributos químicos e qualidade da água da região avaliada.

Assim, o conhecimento sobre os processos de manejo do solo e sua relação com o entorno é fundamental para a gestão eficiente do sistema. Os resultados de Araújo (2020) mostraram correlações significativas entre os parâmetros de qualidade da água e o uso e a ocupação do solo. Os locais mais antropizados foram responsáveis por uma maior degradação da qualidade da água para os parâmetros: Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos, Condutividade Elétrica e Fósforo Total.

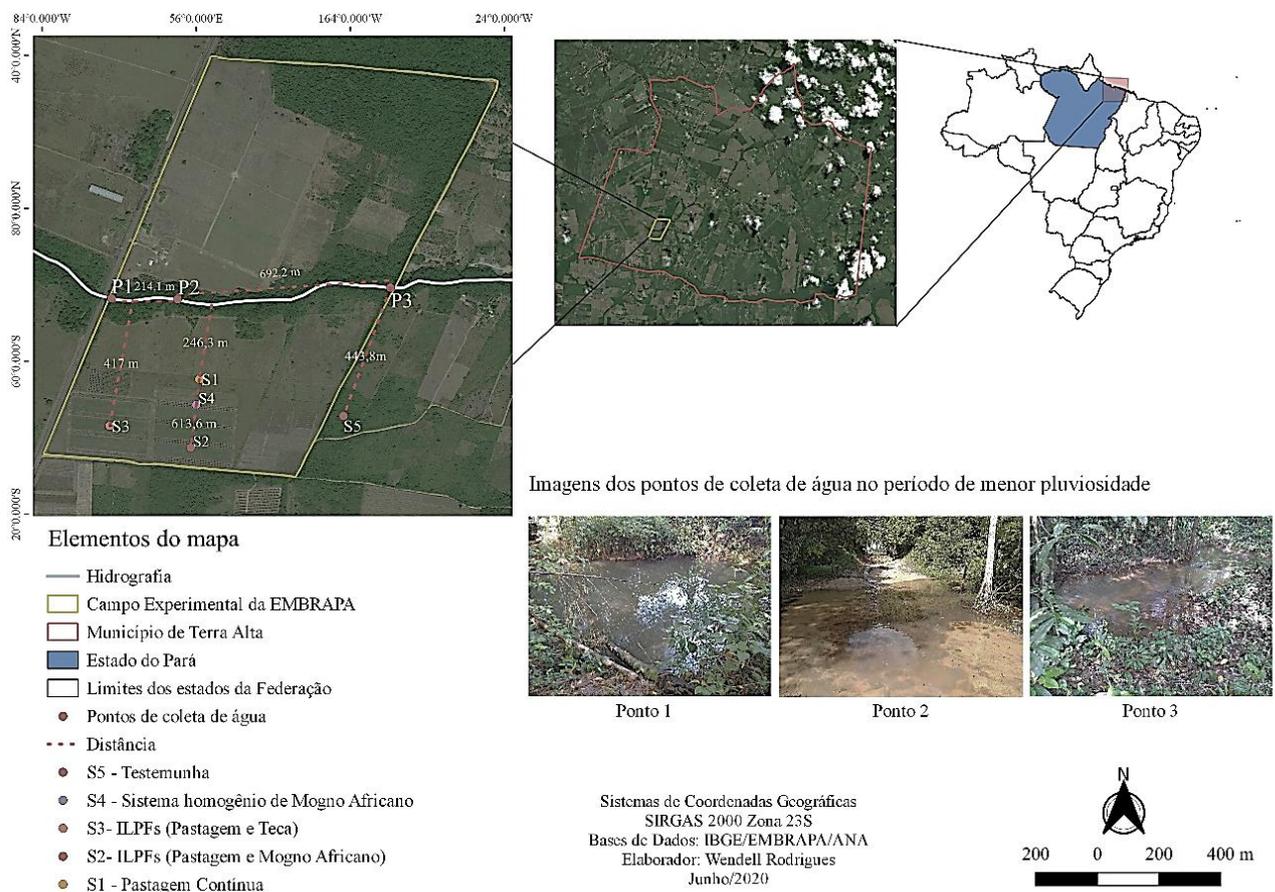
Afim de contribuir para a compreensão e avanços no conhecimento da dinâmica e sustentabilidade dos sistemas de integração na Amazônia o presente trabalho objetivou avaliar o impacto da variação pluviométrica na qualidade da água na Amazônia oriental através de da análise dos parâmetros físico químicos e características de corpos d'água sob influência direta e indireta destes sistemas de uso (integração lavoura-pecuária-floresta, pastagens e monocultivo).

## **3.2 Material e Métodos**

### **1.1. Caracterização do local de estudo**

A área do estudo está localizada na região nordeste paraense, descrita como parte Microrregião Salgado composta por 11 municípios, onde está inclusa no Campo Experimental de Terra Alta (Terra Alta, PA) da Embrapa Amazônia Oriental (Belém, PA), a uma altitude de 35 metros, 01°02'28" S de latitude e 47°54'27" W de longitude, originalmente sob vegetação da Amazônia Legal. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo textura média, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013).

Adjacente à área experimental está presente um córrego caracterizado como corpo lótico (Figura 1) pertencente a bacia do Atlântico Nordeste Ocidental e a sub bacia do Gurupi (MMA, 2006). Este é classificado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente(CONAMA) nº 357 de 2005, como classe II de águas doces que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura e à atividade de pesca.



**Figura 1.** Pontos de coleta de água na adjacente a Área Experimental Embrapa Amazônia Oriental no município de Terra Alta, PA.

O clima da região é do tipo Af, tropical chuvoso (úmido), segundo classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26,6° C e pluviosidade média anual entre 2.500 e 3.000 mm (Figura 2). O solo é classificado como Latossolo Amarelo textura média, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, o tipo Af, clima tropical chuvoso (úmido), apresentando temperaturas médias anuais de 26°C, máxima de 35°C

e mínima de 18°C. Quanto a precipitação pluviométrica, a média anual varia entre 2.500mm até 3.000mm, sendo concentrados principalmente na época do verão e outono austral, período em que se tem na Amazônia a ação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) em conjunto com os sistemas frontais do Hemisfério Sul e aos movimentos convectivos locais (SEMMAS/PA, 2018).

