



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA
AMAZÔNIA

JOSÉ MARIA PEREIRA CARVALHO

ANÁLISE DE BIOINDICADORES DO SOLO EM SISTEMA DE CULTIVO DE
GRÃOS (SOJA E MILHO), NOS MUNICÍPIOS DE SANTARÉM, MOJUI DOS
CAMPOS E BELTERRA, PA

SANTARÉM – PA

2022

JOSÉ MARIA PEREIRA CARVALHO

**ANÁLISE DE BIOINDICADORES DO SOLO EM SISTEMAS DE CULTIVO DE
GRÃOS (SOJA E MILHO) NOS MUNICÍPIOS DE SANTARÉM, MOJÚÍ DOS
CAMPOS E BELTERRA, PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na área de concentração de Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Cosme de Oliveira Junior – Embrapa Amazônia Oriental.

SANTARÉM – PA

2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

C331a Carvalho, José Maria Pereira

Análise de bioindicadores do solo em sistema de cultivo de grãos (soja e milho), nos municípios de Santarém, Mojuí dos Campos e Belterra, PA. / José Maria Pereira Carvalho. – Santarém, 2022.

60p.: il.

Inclui bibliografias.

Orientador: Raimundo Cosmede Oliveira Júnior.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia.

1. Indicadores de qualidade do solo. 2. Microbiologia. 3. Atividade enzimática. I. Oliveira Júnior, Raimundo Cosmede, *orient.* II. Título.

CDD: 23ed. 633.3498115

Bibliotecária-Documentalista: Renata Ferreira – CRB/21440

JOSÉ MARIA PEREIRA CARVALHO

**ANÁLISE DE BIOINDICADORES DO SOLO EM SISTEMAS DE CULTIVO DE
GRÃOS (SOJA E MILHO) NA REGIÃO DE SANTARÉM, MOJUÍ DOS
CAMPOS E BELTERRA, PA**

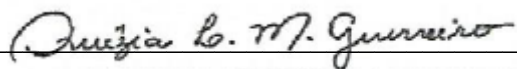
Projeto apresentado à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para qualificação de título de Mestre em Ciências Ambientais, na área de concentração de Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

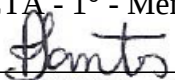
Orientador: Prof. Dr. Raimundo Cosme de Oliveira Junior – Embrapa Amazônia Oriental

Conceito: Aprovado

Data de Apresentação: 24 de agosto de 2022


Dr. Raimundo Cosme de Oliveira Junior – Orientador;
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL


Dra. Quêzia Leandro de Moura Guerreiro - Titular;
UFOPA-ICTA - 1º - Membro/banca


Dra. Rafaela Nicolau dos Santos - Titular;
EXTERNO - 2º - Membro/banca


Dr. Troy Patrock Beldini - Titular;
UFOPA-IBEF - 3º - Membro/banca

Troy Patrick Beldini
Professor
SIAPE: 1776710

SANTARÉM – PA

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela força para realizar este trabalho.

À minha família, minha mãe, pai, esposa e meus irmãos e amigos, por se fazer presente e não medir esforços quando precisei de ajuda.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Raimundo Cosme de Oliveira Junior, por abrir suas portas quando mais precisei e pela confiança e compreensão.

Aos meus professores e colegas de turma pelo companheirismo.

Por fim, às instituições que de alguma forma contribuíram com este trabalho: à Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), à Embrapa Amazônia Oriental e ao Centro Universitário Luterano de Santarém (CEULS/ULBRA) que me apoiou e tive a consideração de ajustar meus horários, para que pudesse participar das aulas, obrigado a todos.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar os indicadores biológicos do solo nas áreas de cultivos de grãos, soja e milho na região de Santarém, Mojuí dos Campos e Belterra Pará, demonstrando a importância dos micro-organismos para o manejo e saúde do solo em áreas de produção agrícolas. As análises foram desenvolvidas através da tecnologia BioAS, desenvolvida pela EMBRAPA Cerrado, conforme a qual, por meio da atividade enzimática, é possível acessar a memória do solo associada à fração não viva acumulada no solo protegido através da absorção em partículas de argila e matéria orgânica. As amostras de solo foram coletadas em quatro áreas: Floresta Nacional do Tapajós – FLONA – (textura muito argilosa), Fazenda Novo Horizonte (textura muito argilosa) e duas áreas na Fazenda Texa (textura argilosa e médio argilosa). Foram coletadas amostras nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm no final do período chuvoso da região. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e enviados ao Laboratório da EMBRAPA Amazônia Oriental, em Belém, onde foram realizadas as análises enzimáticas de Arilsulfatase e β -glicosidase pelo método de determinação colorimétrica de p-nitrofenol e leitura em espectrofotômetro a 410 e 420 nm. Os dados obtidos foram submetidos a estatística descritiva, análise de variância ($p < 0,05$) e teste de Tukey ($p < 0,05$), software estatístico SISVAR e a Análise Multivariada de Componentes Principais (ACP) foi realizada utilizando o *Software R*. A atividade da enzima β -glicosidase foi significativamente superior na área da Fazenda Novo Horizonte, sendo favorecida pela prática do plantio direto e incremento anual de matéria orgânica, e a atividade da Arilsulfatase foi superior na área da FLONA, estimulada pela constante deposição de matéria orgânica da floresta. Estudos são necessários para elucidar a baixa atividade da β -glicosidase na área da FLONA.

Palavras-chave: Indicadores de Qualidade do Solo. Microbiologia. Atividade Enzimática.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the biological indicators of the soil in areas of graincrops, soybeans and corn in the region of Santarém, Mojuí dos Campos and Belterra Pará, demonstrating the importance of microorganisms for the management and health of the soil in areas of agricultural production. The analyses were developed using the BioAS technology, developed by EMBRAPA Cerrado, according to which, through enzyme activity, it is possible to access the soil memory associated with the non-living fraction accumulated in the protected soil through absorption in clay particles and organic matter. Soil samples were collected in four areas: Tapajós National Forest - FLONA - (very clayey texture), Novo Horizonte Farm (very clayey texture) and two areas at Texa Farm (clayey and medium clayey texture). Samples were collected at depths of 0 to 10 and 10 to 20 cm at the end of the rainy season in the region. The samples were packed in identified plastic bags and sent to the EMBRAPA Amazônia Oriental Laboratory, in Belém, where the enzymatic analyses of Arylsulfatase and β -glucosidase were performed by the colorimetric determination method of p-nitrophenol and reading in a spectrophotometer at 410 and 420 nm. The obtained data were submitted to descriptive statistics, analysis of variance ($p < 0.05$) and Tukey's test ($p < 0.05$), SISVAR statistical software and Multivariate Principal Component Analysis (PCA) was performed using R Software. The activity of β -glucosidase enzyme was significantly higher in the Novo Horizonte Farm area, being favored by the no-tillage practice and annual increment of organic matter, and the activity of Arylsulfatase was higher in the FLONA area, stimulated by the constant deposition of organic matter from the forest. Studies are needed to elucidate the low activity of β -glucosidase in the FLONA area.