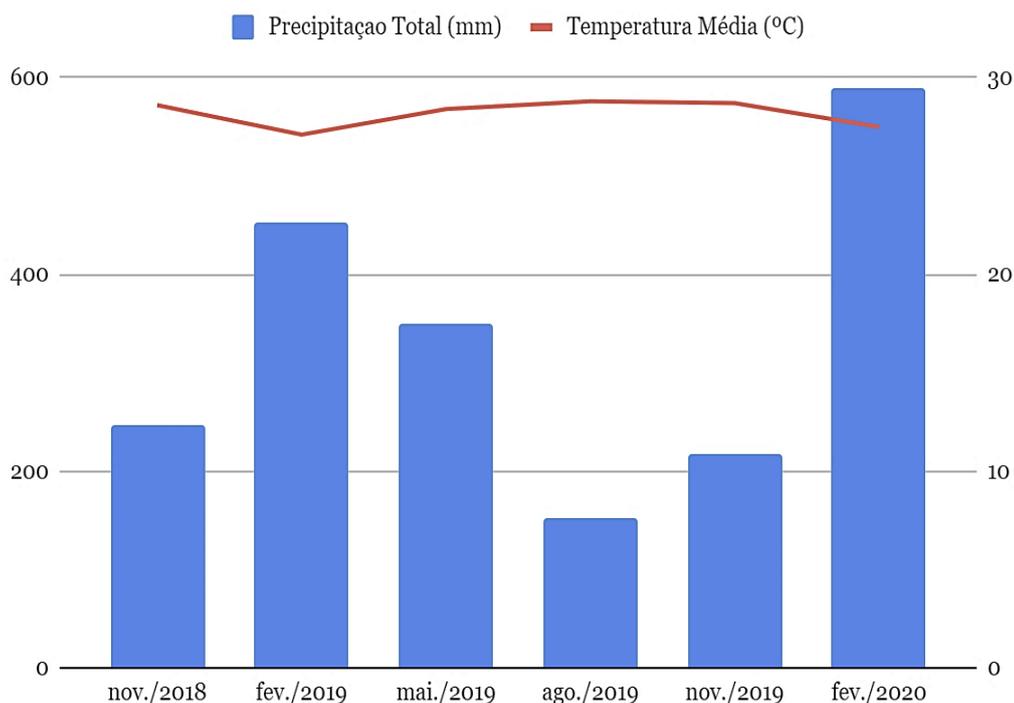


Figura 2. Média mensal de Precipitação em mm e Temperatura em °C da região no período de avaliação do experimento. Fonte: INMET, 2020

O experimento ocupa uma área total de 13,10 ha dividida em: 9,50 ha de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (SILPFs); 2,51 ha de pastagem, 0,65 de lavoura homogênea, além de uma área de 0,44 ha de floresta homogênea em um espaçamento 5 x 5 metros de Mogno Africano. Nas áreas de SILPFs, as espécies arbóreas Teca (*Tectonia grandis*) estão espaçadas em 3 x 3 metros com quatro linhas da espécie florestal e o Mogno Africano (*Khaya ivorensise*), em 5 x 5 metros com três linhas da espécie florestal, intercaladas a uma distância de 50 metros entre renques para a plantação das culturas anuais e de forragem.

No ano de 2009 essa área continha forrageira capim quicuiu (*Brachiaria humidicola*) e foi inicialmente arada e gradeada, sendo realizada a aplicação de 1500 kg de calcário por

hectare. As espécies arbóreas foram plantadas em fevereiro de 2009, com adubação em cova com 300 g de fosfato Arad. Foram realizadas duas adubações de cobertura, sendo uma no início de março do mesmo ano com aplicação de 60 g de uréia e 40 g de KCl por cova e a segunda, realizada em maio do mesmo ano após um coroamento das mudas, com aplicação de 100 g por cova da formulação 20-00-20. As espécies florestais receberam anualmente adubações NPK até 2012.

Entre 2012 e 2018 nos sistemas de integração pecuária-floresta foi mantido o componente animal búfalo, com quatro animais com média de 300 kg por área. Em 2018 foi realizada adubação de manutenção da pastagem com superfosfato simples (90 kg/ha de  $P_2O_5$ ) e cloreto de potássio (50 kg/ha de  $K_2O$ ) e uréia, parcelada nos intervalos de manejo do rebanho a um nível de 250 kg de N por hectare. Em 2019 os bubalinos foram substituídos por bovinos, ficando 4 garrotes por piquetes com média de 280 kg/garrote.

No período de avaliação deste projeto os sistemas de lavoura não ocupavam a área. O histórico das áreas de integração lavoura-floresta foi: em fevereiro de 2009, o milho cultivar BRS 1030, foi a primeira cultura anual a ser plantada tendo sido realizada uma adubação básica com aplicação de 330 Kg da formulação 10-28-20. Também foi feita a adubação de cobertura em março do mesmo ano com aplicação de 200 Kg/ha da formulação 20-00-20. A colheita do milho foi realizada manualmente no final de julho e início de agosto de 2009. Com a colheita do milho foi realizada uma roçada na área e aplicado 3,5 L/ha do herbicida *Glyphosate*. Posteriormente, iniciou-se o cultivo de feijão Caupi.

Assim, os cinco sistemas avaliados quanto aos seus atributos químicos do solo em diferentes profundidades foram: S1 (PST) – pastagem contínua; S2 (IPF-M) – ILPFs, uso atual de pastagem (*Brachiaria brizantha*) e Mogno Africano (*Khaya ivorensise*) e; S3 (IPF-T) – ILPFs, uso atual de pastagem (*Brachiaria brizantha*) e Teca (*Tectonia grandis*); S4 (FM) – Sistema homogêneo de floresta de Mogno Africano (*Khaya ivorensise*) e S5 (FS) – Área de Floresta Secundária (Testemunha).

### ***Amostragem de solos***

Para a amostragem dos solos levou-se em consideração a sazonalidade das chuvas na região. Assim, as coletas foram realizadas nos meses de novembro de 2018, fevereiro, maio, agosto e novembro de 2019 e, fevereiro de 2020. A amostragem para fins de fertilidade contou com 15 amostras simples para constituir uma amostra composta por área, totalizando três amostras compostas por sistema, na profundidade de 0 a 20 cm. As amostras foram dispostas em sacos plásticos, etiquetadas e também armazenadas em um isopor.

Para os atributos químicos, as amostras de solos foram secas ao ar (TFSA) e peneiradas em peneiras de 2 mm de malha. As determinações do pH foram realizadas pela relação solo: solução de 1:2,5, em água e KCl 1 mol L<sup>-1</sup> com a realização da leitura em suspensão com tempo de contato de uma hora. Cálcio e Magnésio trocáveis foram determinados por meio da extração com solução KCl N e determinação complexiométrica em presença dos indicadores eriochrome e murexida ou calcon.

O Potássio trocável e o Fósforo disponível foram extraídos utilizando a solução Mehlich-1 e posterior determinado por espectrofotometria e otômetro de Chama, respectivamente. A acidez trocável (H+Al) foi extraída com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e posteriormente determinada por meio da solução de NaOH, tendo como indicador a fenolftaleína. Para a determinação de Al trocável foi realizada a extração com solução KCl N e determinação volumétrica com solução diluída de NaOH. As análises foram realizadas nos Laboratórios de Solos da Embrapa Amazônia Oriental seguindo a metodologia da EMBRAPA (2017).

### ***Coleta de água e análises em campo***

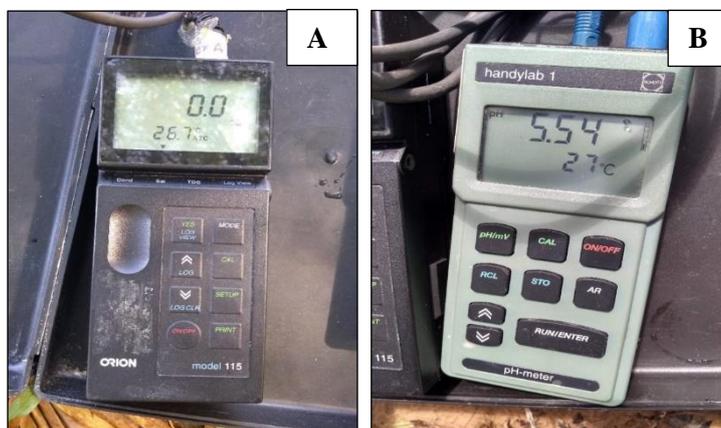
A amostragem da água foi realizada em três pontos do córrego adjacente a área experimental (Tabela 1), no período de novembro de 2018 a fevereiro de 2020, por 6 vezes, ou seja, levando-se em conta a sazonalidade da região, ocorrendo coletas no período de baixa e de alta pluviosidade. A escolha dos pontos de coleta foi feita a fim analisar as propriedades físico-químicas da água no córrego ao longo da área de estudo, sendo que, o ponto 1 está localizado montante da área experimental, à beira da rodovia PA-136; O ponto 2 está localizado dentro da área experimental; e o ponto 3, a jusante a área de estudo.