Keywords: Soil Quality Indicators. Microbiology. Enzyme Activity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	7
2. REVISÃO DA LITERATURA	8
2.1. Breve histórico sobre o solo	8
2.2. Textura do solo	11
2.3. Estrutura do solo	13
2.4. Densidade do solo	14
2.5. Porosidade do solo	14
2.6. Permeabilidade do Solo.....	15
2.7. Fluxo de Água do Solo.....	16
2.8. Bioindicadores de qualidade do solo.....	16
2.9. Microrganismos e a fertilidade do solo.....	20
2.10. Fatores biológicos e ambientais	24
2.11. Bioanálise de solo	25
2.11.1. β -Glicosidase e a Arilsulfatase	27
3. OBJETIVOS	28
3.1. Objetivo Geral	28
3.2. Objetivos Específicos.....	28
4. JUSTIFICATIVA	28
5. HIPÓTESES	29
6. MATERIAL E MÉTODOS	29
6.2. Procedimento de coletas.....	32
6.3. Processamento de amostras	33
6.4. Período de coleta.....	33
6.5. Análise enzimática	34
6.6. Análise dos dados.....	34
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
8. CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO GERAL

O solo tem um envolvimento e relação muito estreita com os micro-organismos que compõem a parte biológica do solo e é constituída por cerca de 70% de raízes e restos animais, que afetam diretamente os componentes químicos e físicos do solo (BIANCHI, 2009, p. 21). Os mesmos têm influência em vários parâmetros que relacionam o uso sustentável dos sistemas agrícolas, nos sistemas ambientais e na ecologia do planeta (EMBRAPA, 2015, p. 129). A importância dos componentes biológicos na saúde e manutenção da produção agrícola que possam fornecer alimentos à humanidade com qualidade e quantidade, tem cada vez mais levantado debates por todas as áreas das ciências agrárias (NOLASCO, 2009). Atualmente, considera-se solos saudáveis que apresentam um balanço adequado de sua fertilidade relacionadas aos conceitos químicos e físicos como, pH, N, P, K, erosões entre outros, mais um solo saudável tem que ter estes conceitos e mais um, o de biologicamente ativo, produtivo capaz de armazenar água, promover degradação de produtos sintéticos e sequestro de carbono.

. Quando os seres vivos unicelulares habitavam o ambiente aquático presente entre os fragmentos, matéria orgânica e rochas foram incorporadas à grande maioria da superfície sólida da Terra (ARAUJO et al. 2014; PRIMAVESI, 2006). Desta forma que nasce várias hipóteses e o nosso fator principal da pesquisa começou a surgir e a crescer “o solo”, primeiro surgem os Neossolos, logo após vem os Cambissolos e por último vêm os Argissolos (LEPSCH, 2011, p. 15).

As análises de bioindicadores em áreas agrícolas são realizadas por meio do grau de manejo mecânico e da qualidade e quantidade de resíduos vegetais que são combinados no solo (EMBRAPA, 2008, p.182). Nesse sentido, todas as atividades agrícolas anteriormente desenvolvidas naquela área deixam sua impressão digital, sua assinatura biológica no solo. Os processos biológicos são fundamentais para a manutenção da sustentabilidade do solo, isso associado a um manejo adequado pode solucionar os casos de baixa fertilidade e degradação que estão ocorrendo em uma determinada região (BORN, 2002).

A Bioanálise é desenvolvida por meio da capacidade do solo de estabelecer e proteger as enzimas que têm relação com a capacidade de armazenar e estabilizar a Matéria Orgânica (MO) e outras associadas. Assim, através das atividades enzimáticas é possível acessar a memória do solo que são associadas à fração não viva que acumula no solo protegidos através da adsorção em partículas de argilas e MO (VIEIRA, 2019).

A **BioAS** é a tecnologia utilizada para estudar os bioindicadores de solo, sendo desenvolvida pela EMBRAPA Cerrado há vários anos e, no ano de 2020, foi lançada para o

uso da população. Tem como objetivo avaliar os bioindicadores nas áreas de cultivos de grãos, soja e milho nos Municípios de Santarém, Mojuí dos Campos e Belterra Pará, acessando a memória do solo, para avaliação de tomada de decisões de manejos futuros. A importância de fazer a bioanálise nas amostras de solo na região é permitir o acesso à memória e a obtenção de uma avaliação completa da saúde do solo. Este é um aspecto que passa despercebido nas análises convencionais de solo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Breve histórico sobre o solo

Os recursos naturais do planeta são inúmeros e a cada um é atribuída determinada importância no equilíbrio do ecossistema e, dentre eles, o solo é um dos recursos que merece maior destaque. De acordo com Alho (2012), do ponto de vista agrícola, a principal função do solo para os seres vivos reside na produção da maioria dos alimentos, que direta ou indiretamente são provenientes dos diversos tipos de sistema de produção.

A história da Ciência do Solo é contada por rumos diferentes e complementares, através de estudos sobre esse recurso natural tão complexo (JAIR NETO, 2000, p. 60). No geral, os estudos do solo passam por dois vieses principais: o primeiro de muito tempo atrás, que compreende o solo como uma entidade maior para os povos que praticavam modelos de agricultura encontrados em literaturas antigas, em que, na maioria das vezes, o solo era tratado com conotação religiosa. O segundo conceito é mais atual, com provável início nos anos de 1.800 e fortalecido na revolução verde, com foco nas pesquisas científicas para o desenvolvimento produtivo (ALBERGONI; PELAEZ, 2007).

No processo da evolução humana, sobretudo, o solo pode ser considerado o principal divisor de águas (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). As primeiras civilizações como as egípcias, chinesas, incas e astecas eram povos nômades e mantinham-se de coletas e caças, bem como eram adaptadas a sobreviverem com uma natureza intocada. No entanto, suas tribos foram ampliando-se ao ponto em que houve a necessidade de se estabelecerem em um lugar que pudesse suprir a nova demanda de alimentos (SANTOS, 2015). Isto conduziu esses povos a fixarem suas moradias e começarem a observar os lugares com presença de mais verde, clima e água com melhor qualidade, além da ausência de pessoas habitando aquela região, assim elegendo esses espaços para residirem. As comunidades ficavam cada vez mais populosas, ao mesmo tempo em que e os alimentos adquiridos tornaram-se escassos e, por este motivo, alguns integrantes começam a dedicar-se a domesticar e manejar as plantas, com o intuito de suprir a falta de alimentos, escolhendo solos próximos aos rios para o cultivo,

para facilitar a irrigação, e fazendo desse processo um marco na história do ser humano no planeta, que passou a produzir seu próprio alimento. (LOPES; GUILHERME, 2007, p. 03; SERENO; WIETHOLTES; TERRA, 2008).

Mesmo em tempos mais recentes, na era da agricultura “moderna”, o solo permaneceu provocando curiosidades em estudiosos. Os alquimistas após a Idade Média Europeia que, além de procurar a “pedra filosofal” e o “elixir da vida eterna”, considerados seus principais focos, também estudavam o que influenciava no desenvolvimento das plantas (SOUSA; RIBEIRO; XAVIER, 2019). Provavelmente, ainda entusiasmados com a teoria de que o universo era formado por quatro elementos (terra, ar, fogo e água), alguns estudiosos passaram a acreditar que a água era o “espírito da vegetação” e responsável pelo desenvolvimento vegetal. Além dessas, outras teorias semelhantes foram construídas ao longo do período até chegar nos dias atuais, em que conhecemos as características e a função ecofisiológica da água (VEEIRA et al., 2010).

Os estudos e pensamentos foram modificados à medida que ocorreram avanços na ciência, especialmente após a Revolução Francesa, datada entre 1789 e 1799. As pesquisas europeias agora compreendiam uma visão voltada para fertilidade do solo, em função da necessidade prioritária de se aumentar a produção de alimento (SANDRONI, 2012). Inúmeras pesquisas foram conduzidas de forma contínua para entender a relação solo-planta, incluindo as desenvolvidas pelo químico Justus Liebig que buscava desvendar o comportamento das plantas no processo de seu desenvolvimento e produção. As teorias levantadas por Liebig foram válidas e cientificamente revolucionárias, com aplicabilidade até os dias de hoje, servindo como pilar, inclusive, para práticas de correção da fertilidade do solo, utilizando-se fertilizantes minerais (EHIER, 2017). Nesta época, o grupo de pesquisa de Liebig deu origem, em laboratório, a conhecida lei do mínimo, comumente utilizada hoje por profissionais da área (COSTA, 2018, p. 43).

A busca por produzir maiores quantidades de alimentos estimulou, portanto, uma corrida por desvendar a relação solo-planta e países detentores de tecnologias intensificaram o desenvolvimento das pesquisas na área de Ciência do Solo (VEIGA, 2007). De um lado, a maioria dos cientistas de países da Europa desenvolviam seus estudos em laboratórios, enquanto a Rússia os conduzia em campo, isto é, no próprio ambiente produtivo, incluindo a abertura de perfis no solo para investigá-lo. Dentre os pesquisadores russos, Dokuchaev destacou-se ao afirmar que o solo é composto por diferentes de sedimentos e que sua origem depende da combinação das rochas, tempo, relevo, vegetação e o clima (BRADY; WEIL,

2013). Tal descoberta consistiu em um dos primeiros indícios do aspecto da Ciência do Solo que estuda a origem dos solos, a denominada Pedologia (IBGE, 2007).

Diversos outros pesquisadores foram inspirados por esses resultados e destacaram-se em seguida, com renomados trabalhos publicados sobre colóides do solo, no contexto da capacidade de troca de cátions (CTC), por exemplo (FONTES; CAMARGO; SIPOSITO, 2001, p. 628). Logo após a publicação desses trabalhos, Glinka elaborou o “Manual da Ciência”, livro que foi traduzido para outros idiomas como o inglês por Marbut, lançado no mesmo dia em que ocorreu o primeiro Congresso Internacional de Ciência do Solo, na cidade de Washington, no ano de 1927 (ESPINDOLA, 2007). O congresso teve como finalidade reunir quatro subdisciplinas que compartilhavam da ideia de conhecer melhor o ambiente solo, sendo elas: Química do Solo, Biologia do Solo, Física do Solo e Pedologia.

O solo tem grande importância para a sobrevivência do homem e uma das mais completas definições de solo adaptada a pedologia é a do Soil taxonomy (1975), em que:

“o solo é o coletivo de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construídos pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir a sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se como o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Porém, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo”.

Para a Embrapa (2018), o solo é como um ajuntamento de corpos naturais, composto de partes sólidas tridimensionais, líquidas e gasosas, de caráter dinâmico, formado por materiais orgânicos e minerais, que ocupa a maior parte da superfície do nosso planeta, e onde também se encontram matérias vivas que podem se desenvolver bem se o ambiente for favorável. De acordo com Filizola et al. (2002), o solo tem como suas linhas de limites: as partes laterais com águas superficiais, gelos, rochas e áreas de coberturas detríticas não consolidadas. O limite inferior do solo é difícil de ser definido, em grande parte o solo gradualmente passa em profundidade para materiais saporíficos, sedimentos e rochas e que não apresentam influências de organismos biológicos.

A Pedosfera ou camada mais externa da terra, que corresponde ao solo, tem importância gigantesca em estudos ecológicos e deveria compor de forma integrada matérias na formação escolar, sabendo que a Pedosfera atua como base da sobrevivência em ecossistemas terrestres. Os vegetais, por exemplo, necessitam, para o seu pleno desenvolvimento, de gás carbônico (CO₂) energia solar, água e nutrientes, sendo os dois

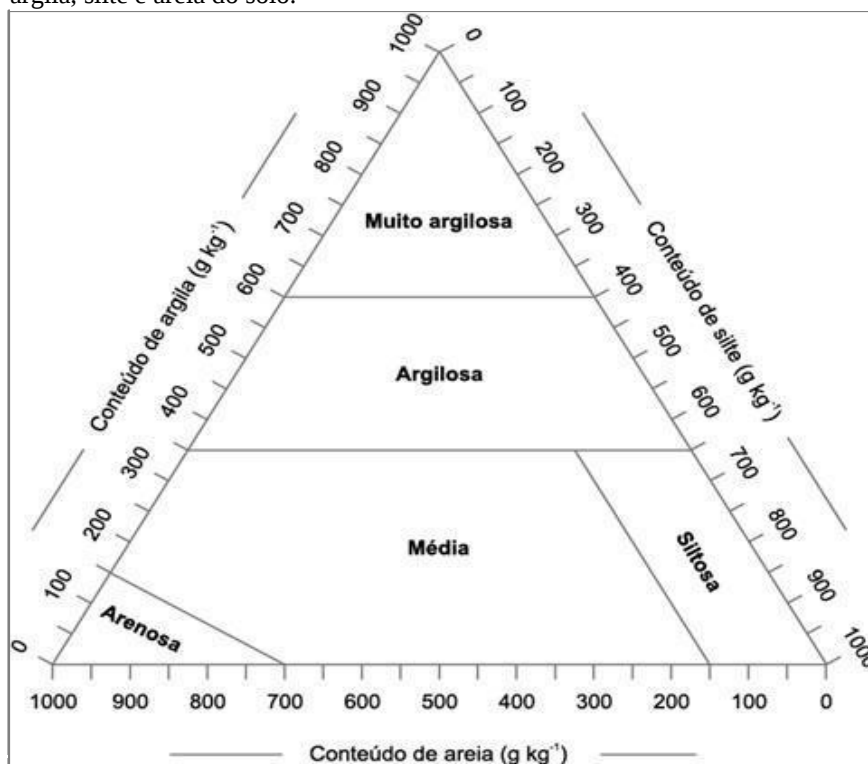
últimos fornecidos, especialmente, através do solo, que, neste caso, funciona como um mediador entre as esferas, além de ter influência direta na qualidade da água (CUNHA et al., 2013). Para Nicolodi et al. (2008), os vegetais, além de retirarem do solo, água, CO₂ e oxigênio (O₂), consomem quinze elementos essenciais para a vida, em que seis são consumidos em grandes quantidades (macronutrientes) e outros nove são demandados em menores quantidades (micronutrientes), sendo todos responsáveis por nutrir as plantas.

2.2. Textura do solo

A textura do solo é o termo utilizado para referir-se as proporções das distintas classes de tamanhos de partículas presentes em determinada massa de solo, isto é, as porcentagens das frações areia, silte e argila em uma amostra de solo (SOUSA JUNIOR et al., 2007, p. 1357). Dentre as propriedades físicas do solo, a textura é a que menos sofre alterações ao longo do tempo, considerando que para promover modificações nessa propriedade deve ocorrer ação intensa do intemperismo (MOTA et al., 2008, p. 52). A textura é ainda um atributo utilizado na classificação textural do solo, uma vez que a classificação depende diretamente do teor de argila ao longo do perfil do solo e que influencia, posteriormente, no manejo a ser adotado para determinada atividade agrícola (LEPSCH, 2010). Na classificação do solo, no nível hierárquico de ordem, é incluído a avaliação do gradiente textural, que, em outros aspectos, também se configura em um item prioritário na escolha do manejo, dose de fertilizantes, funcionando como um bioindicador da qualidade física do solo, podendo influenciar no grau de compactação, disponibilidade e retenção de água no solo e CTC (WERLE et al., 2008, p. 2300). Os teores de areia fina quando são maiores que de área grossa, por exemplo, contribuem para o aumento da disponibilidade de água.