**Tabela 1:** Coordenadas geográficas dos pontos da coleta de água.

Ponto 1	S01°01'19.8" W 47°53'59.8"
Ponto 2	S 01°01'18.8" W 47°53'51.8"
Ponto 3	S 01°01'18.1" W47°53'29.9"

As análises *in loco* foram realizadas com a utilização da sonda ORION-model 115 (Figura 3a), sendo avaliado os seguintes parâmetros: teores de sólidos totais (TDS),

Condutividade elétrica (CE) e salinidade. O pH foi avaliado através do Potenciômetro – pHmetro handylab1 (Figura 3b).



**Figura 3.** Sondas utilizadas em campo para medição dos parâmetros avaliados no estudo: a) ORION-model 115; b) – pHmetro handylab1.

Para a coleta de água foram utilizados recipientes devidamente higienizados com água destilada para o armazenamento das amostras, que foram preservadas e acondicionadas em caixas térmicas e levadas ao Laboratório de Hidroquímica da Universidade Federal do Pará para a realização das demais análises. As amostragens foram realizadas seguindo as especificações do guia de coleta e preservação da CETESB (2007) acondicionados corretamente e os resultados foram interpretados a partir dos padrões de classe II da CONAMA 357/2005.

### *Análises laboratoriais – Água*

Os parâmetros quantificados em laboratório foram: alcalinidade, turbidez, dureza, cloreto, amônia, nitrato,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_3$  e  $\text{P}_{\text{total}}$ . Para análise de turbidez foi utilizado o 2100P TURBIDIMETER e o Portable Datalogging Spectrophotometer – DR/2010, para análises de  $\text{NH}_3^-$  e  $\text{NO}_3^-$  (Figura 4).



**Figura 4.** Sondas utilizados no laboratório: a) 2100P TURBIDIMETER; b) Portable Datalogging Spectrophotometer – DR/2010.

A determinação da Alcalinidade se deu através da titulação com a Sulfúrico, foram separados 50 ml das amostras em Erlenmeyer e adicionou-se 3 gotas da solução indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila e a amostra foi titulada com a solução de Ácido Sulfúrico 0,02 N até a mudança da cor azul-esverdeada para róseo. Por fim, anotou-se o volume total de  $H_2SO_4$  gasto (V) em ml (FUNASA, 2014). Para o cálculo foi utilizada a equação 7.

$$\text{Alcalinidade total em mg/l de } CaCO_3 = V \times 20$$

Onde,

V= Volume total de  $H_2SO_4$  gasto em ml.

Para a determinação da Dureza foi utilizada a titulação com EDTA, sendo separados 25 ml das amostras e diluídos com 50 ml de água destilada em um balão volumétrico. Em seguida a amostra foi transferida para um balão de 100 mL para ser adicionado 1 ml da solução tampão para elevar o pH. Após a elevação do pH, amostra foi transferida para um frasco Erlenmeyer de 250 ml onde foi adicionado 0,05 gramas do Indicador Eriochrome Black T. Por fim, a amostra foi titulada com EDTA 0,01M agitando continuamente até o desaparecimento da cor púrpura avermelhada e o aparecimento da cor azul. Com o volume de EDTA gasto anotado, realizou-se uma prova em branco com água destilada. O valor obtido na titulação na prova em branco foi subtraído do volume de EDTA gasto na titulação da amostra, a diferença é o volume que foi aplicado no cálculo da equação 8:

$$\text{Dureza Total em mg/lCaCO}_3 = \frac{\text{ml de EDTA} \times 1000 \times F_c}{\text{ml de amostra}}$$

Onde,

Volume de EDTA gasto (ml);

F<sub>c</sub>: Fator de correção do EDTA quando houver e for diferente de 1.

Para determinação de cloreto, a titulação é feita com nitrato de prata. Para tanto, foi separado 100 ml da amostra em um Erlenmeyer, onde foi adicionado 1 ml da solução indicadora de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> e titulado com a Solução Padrão de Nitrato de Prata 0,0141 N até a viragem para amarelo avermelhado que é o ponto final da titulação. Anotou-se o volume gasto na titulação e realizou-se a branco da mesma maneira que a amostra. Para o cálculo do cloreto, foi utilizada a equação 9.

$$\text{mg/l Cl} = \frac{(A - B) \times N \times 35.450}{\text{ml da amostra}}$$

Onde:

A = ml do titulante gasto na amostra;

B = ml do titulante gasto no branco;

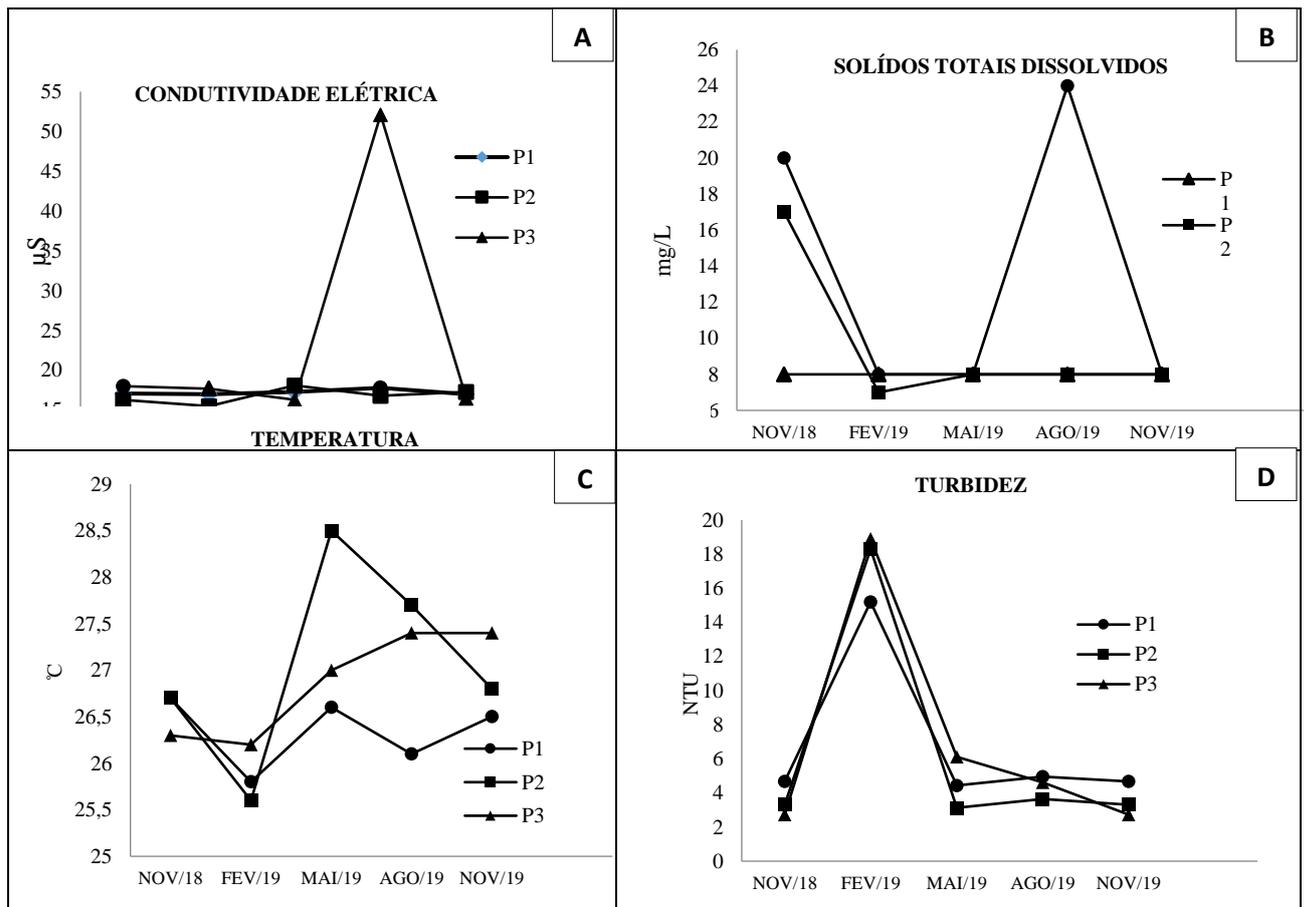
N = Normalidade do titulante;