Na escala de Atterberg, a argila corresponde as partículas de diâmetro $< 0,002$ mm, o silte refere-se as partículas de tamanho entre 0,002 a 0,02 mm, a areia fina de 0,02 – 0,2 mm, e a areia grossa de 0,2 – 2,0 mm. Na Figura 1 é apresentado o guia para classificação textural do solo, em função dos conteúdos de argila, silte e areia do solo.

Figura 1. Guia para classificação textural do solo, em função dos conteúdos de argila, silte e areia do solo.



Fonte: Soil Survey Staff (1951)

O solo considerado de textura média apresenta determinado equilíbrio entre os conteúdos de areia, silte e argila. Normalmente, esse tipo de solo apresenta boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade, não necessitando, em muitos casos, de certos cuidados especiais no manejo (CARNEIRO, 2014).

Os solos de textura argilosa apresentam teores de argila maiores que 35 %, apresentam baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Nesse tipo de solo, há maior força de coesão entre as partículas, o que além de aumentar a resistência a penetração, provoca maior aderência do solo aos implementos agrícolas, dificultando o desenvolvimento das atividades agrícolas (LIRA, 2017). Embora sejam mais resistentes a erosões, são altamente suscetíveis à compactação, exigindo cuidados específicos no seu preparo, principalmente no que diz respeito ao teor de umidade, no qual o solo deve permanecer com consistência friável.

A textura muito argilosa é atribuída a solos que possuem mais de 600 g kg⁻¹ de argila. Dentre as características desse tipo de solo, estão a maior susceptibilidade à compactação, considerado um dos principais processos de degradação em áreas agrícolas (NICOLOSO et al., 2008). Isto se deve ao fato de a maior expressão pelo aumento da densidade do solo e pela redução de seus espaços, por excesso de carga em sua superfície. Segundo Fidalski et al.

(2015), a compactação do solo reduz a taxa de infiltração de água, aumenta a taxa de escoamento superficial no solo e, em áreas compactadas, o sistema radicular tem dificuldade de se desenvolver, diminuindo a precisão de produção das plantas.

Em resumo, efeitos da textura do solo podem ser observados quando o teor de argila for predominante comparado as demais partículas, considerando que menor será o tamanho dos poros do solo e maior será a resistência desse solo à penetração a uma dada densidade (MOTA et al., 2015, p. 1015-1024). Deste modo, a uma densidade, as raízes podem penetrar com mais facilidade em solos arenosos úmidos em que nos argilosos com a mesma condição. (EMBRAPA, 1999).

2.3. Estrutura do solo

A Estrutura do Solo é a forma como estão estabelecidas as partículas individuais de areia, argila e silte (RODRIGUES et al., 2013, p. 2018). As partículas quando juntas aparecem como partículas maiores, formando os agregados que podem ocorrer em diferentes padrões, dando origem a estruturas distintas do solo (LOGO et al., 2011, p. 142). Essa característica pode indicar a qualidade física de um solo (ALVARENGA & DAVIDE, 1999, p. 937), se levado em consideração que a estrutura do solo se relaciona com as frações gasosas e líquidas do solo e podendo ter influência direta nas atividades biológicas nesse ambiente. Um solo com uma boa estrutura provavelmente possui boa aeração, um bom armazenamento e dinâmica da água, porosidade adequada para o crescimento das raízes das plantas, dentre outras características que compõem um ambiente adequado para a sobrevivência e desenvolvimentos dos microrganismos (CUNHA et al., 2011).

A estrutura do solo pode variar com o tempo, induzido principalmente pelas práticas de manejo utilizadas (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011, p. 216), sobretudo, sob a adoção de preparo e manejo com uso de gradagem, que imediatamente pode aumentar a porosidade total do solo e, posteriormente, pode dar origem a zonas compactadas, caso não sejam adotadas práticas adequadas. Um dos sistemas de cultivo mais adequados, quanto se trata de manejo, é o plantio direto, em que é possível aumentar a variabilidade espacial da estrutura do solo e dos demais atributos do solo (SOARES et al., 2004; ETEFANOSKI et al., 2013). Vários são os fatores que possuem efeitos significativos e em diferentes graus sobre a estrutura do solo, como fatores climáticos no processo de congelamento e descongelamento, processos em que o solo transita entre o úmido e o seco, na translocação de argilas (MELLO & MELNICZUK, 1999), e nos processos químico-físicos e biológicos.

Os processos biológicos influenciam diretamente na estrutura solo, por meio da presença de microrganismos que alteram a quantidade de matéria orgânica do solo (MOS) e excretam substâncias, que são fatores chave na dinâmica de agregação e separação solo (VEZANNI, 2001, p. 89) e também auxiliam na descompactação do solo, através das escavações de túneis (SALTO et al., 2005).

2.4. Densidade do solo

A densidade do solo é associada à estrutura do solo, a densidade das partículas e a porosidade, servindo como um parâmetro indicador de processos de degradação da estrutura do solo, que pode ser modificada através do uso e manejo do solo em atividades agrícolas (MARCOLIN & KLEIN, 2011). A determinação da compactação do solo, por exemplo, pode ser avaliada via densidade de solo (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000). Este é um importante indicador físico do solo que se relaciona com aspectos biológicos, através da participação na conversão da umidade determinada em base gravitacional para a umidade em base volumétrica, utilizada nos cálculos de disponibilidade de água para as plantas e determinação da necessidade de irrigação.

O estudo deste atributo é essencial, considerando que apesar dos solos da Amazônia terem baixa fertilidade natural, apresentam boas propriedades físicas e uma estrutura favorável ao desenvolvimento do sistema radicular e sustentação das plantas (BENEDETTI et al., 2011). Por outro lado, de modo geral, os sistemas de preparo das áreas para cultivos ocasionam diversas modificações nas propriedades físicas dos solos, com intensidade que varia conforme o sistema utilizado. Comumente os projetos agropecuários fazem uso de métodos de preparo de solo, com uso intenso de máquinas pesadas que, além de provocarem o arraste de nutrientes, o peso do frequente tráfego dessas máquinas provoca o aumento da densidade e a compactação do solo dessas áreas a longo prazo (STONE & SILVEIRA, 2001; REINERT et al., 2008), afetando o pleno desenvolvimento vegetal e, consequentemente, a produção agrícola. Em paralelo, ocorre ainda a diminuição da porosidade total do solo, podendo direcionar a má drenagem, como citado anteriormente, com observações mais nítidas desse processo em regiões com alta pluviosidade.

2.5. Porosidade do solo

A porosidade total do solo é a fração do volume total em uma determinada porção de solo passível de ser ocupada por água ou ar e é dada pelo volume de espaços vazios existentes entre as partículas sólidas (RIBEIRO et al., 2007). O domínio do conhecimento sobre a

porosidade é importante para a compreensão do movimento e a retenção de água, ar e solução no solo. Essa característica tem relação direta com a densidade, cobertura e práticas de manejo do solo que podem influenciar e modificar os espaços encontrados no solo, principalmente nos horizontes mais próximos da superfície. O manejo inadequado é um dos principais causadores de degradação da estrutura do solo, provocando redução na macroporosidade (espaços maiores) e aumento da microporosidade (espaços menores), alterações no movimento de soluções, gases, água e no crescimento das raízes, além das modificações nas condições de desenvolvimento dos microrganismos presentes no solo. A porosidade, portanto, tem forte relação com o manejo biológico, sendo fundamental para a manutenção da produtividade agrícola sustentável e para o combate à degradação ambiental.

Essa propriedade física pode interferir, inclusive, nos processos hidrológicos e erosivos, em razão da sua capacidade de afetar o potencial de infiltração e a retenção de água no solo e, conseqüentemente, aumentando ou reduzindo o escoamento superficial (FREDDI, 2007, p. 627). Lima et al. (2009) cita que a porosidade do solo influencia ainda no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis pelas plantas, dado que afeta a aeração do solo, condição e retenção de água, resistência e penetração das raízes. Em adição, Pauleti (2012) afirma que a presença de uma rede ideal de poros em um solo exerce importante influência sobre a fertilidade, drenagem, absorção de nutrientes, penetração das raízes, aeração e temperatura, tendo relação diretamente com o desenvolvimento produção das plantas e bem-estar dos microrganismos, potencializando suas atividades. Para ser considerado um solo ideal para as práticas agrícolas, segundo Tormenta (2002), o solo deve apresentar um volume e dimensão dos poros adequados para a entrada, movimento e retenção de água e ar para atender as necessidades das plantas.

2.6. Permeabilidade do Solo

A permeabilidade do solo é o processo de infiltração de água no solo através da superfície (SILVEIRA et al., 2011). A velocidade de infiltração da água no solo é influenciada por diversos fatores como o tipo de solo, manejo, cultivo e de sua propriedade físicas como textura, estrutura e grau de compactação, e pelo teor de umidade existente no solo (SILVA et al., 2005). Em aspectos agronômicos é um processo de grande relevância por afetar diretamente o escoamento de fluidos na superficial (CORREIA et al., 2010, p. 527).

O conhecimento da permeabilidade de um solo ou a sua taxa de infiltração, para fins agronômicos, pode auxiliar no processo de caracterização do tipo de solo, para definir técnicas de conservação, planejamento e delineamento de sistemas de irrigação e drenagem

em áreas agrícolas (RODRIGUES et al., 2011). Além disso, é um atributo importante para a manutenção da atividade microbiológica do solo, em virtude de sua relação com a umidade e abundância de água no solo.

2.7. Fluxo de Água do Solo

Globalmente, a água possui importância em vários sistemas naturais que envolvem a relação solo-planta-atmosfera, incluindo as relações hídricas em áreas agrícolas (ALVES et al., 2007). A água é um dos fatores ambientais que está diretamente relacionada a produção vegetal e a produtividade agrícola, sendo a disponibilidade hídrica, na maioria das regiões produtoras, um fator determinante (PERES & LAVORENTI, 2010, p. 879). O monitoramento do fluxo de água no solo deve ser observado frequentemente sob os manejos produtivos, para a identificação de excesso ou a deficiência hídrica no solo.

A água possui importante função ecofisiológica para os vegetais por constituir a maior proporção na composição das plantas, representando até 95 % da massa fresca de órgãos como os frutos e as folhas novas e também apresentar propriedades únicas de viscosidade, tensão superficial, calor específico e calor latente de vaporização e de forças de adesão e coesão (ARTUR et al., 2014). Por esse motivo, o adequado suprimento de água para as plantas é essencial para a obtenção das máximas produtividades das culturas (CAMARA & KLEIN, 2005, p. 783-796). A baixa disponibilidade hídrica em solos agrícolas pode provocar desde a paralisação temporária do crescimento e do desenvolvimento vegetal até a morte por seca completa e incapacidade das plantas em retornar as suas atividades fisiológicas, após um período de deficiência severa (OLIVEIRA, 1999).

O fluxo de água no solo pode ser caracterizado quanto: 1) à estabilidade ou constância do fluxo, isto é, pela permanência no qual a variação do fluxo é nula com o tempo, e pelo regime variável quando ocorrem mudanças do fluxo com o tempo; 2) as condições da saturação, que podem ser saturadas e não saturadas, do meio no qual ocorre o regime de fluxo; 3) a geometria do fluxo no meio que está diretamente ligada ao sistema de irrigação (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009).

2.8. Bioindicadores de qualidade do solo

No solo, existe uma grande diversidade de seres vivos e em apenas 1 cm³ de solo pode conter milhares de protozoários, milhões de bactérias e centenas de metros de hifas de fungos, sendo encontrado nesta pequena porção de solo, números de seres vivos maiores que a própria população humana do planeta (SILVA et al., 2004; CARNEIRO, 2005; CARNEIRO et al.,

2009). Esses integrantes particulares do ecossistema, a partir da década 70, passaram a ser denominados, pelos estudiosos, como biomassa microbiana do solo, conhecidos como fatores de suma importância para a natureza e para o manejo produtivo do ser humano (SIQUEIRA et al., 1994). Os organismos atuam na decomposição da matéria orgânica (MO) e na transformação de matérias em nutrientes, que são utilizados pelas plantas, além de terem influência direta nas propriedades físicas e químicas do solo (MACHADO et al., 2012).

Os seres que habitam o solo em uma complexa rede produtiva têm total influência sobre a construção e manejo ecológico do solo e, para Cardoso & Andreote (2016), a maioria das reações químicas que ocorrem no solo tem participação dos organismos vivos presentes nesse ambiente. Uma dessas reações, conhecida no meio agrônomo, é a conversão de formas orgânicas de fósforo (P) e nitrogênio (N) presentes na MOS em compostos inorgânicos. Tal conversão é essencial para que formas assimiláveis pelas plantas sejam disponibilizadas no solo (ABREU et al., 2010).

No ambiente edáfico é possível encontrar vegetais, divididos em macroflora e microflora, e animais, divididos em macrofauna, mesofauna e microfauna, e a quantidade desses indivíduos variam de acordo com o ambiente em que se encontram (SOUTO et al., 2008; FERREIRA et al., 2011). No entanto, todos são de extrema importância para a manutenção do solo, uma vez que a macrofauna, por exemplo, tem ações físicas e químicas, enquanto a microfauna está relacionada a processos químicos, a decomposição da MO e a ciclagem dos nutrientes (SOUZA et al., p. 118 apud SWIFT et al., 2010; KORASA et al., 2013).

Uma parte desses organismos do solo tem hábitos alimentícios peculiares como os que se alimentam de plantas vivas (herbívoros), animais (predadores), de fungos (fungívoros), de bactérias (bacterívoros) e ainda os que se alimentam de detritos de plantas (detritívoros), ou os que dependem de outros organismos (hospedeiro) para sobreviverem, como os parasitas, e os autotróficos que vivem de compostos orgânicos e sintetizam as substâncias por meio da fotossíntese (TEIXEIRAS et al., 2007; EMBRAPA, 2016).