### *Análise de dados*

Foi aplicada a análise de variância (ANOVA) e o teste Tukey de comparação de médias ao nível de 5%, ambos sendo realizados nos softwares R studio 1.2 e ASSISTAT 7.7. Para dados de água, a partir dos dados obtidos foram criados gráficos, gerados pelo Excel, de comparação entre os parâmetros e os resultados de coleta para uma melhor visualização da diferenciação quantitativa entre eles.

### 3 Resultados e Discussão

Com relação aos parâmetros físico-químicas de corpos d'água sob influência dos sistemas avaliados constatou-se que a condutividade elétrica (CE) e os teores de sólidos totais dissolvidos (STD) foram maiores no ponto 3 (P3), à jusante à área experimental no período de menor precipitação (Figuras 5A e 7B). Esteves *et al.* (2011) observaram que há a redução do volume do corpo d'água em períodos mais secos do ano, com uma maior concentração desses íons e sólidos. Além disso, os STD estão relacionados diretamente com a condutividade elétrica. A média dos valores de STD do ponto 1 foi a menor dentre todos outros pontos. Neste ponto, não há fluxo de animais e há cobertura vegetal intacta, ajudando a diminuir o escoamento superficial. De acordo com o CONAMA 357/2005 o valor máximo para STD é de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , para as Classes II. Neste trabalho CE e STD não atingiram os níveis máximos determinados pela resolução, analisando-os como aceitáveis.

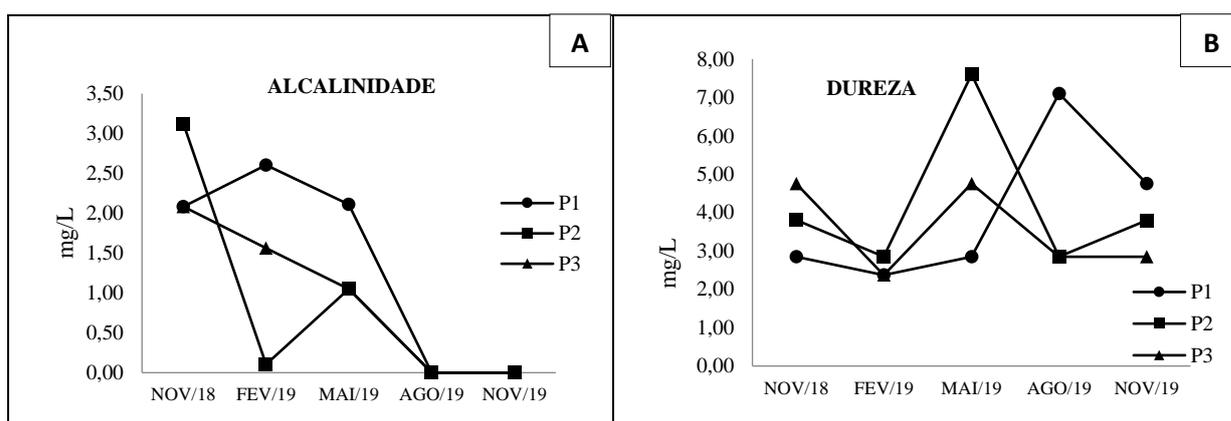


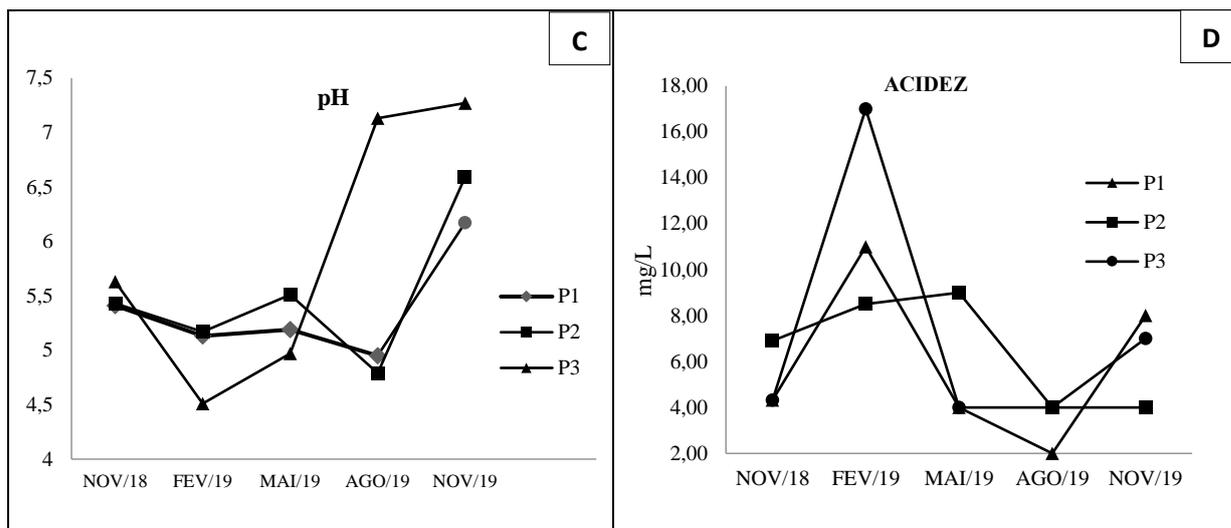
**Figura 5:** Características físico-químicas de amostras de água sob influência de sistemas de uso do solo na Amazônia Oriental em diferentes meses de avaliação.