Quando se trata desta fração do ecossistema tudo está inter-relacionado de tal maneira que não podemos atingir um elemento isoladamente sem afetarmos o conjunto, assim como no corpo humano que não podemos atingir um órgão sem afetar o organismo como um todo (LAGO & PÁDUA, 2017, p. 10). As atividades desses organismos na natureza influenciam na manutenção de ecossistemas naturais e em áreas de cultivos agrícolas, considerando que tais atividades se relacionam direta ou indiretamente com a dinâmica do ar, com a qualidade da água, a degradação de partículas de produtos químicos utilizados na agricultura, bem como

outros fatores chaves para a produção de alimentos de alta qualidade (ANDRIGHETTI et al., 2014). Essas interações entre a biosfera, atmosfera, litosfera e hidrosfera costumam ser identificadas ou mensuradas através de processos de fitociclagem, biociclagem ou ainda em função dos ciclos biogeoquímicos (ARTAXO et al., 2005). Em agroecossistemas, independentemente do sistema de cultivo adotado, os microrganismos são indispensáveis para manter o equilíbrio do meio, como o exemplo das bactérias diazotróficas que incorporam N do ar e adicionam ao solo formas assimiláveis de N para as plantas, por meio do processo de fixação biológica de N (FBN), a atuação de microrganismos capazes de degradar substâncias tóxicas de pesticidas (MERCANTE, et al., 2008) ou ainda a atividades de decomposição de material vegetal, com altos teores de carbono (C), participação na estabilização da estrutura do solo e no aumento dos nutrientes como N, P e enxofre (S) por meio de reações bioquímicas (NELSON & COX, 2019).

A MOS, em sentido mais amplo, refere-se a todos os compostos presentes no solo que contém C orgânico, seja de origem vegetal ou animal, constituída de seres vivos ou mortos (LOSS et al., 2009). Tais materiais podem ser encontrados em estágio de decomposição distintos, a exemplo das substâncias amorfas estáveis como o componente orgânico húmus, o qual tem função importante na condição física e química do solo. Durante o processo de decomposição dos resíduos orgânicos, parte do C da biomassa é liberado na forma de CO₂ e na forma de energia para as plantas e microrganismos do solo (SILVA et al., 2011; MIRANDA; CAMELLAS; NASCIMENTO, 2007).

A MO pode ser dividida em bruta e decomposta, sendo a segunda de fundamental importância na agricultura e responsável por grande parte das propriedades físicas e químicas do solo. Além disso, os microrganismos têm a MO como sua principal fonte de energia, e que também é a principal fonte de nutrientes inorgânicos para os vegetais. O conteúdo da MOS pode ser diferenciado, com maiores ou menores concentrações de N, por exemplo (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015).

A MOS contém C e N em diferentes quantidades e frações, e a relação C/N entre os seus níveis no solo é um importante parâmetro para a avaliação do grau de evolução da MOS ou sua importância no processo de mineralização N. A relação C/N no solo pode variar em função de diversos fatores, inclusive dentro de um mesmo sistema, em destaque para a cobertura do solo, como em solos de áreas sob a floresta Amazônica que tende a ter valores próximos de C/N nos horizontes A, por estar mais próximo do horizonte O, camada que possui uma grande quantidade de MO que funciona com a reserva de sequestro de C atmosférico, mas quando comparado a solos de outros biomas como da caatinga e outras regiões do país,

pode apresentar comportamento diferente (LUCA et al., 2008; ALVES et al., 2011)). Tais variações podem ocorrer conforme a profundidade analisada, podendo ter valores maiores ou menores na presença de determinado manejo do solo, sob atividades que interferem mais ou menos, ou quando a MO está em processo mais avançado de decomposição (ASSIS et al., 2006; LOSS et al., 2011). Assim, sendo possível encontrar solos em condições em que há baixo nível de N no solo comparado ao nível de C para os microrganismos, isto é, a relação C/N está elevada, ou vice-versa. Quando há alto valor da relação C/N na MO bruta isto significa baixa atividade ou taxa de mineralização desse material e, conseqüentemente, as plantas que estão em desenvolvimento nesse solo podem apresentar dificuldade no seu estabelecimento pela carência de N na forma inorgânica, resultante do processo de mineralização da MO.

Para agricultura, essa é uma das principais relações avaliadas do N no solo, uma vez que cerca de 90 % do nutriente no solo está presente na MO e que depende de diversos processos químicos para torna-se disponível para os vegetais (MIWA; FREIRE; CALIJURI, 2007; DUETE et al., 2008). Para as plantas aproveitarem o N como um nutriente essencial para sua sobrevivência e produtividade, os complexos orgânicos que envolve o N precisam ser mineralizados e este processo libera o N na forma inorgânica (SAMPAIO et al., 2010; ALCÂNTARA et al., 2007).

A forma primária inorgânica consiste no íon amônia (NH_3) e a liberação deste íon combina-se com a água do solo e forma o hidróxido de amônio, que se ioniza e produz o íon amônio (NH_4^+) e a hidroxila (OH^-), no processo de decomposição denominado amonificação. Esse é um processo rápido e sua ocorrência depende das condições do solo, fatores climáticos e outros fatores que favoreçam a atividade da microbiota envolvida. Após a amonificação, o processo mais próximo de conversão do N para formas assimiláveis pelas plantas é a nitrificação, que resulta na liberação de nitrito (NO_2^-) ou nitrato (NO_3^-), que na agricultura são facilmente disponibilizados por meio da adição de esterco animal ao solo (AITA; GIACOMINI; HUBNER, 2007). Bactérias específicas induzem a nitrificação e as pertencentes ao gênero *Nitrossomonas* participam do processo de oxidação da amônia para NO_2^- , enquanto bactérias do gênero *Nitrobacter* oxidam NO_2^- em NO_3^- . O solo em ambiente natural é autossuficiente e raramente a nitrificação deixa ocorrer pela ausência de bactérias. Por outro lado, isso pode ocorrer no caso de solos que se encontram sob condições extremas de estresse como seco ou alagado, muito frio ou muito quente, ou com deficiência de oxigênio (O_2).

O N no ambiente provém em 80 % de forma direta ou indiretamente da atmosfera, no entanto as plantas e animais não conseguem utilizar o N do ar na forma de gás (N_2), até que seja combinado quimicamente com O_2 , hidrogênio ou C (Lessa, 2007). O N atmosférico é adicionado no solo em formas acessíveis as plantas, por meio de metabolismos de microrganismos, processo de combinação bioquímica conhecida como FBN, e em uma menor quantidade através das chuvas e raios. Em geral, o N armazenado no solo encontra-se complexado ionicamente na forma bruta da MO, isto é, em uma forma que não consegue suprir as necessidades dos vegetais, principalmente os cultivados, e isso se torna um problema para agricultura convencional (PAULINO et al., 2009; FREITAS et al., 2011).

Por outro lado, em ambiente natural, a necessidade de N pelas plantas é suprida pela FBN, isto é, por meio da simbiose entre espécies vegetais e microrganismos do solo, especialmente as leguminosas e outras espécies beneficiadas, que se associam às bactérias diazotróficas simbiontes ou fixadoras, passando essas plantas a receberem N inorgânico convertido pelas bactérias capazes de incorporarem N_2 . Os seres que fazem esse tipo de procedimento são as bactérias fixadoras de N do gênero *Rhizobium* ou *Bradyrhizobium*, que fazem simbiose com plantas da família das leguminosas, ou ainda de espécies de gramíneas que são beneficiadas pela ação das bactérias do gênero *Azotobacter*. Esse processo passou a ser potencializado por pesquisadores, através de biotecnologias, para reduzir o uso de fertilizantes químicos na agricultura, e garantir quantidades suficientes de N no solo agrícola, por meio da adição de “inoculantes”, que adicionam nesse solo estirpes selecionadas de bactérias do gênero *Rhizobium* (LIMA et al., 2012).

2.9. Microrganismos e a fertilidade do solo

A parte viva da MOS é constituída por 60 % a 80 % pelos microrganismos, e aceita pelos pesquisadores e agricultores como a principal componente que afeta a fertilidade do solo e conhecida como um importante indicador de qualidade do solo (MARCHIORI JÚNIOR & MELO, 2000, p. 1178-1182). Um dos principais desafios em campo, quando não tem se o conhecimento ou análise de bioindicadores específicos, é que a mudanças e a dinâmica da MO podem levar anos para serem observadas na íntegra. A redução da MO pode levar a um momento crítico no equilíbrio do solo, sendo ela a responsável pelo fornecimento de energia e nutrientes para a comunidade microbiana do solo e reduzi-la é mesmo que: 1) perder CTC, especialmente tratando-se de cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg), nutrientes fundamentais para o desenvolvimentos dos vegetais; 2) perder agregados importantes para a manutenção da estrutura do solo, fundamentais para o manejo em geral das

atividades agrícolas; 3) perder importantes fontes de N, P e S para os vegetais; 4) e perder a capacidade de armazenamento de água (BARRETA et al., 2008). Portanto, a redução da MO no solo sob atividade agrícola significa a perda de produtividade econômica.

A MOS é, então, constituída basicamente de organismos vivos e atribui ao solo diversas características que aumentam o seu potencial de manter a vida das plantas, como a capacidade de reter cátions e ânions. No solo existem dois componentes sólidos que proporcionam maior CTC, sendo o primeiro os argilominerais, derivados de rochas e minerais primários e ligado a quantidade de carga do seu material de origem. A carga originária desses minerais é chamada de cargas permanentes, uma vez que não sofrem alterações em função do pH. O segundo e mais interessante componente é a MOS, em que a qualidade e a quantidade de carga depende da quantidade de material vegetal aportado e do pH do solo. No entanto, não é toda a MOS que gera cargas e auxilia na troca de cátions, considerando que para que haja a formação de cargas através da MO é necessário que este passe por um processo de decomposição até o ponto de se estabilizar no solo (CAVALCANTE et al., 2007).

Para solos brasileiros, que no geral possuem baixa fertilidade, a MO é de suma importância para aumentar a CTC, mesmo que apresentem alto teor de argila. As argilas presentes em solos tropicais tendem a apresentar baixa qualidade, inferindo na prática que, mesmo em alta quantidade de argila, o solo apresenta baixa CTC (BAYER & BERTOL, 1999).

Nesse contexto, muitas práticas de manejo e de conservação do solo têm sido adotadas com o intuito de melhorar a fertilidade do solo, para se produzir mais sob princípios da sustentabilidade. Mais recentemente, por exemplo, tem-se estudado os agregados do solo, isto é, os componentes de união de partículas primárias do solo que se unem, sobretudo, através de substâncias produzidas pelos microrganismos do solo, raízes e pela própria MOS, chamados de agentes agregantes do solo, que formam pequenas estruturas responsáveis pela proteção do C no solo e manutenção de uma estrutura para o desenvolvimento das plantas (SILVA & MIELNICZUK, 1998). Nos agregados, facilmente percebemos a presença ou o histórico da atividade dos microrganismos, pelas rugosidades nas superfícies, alta porosidade e pela grande presença de raízes (CAMPELO, 2015). Os agregados são considerados por muitos pesquisadores um Bioindicador importante para a avaliação da qualidade do solo. São os agregados que fazem com que o solo permaneça bem estruturado e consistente, sem comprometer a sua porosidade para a passagem de nutrientes, ar e água, e se essas estruturas não estiverem presentes, o solo pode apresentar problemas relacionados a compactação,

prejudicando a formação e desenvolvimento das raízes das plantas cultivadas (OLSZEWSKI et al., 2004).

Outro exemplo da relação dos microrganismos com a fertilidade do solo é a transformação biológica do P, em que especialmente os fungos e bactérias atuam diretamente no processo de solubilização e mineralização de P no solo, desenvolvendo um princípio fundamental no ciclo biogeoquímico desse elemento (DALLA COSTA, 2004). Os fungos, principalmente, quando associados as raízes de plantas maximizam o potencial do vegetal em absorver água e nutrientes, em função da extensão radicular aumentada nesse processo de simbiose (associação micorrízica). Esse incremento da área superficial das raízes pela extensão do sistema radicular ou pelo desenvolvimento das raízes laterais e pelos radiculares, aliados a liberação de metabólitos capazes de solubilizar P, beneficiam as plantas. Além disso, outros processos são conduzidos por microrganismos como o estímulo do processo metabólico que são essenciais na solubilização e mineralização do P (CONTE et al., 2003). Estas ações incluem a excreção de íons hidrogênio, liberação de ácidos orgânicos, produção de sideróforos, produção de enzimas fosfatases e fitases que são capazes de hidrolisar ésteres e anidridos de H_3PO_4 , convertendo P orgânico e seus prótons associados, que atuam dissolvendo diretamente o material fosfático, sendo assim genuinamente o processo biológico desenvolvida por fungos micorrízicos (PARTLLI et al., 2009; BENEDITES et al., 2013, p. 23).

Os microrganismos ainda atuam também no ciclo do N, incluindo o processo biológico de grande relevância para o desenvolvimento deste projeto, conhecido como é a FBN(HUNGRIA et al., 2001, p. 12).O nitrogênio (N) está entre os nutrientes mais importantes e requeridos em maior quantidade pela maioria das culturas, incluindo a soja e outras espécies produtoras de grãos, sendo esses últimos alimentos ricos em proteínas, com teor médio de 6,5 % de N (PERIN et al., 2004, p. 37). No solo, a pouca reserva de N está contida na MOS e é considerada limitada, podendo ser rapidamente utilizada e esgotada após algumas safras. Além disso, as condições de alta temperatura e umidade, na maioria das regiões brasileiras, aceleram o processo de decomposição da MO e, conseqüentemente, a formação de N facilmente perdido no ambiente (BRITO et al., 2011).

Na agricultura, para suprir a demanda de N exigida pelas culturas para a obtenção de altas produtividades, sem depender exclusivamente dos microrganismos, faz-se o uso, principalmente, de fertilizantes nitrogenados que se configuram em um custo elevado para o produtor. Além do custo e processo oneroso na produção de fertilizantes, ainda há o agravante relacionado a baixa eficiência de seu uso pelas plantas, em que raramente ultrapassa

50 %, isto é, a cada 100 kg de fertilizantes que utilizamos em uma determinada lavoura apenas 50 kg será utilizado pelas plantas e o restante será perdido em pouco tempo por lixiviação, volatilização e transformação em formas gasosas (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

A forma natural de se obter N, além da mineralização da MO, é através da fixação biológica do elemento nas lavouras, responsável pela manutenção da sustentabilidade da produção. Em resumo, a FBN ocorre pela ação de bactérias que, quando associadas a espécies vegetais leguminosas, formam pequenos nódulos nas raízes dessas plantas, local que irão habitar e depositar N na forma inorgânica. No caso da soja, por exemplo, a espécie de bactéria que melhor se adapta e tem o maior potencial de fixar N é a *Rhizobium japonicum*. Os estudos mais avançados de taxonomia das bactérias foram detectados diferenças significativas, particularmente genéticas, entre as estirpes das bactérias, tendo como resultado a reclassificação em duas novas espécies, *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*. Em termos populares essas bactérias são reconhecidas como rizóbio ou bradirrizóbio (ALBINO & CAMPOS, 2001). Já para Pereira et al. (2007, p. 1399) pesquisas de bactérias fixadoras de N₂ ou diazotróficas associadas as plantas têm mostrado a ocorrência de uma ampla variedade de microrganismos isolados a partir das mais variáveis famílias do reino vegetal e solo. Para Hungria et al. (2007, p. 37) o processo da FBN inicia quando:

“a formação de um simples nódulo é resultante de um processo complexo, envolvendo diversos estádios. Inicialmente, as sementes em germinação e as raízes exsudam moléculas que atraem quimicamente os rizóbios, outras que estimulam o crescimento das bactérias na rizosfera da planta hospedeira e outras que desencadeiam a expressão de diversos genes, tanto da bactéria como da planta hospedeira. A seguir as bactérias penetram nas raízes e provocam o crescimento de células específicas da planta hospedeira, formando os nódulos, onde ficam alojadas.