Nos meses mais quentes do ano na região de Terra Alta (maio, agosto, novembro) (Figura 3) foram observadas as maiores temperaturas da água em todos os pontos avaliados (Figura 7C). O maior valor para este atributo foi observado no ponto 2, no mês de maio de 2019. Neste ponto ocorre trânsito de animais, há solo descoberto e foi o local de amostragem com menor coluna d'água, sendo relevante para a variável temperatura e a exposição da radiação solar (SANTOS *et al.* 2011).

Não foi observada diferenciação de turbidez entre os pontos, entretanto, foi mostrada variação sazonal para esta variável ambiental. Os maiores valores de turbidez foram observados nos meses de fevereiro em todos os pontos avaliados, período em que foram registrados os maiores índices pluviométricos na região. Sabe-se que quando há a ocorrência de chuva, há interferência nos valores de turbidez pelo carreamento de materiais da superfície para o córrego, elevando a turbidez da água (LUÍZ *et al.* 2012). Entretanto, todas as amostras nos diferentes regimes de pluviosidades não apresentaram valores acima do aceitável pela resolução do CONAMA 357/2005 para padrões de classe II, que permite valores de turbidez até 100 NTU.

Em relação aos resultados de análise química da água, a alcalinidade apresentou maior valor obtido no ponto 2 no mês de novembro de 2018, com 3,13 mg L<sup>-1</sup> (Figura 6A). Segundo a FUNASA (2014) a maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg L<sup>-1</sup>. Esse parâmetro (alcalinidade) não possui relevância quanto aos aspectos sanitários. Contudo, em níveis elevados, pode trazer sabor desagradável (NONASCO *et al.*, 2020).





**Figura 6:** Características físico-químicas de amostras de água sob influência de sistemas de uso do solo na Amazônia Oriental em diferentes meses de avaliação.

Para os valores de dureza, o mês de maio de 2019 apresentou o maior valor, com o ponto 2 atingindo  $7,6 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 6B). Observou-se os valores foram maiores nos meses de menor pluviosidade. Este aumento pode ser atribuído à diminuição do volume de água que pode aumentar a concentração dos íons responsável pela dureza (cálcio e magnésio) (LIMA et al., 2012), como foi constatado no paramento (Figura 9). A relação de cálcio e magnésio com a dureza justifica os resultados, onde a dureza de uma água se refere à quantidade de bicarbonatos, carbonatos, sulfatos ou cloretos de cálcio e magnésio dissolvidos nela. Portanto, quanto maior a quantidade desses sais dissolvidos na água, mais dura ela é considerada (FUNASA, 2014).

A FUNASA (2014) estabelece para dureza o teor de  $500 \text{ mg/L}$  em termos de  $\text{CaCO}_3$  como o valor máximo permitido para água potável, sendo considerado níveis de  $0 - 75 \text{ mg L}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$  água branda ou mole;  $75 - 150$  moderadamente dura;  $150 - 300$  dura e acima de  $300$  muito dura. Todos as amostras analisadas neste trabalho apresentaram valores abaixo de  $8 \text{ mg L}^{-1}$ , assim, sendo classificado como água branda ou mole, de acordo com a FUNASA (2014).

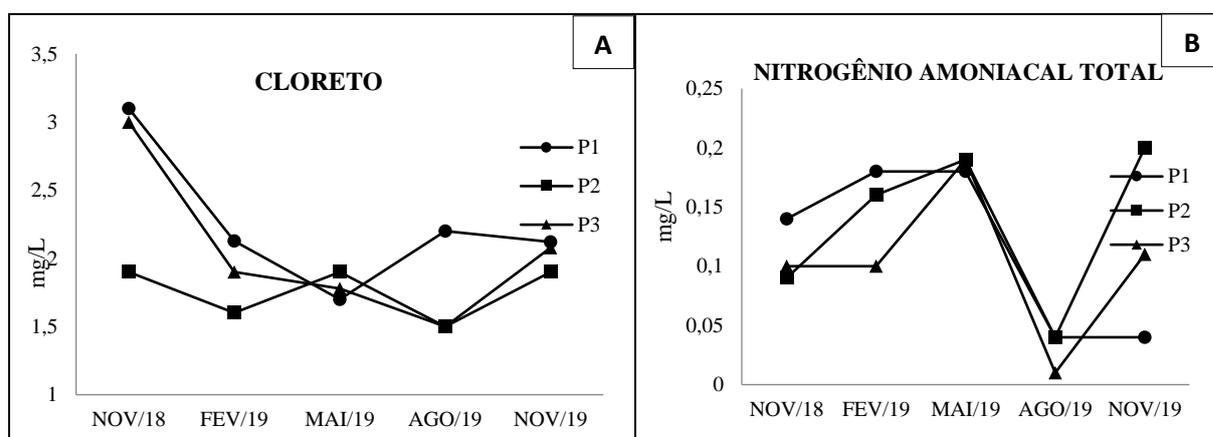
O pH é uma variável importante e de difícil interpretação pela quantidade de fatores que o podem afetar (ESTEVES, 2011). O período de alta a média pluviosidade para os valores de pH foi de  $5,23$  e para o período de baixa pluviosidade foi de  $5,93$  (Figura 6C), com destaque para o ponto 3. Isto pode ser explicado pois o ponto está localizado em área de mata e atribui-se também ao fato deste ponto estar mais distante da área de pasto. Vanzela et al. (2010) verificaram tendência de redução nos valores de pH, provocada pelas áreas agricultadas, e por matas degradadas, moradias rurais e estradas rurais em função do maior escoamento superficial

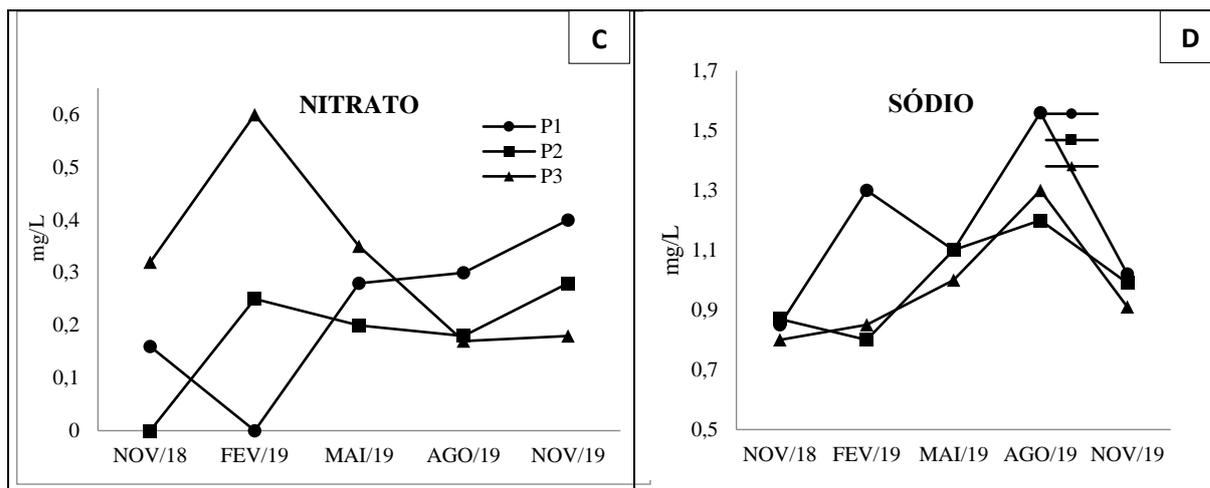
e, conseqüentemente, do maior carregamento de sólidos, dentre os quais a matéria orgânica que proporciona o aumento de sua concentração no leito do manancial.

A quantidade de matéria morta e a decomposição desta exercem grande influência no valor de pH, visto que para haver decomposição desse material muitos ácidos são produzidos (PAVINATO e ROSOLEM, 2008). O CONAMA 357/2005, para águas de classe II, estabelece a faixa para valores de pH entre 6 e 9. Os valores para o período chuvoso apresentaram pH menor que 6, ou seja, valores abaixo do que é exigido como padrão do CONAMA 357/2005. É atribuída a condição naturalmente ácida dos solos da região em conjunto com a maior ação do intemperismo e lixiviação do solo causado pela chuva, por conta disso, as águas da região amazônica apresentam baixo valor de pH (BARBOSA, 2014).

Os maiores valores de acidez da água foram observados em fevereiro de 2019 (Figura 6D), sendo que a acidez total representa o teor de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$  livre, de ácidos minerais, de ácidos orgânicos e sais ácidos fortes (BRAGA, et al., 2021). De acordo com a FUNASA (2014) a distribuição das formas de acidez está em função do pH da água:  $\text{pH} > 8,2$  –  $\text{CO}_2$  livre ausente;  $\text{pH}$  entre 4,5 e 8,2 – acidez carbônica;  $\text{pH} < 4,5$  – acidez por ácidos minerais fortes. De acordo com o pH, a forma de acidez das amostras está na faixa de pH entre 4,5 e 8,2, acidez carbônica.

Em relação ao cloreto, nenhuma amostra de água avaliada apresentou valores fora dos padrões do CONAMA 357/2005, para águas de classe II, onde o valor máximo permitido para este parâmetro é de  $250 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 7A). O cloreto é um dos principais ânions inorgânicos presentes na água e sua concentração é maior em águas residuais do que em água bruta (FUNASA, 2014).





**Figura 7:** Características físico-químicas de amostras de água sob influência direta de sistemas de uso do solo na Amazônia Oriental em diferentes meses de avaliação

Para O nitrogênio amoniacal total, que corresponde a soma dos teores de Nitrogênio Amoniacal na forma ionizada ( $N-NH_3$ ) e não ionizada ( $N-NH_4$ ), Kubitzka (1999) considera valores acima de  $0,20 \text{ mg L}^{-1}$  como suficientes para induzir toxicidade crônica e levar diminuição do crescimento e da tolerância dos peixes a doenças e, níveis de amônia entre  $0,70$  e  $2,40 \text{ mg L}^{-1}$  podem ser letais para os peixes.

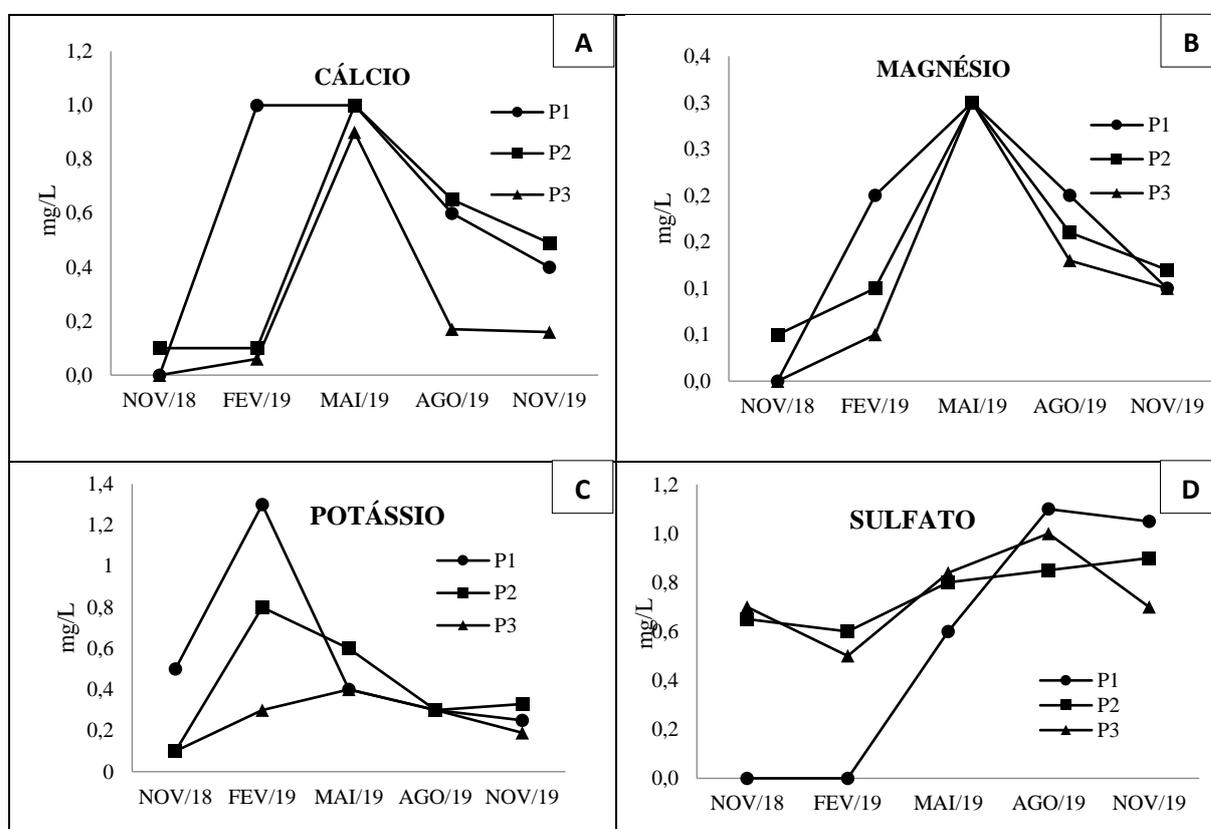
Verificou-se que os maiores valores em fevereiro de 2020, acima de  $0,20 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 8B). Estes por sua vez, são considerados inadequados ao ambiente e sua população (KUBITZA, 1999). As altas concentrações deste parâmetro em águas superficiais podem ser indicação de contaminação por esgoto bruto, efluentes industriais, ou uso inadequado de fertilizantes (EMBRAPA, 2011). Já os demais meses avaliados apresentaram valores abaixo de  $0,20 \text{ mg L}^{-1}$ , sendo esses níveis considerados adequados

As análises para nitrato apontaram que no mês de fevereiro de 2019, o ponto 3 apresentou maior com um pico de  $0,6 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 7C). Isso pode ser atribuído a alta pluviosidade durante o referido mês, podendo ter como consequência a intensificação de um escoamento superficial ou a lixiviação, carregando os nutrientes para o córrego (BARBOSA, 2014). Segundo a resolução do CONAMA nº 357/2005, para classe II, o valor adequado de nitrato para água potável é de até  $10 \text{ mg L}^{-1}$ , portanto, os dados deste estudo são considerados normais.

A legislação brasileira vigente (BRASIL, 2000) não estabelece um limite máximo para a concentração de sódio, potássio (Figura 7D e 8C) e cálcio (Figura 8A) em amostras de água mineral. Apenas exige a declaração no rótulo da expressão “Contém sódio”, quando o produto

contiver mais de  $200 \text{ mg/L}^{-1}$  de sódio. Seguindo esta norma, nenhuma amostra mostrou estar fora do padrão estabelecido.

Cálcio e Magnésio (Figura 8B) apresentaram um padrão de comportamento nas análises, com maiores valores nos meses de maior intensidade de chuva. Isso pode ocorrer, dentre outras coisas, devido ao processo de lixiviação, sendo estes elementos presentes em substâncias para correção do solo. A ingestão de água com excesso deste elemento pode provocar efeitos laxantes. A contaminação das águas por este metal é rara e em geral relacionada a descargas industriais (VAITSMAN, 2005). Piratoba et al. (2017) obtiveram como resultado das análises de águas superficiais da região, teores médios e inferiores a  $3 \text{ mg/L}$ . Sendo assim, os valores para potássio apresentaram valores dentro do padrão (PIRATOBA et al., 2017).



**Figura 8:** Características físico-químicas de amostras de água sob influência direta de sistemas de uso do solo na Amazônia Oriental em diferentes meses de avaliação

Para o Sulfato, o limite permitido pela legislação é de  $250 \text{ mg/L}^{-1} \text{ SO}_4$  para águas classe 2. Nesta pesquisa, os valores observados encontram-se abaixo limite legal. Os sulfatos são raramente deficientes nos organismos vivos e nas águas, apresentam reduzida toxicidade (VAITSMAN, 2005). O sulfato é um indicador de presença de descartes industriais em corpos d'água, o que justifica as baixas concentrações de sulfatos neste estudo, não excedendo o valor de  $1,50 \text{ mg/L}$  em águas coletadas em área de proteção. Os valores de fósforo nas amostras

coletadas estavam abaixo do limite de detecção do equipamento utilizado nas análises. Devido a área experimental não sofrer ações de impacto de maquinário no solo, e nem agrotóxicos, pode-se explicar a normalidade do parâmetro analisado.

#### **4 Conclusão**

A sazonalidade e as condições edafoclimáticas exerceram influência nos parâmetros estudados, provavelmente relacionados ao processo de lixiviação dos nutrientes do solo, mais intenso nos períodos chuvosos. Os resultados dos parâmetros TDS, turbidez, temperatura, nitrato e cloreto se enquadram na resolução CONAMA 357/2005, que trata sobre a padronização das classes de corpos hídricos, em que o córrego estudado está inserido na classe II.

Por outro lado, os valores de pH e amônia especialmente no período chuvoso de 2020 estavam em desacordo com o que está estabelecido na legislação, o que pode ser atribuído as condições edafoclimáticas da região assim como a composição físico-química do solo.

Pode-se constatar que o corpo hídrico vem sofrendo alterações sendo interessante um monitoramento por maior período de tempo.

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, P. C. R.; STONE, L. F.; MEDEIROS, J. C.; MADARI, B.; OLIVEIRA, J. M.; BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO-DASILVA, V.; MORAES, A. de; MARTINEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. dos; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1-22, 2011
- BARBOSA, H. M. S. Intemperismo biogeoquímico e ciclagem de nitrogênio pela interação do líquen *Cladonia substellata* Vainio com granito e basalto. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutora em Geografia. Recife, 2014.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle Density 1. Methods of soil analysis: Part 1—Physical and mineralogical methods, n. *methodsofsoilan* 1, p. 377-382, 1986.
- BRAGA, et al. Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2021.
- BRASIL. Lei 9.984, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial da União, 18 jul. 2000.
- BRASIL, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria nº 518/2004. Normas e Padrões de Potabilidade de Água Destinada ao Consumo Humano. Brasília: Editora do Ministério da Saúde. 2005.
- CARMO, M.; CUNICO, J.; SANTOS, M.; SILVA, P.; SIQUEIRA, M. Densidade e porosidade do solo em pastagem recuperada e degradada, na Amazônia Ocidental. *Centro Científico Conhecer*. Goiânia, v.5, n.9; p. 153. 2018.
- COSTA, N. R.; Andreotti, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L. A.; FERREIRA, J. P.; Pariz, C. M.; BONINI, C. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Online), v. 39, p. 852-863, 2015.
- CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; BRASIL, E. C. Calagem em Latossolo amarelo distrófico da Amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 895-908, 2012
- DE PAULA, M. T. et al. **Avaliação da dinâmica dos atributos químicos do solo em sistemas agroflorestais no município de Santa Bárbara-PA**, Amazônia-Brasil. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, n. 201, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos e análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 2112 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Amazônia Oriental. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará. Belém: Embrapa. Amazônia Oriental, 2010, 262 p.

- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. 1ª edição, 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª edição. Embrapa Brasília, DF 2018
- ESTEVEZ, F. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.
- FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 417-428, 2012.
- FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; SOUZA JÚNIOR, P. R.; CAMPOS, M. C. C. Análises multivariadas de atributos químicos do solo para caracterização de ambientes. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 8, n. 2, p. 155-164, 2014
- FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p
- GAMA, J. R. N. F. Solos: manejo e interpretação. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 183 p.
- GODINHO, V. P. C.; UTUMI, M. M.; BROGIN, R. L.; FERNANDES, P. C. C.; PINTO, D. M. I Workshop Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, p 118, 2010.
- GONÇALVES, A. D. A. Integração lavoura-pecuária-silvicultura na recuperação de pastagens degradadas no Cerrado Mineiro. 2016. 29f. Monografia (Especialização em Meio Ambiente). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. São João Evangelista, 2016.
- KARLEN, D.L. & STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BZEDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, p.53-72, 1994
- KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) – Experiências no Brasil. *Boletim de Indústria Animal*, 2014. 95 p.
- KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. Piracicaba: ESALQ. (1999).
- LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, F. das C.; CASTRO, A. A. J. F. Estoques da serapilheira acumulada e teores de nutrientes em Argissolo sob manejo agroflorestal no norte do Piauí. *Revista Árvore*, v.34, p.75-84, 2010.

- LIMA, A. M.; SANTOS, F. F. Análise das Propriedades Físico-Químicas e de Metais Potencialmente Tóxicos na Água do Rio Claro, Próximo a Cidade de Jataí - GO. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, Vol.14, nº 2, Jul/Dez 2012.
- LUÍZ, Â. M. E.; PINTO, M. L. C.; SCHEFFER, E. W. O. Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio taquaral, São Mateus do Sul-PR. *Raega - O Espaço Geográfico em Análise*, [S.l.], v. 24, mar. 2012. ISSN 2177-2738. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/26264>>. Acesso em: 16 june 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v24i0.26264>.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Interpretação da análise do solo: conceitos e aplicações. São Paulo: ANDA. Comitê de Pesquisa Técnico, 2004. 50 p
- MACEDO, M. C. M.; ARAUJO, A. R. de. Sistemas de integração lavoura-pecuária: alternativas para recuperação de pastagens degradadas. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). *Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: a produção sustentável*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 27-48.
- MACHADO, L.V.; RANGEL, O.J.P.; MENDONÇA, E.S.; MACHADO, R.V.; FERRARI, J.L. Fertilidade e compartimento da matéria orgânica sob diferentes sistemas de manejo. *Coffee Science*, Lavras, v. 9, n. 3, p. 289-299, jul./set. 2014
- MAIA, C. M. B. F; PARRON, L. M. Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). *Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília, DF: Embrapa, 2006. p. 101-108.
- Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2017.
- MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento Plano ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. 2016.
- MARTINS LFS, POGGIANI F, OLIVEIRA FR, GUEDES MC, GONC, ALVESJLM (2004) Características do sistema radicular das árvores de *Eucalyptus grandis* em resposta à aplicação de doses crescentes de bio sólido. *Scientia Florestalis* 65:207–218
- MARTINKOSKI, L., VOGEL, G. F., JADOSKI, S. O., & WATZLAWICK, L. F. Qualidade física do solo sob manejo silvipastoril e floresta secundária. *Floresta e Ambiente*, v. 24, 2017.
- more, I.B.B.G. Emprego de geotêxteis não tecidos na percolação em solo arenoso com disposição de esgoto tratado sob condições anaeróbias. 2016. 34f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia, Natal-RN, 2016
- MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D. da; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. DE. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. *CES Revista*, v. 24, p. 13-29, 2010

- MILINDRO, I. F. et al. Atributos químicos como indicadores de qualidade do solo sob manejo agroecológico. *Cadernos de Agroecologia*, Belém, v. 10, n. 3, p. 1-5, out. 2016.
- 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/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 1, p. 14-20, 2015.
- MORAES SÁ, J. C; CERRI, C. C; LAL, R; DICK, W. A; PICCOLO, M.C; FEIGL, B. E. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, v.104, p.56-64, 2009.
- NONASCO, G. M; GAMA, E. M; REIS, B. M; REIS. A. C. P; GOMES, F. J. S; MATOS, R. P. Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. *RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG*, v. 2, n. 2, mai./ago. 2020. ISSN: 2674-9270. Disponível em: <http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital>.
- OLIVEIRA, A. N de; OLIVEIRA, A. N de; SILVA, K. R.; SILVA, J. de A. da; MELLO, A. H. de. Atributos químicos de solo sob diferentes sistemas de uso e manejo no projeto de assentamento Veneza - São Domingos do Araguaia, PA. *Revista Agroecossistemas*, v. 9, n. 1, p. 170-179, 2017
- OLIVEIRA, B. S.; CARVALHO, M. A. C.; LANGE, A.; WRUCK, F. J.; DALLACORT, R.; SILVA, V. P.; BAREA, M. Atributos físicos do solo em Sistema De Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, na região Amazônica. *Revista Espacios*, v. 38, p. 8, 2017.
- OLIVEIRA, T. K. de. Sistemas integrados na Amazônia brasileira: experiências demonstrativas e resultados de pesquisa. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. de (Ed.). *Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável*. Brasília, DF: Embrapa; Senar, 2015.
- PAVINATO, PAULO SÉRGIO E ROSOLEM, CIRO ANTÔNIO. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* [online]. 2008, v. 32, n. 3 [Acessado 14 Julho 2021] , pp. 911-920. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300001>>. Epub 15 Ago 2008. ISSN 1806-9657. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300001>.
- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília: Embrapa, 2015. 370 p.
- PEDREIRA, B. C. e; BEHLING, M.; WRUCK, F. J.; ANTONIO, D. B. A.; MENEGUCI, J. L. P.; CARNEVALLI, R. A.; LOPES, L. B.; TONINI, H. Sistemas De Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In *Simpósio de Pecuária Integrada*, 1. 2014. Brasília; Anais [...] Brasília: Embrapa, 2014. p.259-294.
- PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F. Propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. *Scientia agrícola*, v. 57, n. 3, p. 531-537, 2000.

- PIRATOBA, ALBA ROCIO AGUILAR ET AL. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Rev. Ambient. Água*, Taubaté, v. 12, n. 3, p. 435-456, May 2017. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.phpscript=sci\\_arttext&pid=S1980993X2017000300435&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.phpscript=sci_arttext&pid=S1980993X2017000300435&lng=en&nrm=iso)>.
- PÓVOAS, L.V. et al. Avaliação físicoquímica e microbiológica da qualidade da água do rio Cachoeira, Bahia, BR. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 61258-61269, 2020.
- PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI M., A. Guia de interpretação de análise de solo e foliar. Vitória, ES. Incaper, 2013. 104 p.
- R Development Core Team, 2016. R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Available online: <http://www.R-project.org>
- RADOMSKI, M.I.; RIBASKI, J. Sistemas silvipastoris: aspectos da pesquisa com eucalipto e grevilea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 40p.
- RIBEIRO, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H (Ed.) Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, 1999, 359 p.
- ROSSETTI, K. de V.; CENTURION, J. F. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronossequência sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 252-258, 2015.
- SALES, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; MIRANDA, B. M. Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia Legal. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 1, p. 1-15, jan./mar. 2018.
- SALMI, A. P.; DUERRA, J. G. M.; RISSO, J. A. M. Teores de nutrientes na biomassa aérea da leguminosa *Flemingia macropylla*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, p.1013-1017, 2009.
- SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M. BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1339-1348. 2011.
- SANTOS, H. P. DOS; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O.; Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy** (Online), Maringá, v. 31, n. 4, p. 719-727, 2009.
- SILVA R.L.; MATIAS S.S.R.; LOBATO M.G.R; NOBREGA J.C.A. Atributos físicos do solo em diferentes coberturas vegetais na região do Piauí. **Revista Caatinga** 2014; 27(3): 160-168.
- SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C. Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. *Agropecuária Técnica*, v. 37, n. 1, p. 96-104, 2016.

- SILVA, G.R.; SILVA JUNIOR, M.L.; MELO, V.S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo amarelo do estado do Pará. **Acta amazônica**. Manaus, v. 36, n. 2, p. 151-157, 2006.
- SILVA, L. P. da; COSTA, C. C. da S.; SOUZA, E. S. de; TEIXEIRA, R. A.; FERNANDES, A. R. Teores totais e disponíveis de cálcio e magnésio em solos no estado do Pará. In. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 25., 2015, Natal. Anais [...] Natal, 2015.
- SILVA, R. A. da, J. E., MEDRADO, M. J. S., RIGOLIN, I. M. Sistemas integrados de produção: O novo desafio para a agropecuária brasileira. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n.1, Jan-Jun. 2014
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELLI, R. S.; TOMM, G. O.; Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.533-542, 2004.
- TOWNSEND, C. R.; PASSOS, A. M. A. dos; GODINHO, V. de P. C.; MARCOLAN, A. L.; UTUMI, M. M.; BOTELHO, F. J. E.; TEIXEIRA, J. F.; OLIVEIRA, S. J. de M.; ARAUJO, L. V. de; TEIXEIRA, C. A. D.; COSTA, J. N. M. iLPF como alternativa sustentável de recuperação de pastagem degradada em Porto Velho, Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2013. 28 p.
- VAITSMAN, D. S.; VAITSMAN, M. S. Água mineral. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2005.
- VEIGA, J. B. da; ALVES, C. P.; MARQUES, L. C. T.; VEIGA, D. F. da. Sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 62f.
- WITSCHORECK R, SCHUMACHER MV, CALDEIRA MVW (2003) Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake no município de Santa Maria-RS. *Revista Arvore* 27:177–183. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000200008>