A incorporação de N através da FBN nos mais variados ecossistemas de nossas lavouras faz parte dos ciclos biogeoquímicos naturais (DOBEREINER, 1990, p. 1448). Para entender esse processo biológico deve haver inicialmente a compreensão das espécies de bactérias capazes de fixar o N e sua classificação filogenética. Também é importante entender, para assimilar esse complexo sistema, os sistemas fisiológicos de equilíbrio entre enzima Nitrogenase e o seu maior inimigo, o O₂, por compreensão dos processos enzimáticos ligados à assimilação do N fixado nas células microbianas e sua interação com a Nitrogenase (FERREIRA et al., 2000).

Como vimos, esses são apenas alguns exemplos da importância que os microrganismos apresentam no equilíbrio, maximização da produtividade agrícola, e para manter a sustentabilidade do planeta. Nesse sentido, muito tem se pensando sobre a análise biológica ou a utilização de bioindicadores como importante ferramenta no estudo do solo que antecede a implantação de um cultivo agrícola.

2.10. Fatores biológicos e ambientais

O fator primordial para a sobrevivência dos microrganismos em determinado ecossistema são as condições desse ambiente, incluindo a diversidade de microrganismos e a interação entre eles e a microclimatologia, que são importantes fatores para o estabelecimento e manutenção da microfauna do solo no ecossistema (RODRIGUES et al., 2011, p. 630). As bactérias são formadoras do maior grupo de microrganismo comparado aos diversos grupos encontrados no solo, estimando-se que possa ter mais de 800 espécies de bactérias (RODRIGUES et al., 2011), com grande diversidade fisiológica e alta adaptabilidade em ambientes diversos, enquanto existem apenas 400 espécies conhecidas de fungos no solo (FRAGAS et al., 2012). Essas características são frequentemente valorizadas no processo de seleção de indivíduos tolerantes a fatores do ambiente que causam estresses como pH, temperatura, acidez do solo, dentre outros (COSTA & COSTA, 2009).

A aeração e porosidade do solo são outros fatores que influenciam diretamente sobre a manutenção microbiológica do solo (STEFANOSKI, 2013). O volume total dos poros de um solo varia entre 50 a 60 %, e tem cerca de 15 % a 43 % ocupado por água e o restante por gases, encontrados no solo e na atmosfera (N_2 , O_2 , CO_2 e outros). O agente oxidante mais utilizado pelo sistema biológico do solo é o O_2 , que atua diretamente no potencial de oxirredução e nos processos bioquímicos solo, favorecendo os microrganismos heterotróficos e o processo de mineralização da MO (PAVINATO & ROSALEM, 2008).

Apesar do registro de inúmeras pesquisas desenvolvidas na área de solos, existem uma infinidade de relações sobre as atividades dos microrganismos e os fatores ambientais que ainda não se tem o conhecimento completo (MACHADO & STIPP, 2003). A microbiologia do solo está diretamente relacionada com o microclima a qual está submetido e um exemplo disso reside na contribuição de ambientes mais úmidos no desenvolvimento da biomassa microbiana, e do efeito negativo do ressecamento do solo, observados sob atividades que exijam a retirada da cobertura vegetal da área (ALVES et al., 2011). O estudo de Dadalto et

al. (2015) mostrou que quando a biomassa microbiana e a umidade não são adequadas para a sobrevivência dos microrganismos os mesmos têm sua comunidade diretamente afetada.

A biomassa microbiana do solo é composta por uma grande variedade de espécies, que apresentam diferentes suscetibilidades para períodos de estiagem (NETO et al., 2014). Na pesquisa desenvolvida por Andréa & Hollweg (2004), que induziram a secagem do solo e depois o umedeceram, perceberam que a biomassa era mais resistente que as outras de solos úmidos. A redução de umidade no solo reduz a quantidade de soluto e, portanto, os microrganismos adaptados a áreas secas têm maior resistência a escassez de nutrientes. Por outro lado, comprova-se que o solo com umidades e aeração adequadas possui atividades microbianas mais estáveis (VASCONCELOS et al., 2015).

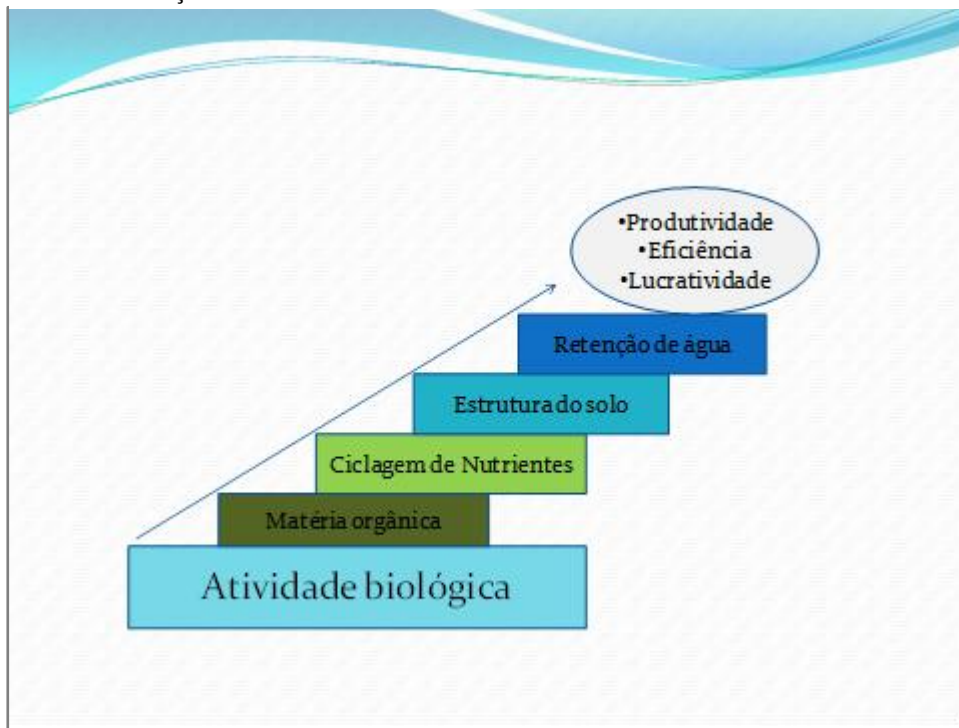
2.11. Bioanálise de solo

A microbiota do solo é responsável pelo equilíbrio ecológico nesse ambiente e, a partir desse pressuposto, pesquisadores da Embrapa desenvolveram e tem aprimorado a Tecnologia de Bioanálise do Solo (BioAS), que inclui o componente de análises enzimáticas às análises de solos de rotina. A BioAS é fruto de mais de duas décadas de estudo da instituição em busca dos melhores e mais robustos bioindicadores de qualidade do solo. Em dezembro de 2020, a Embrapa lançou um material desenvolvido sobre a BioAS que, para profissionais da área da agronomia, auxiliará na tomada de decisões sobre manejo do solo que antes eram considerados insuficientes somente com a análise de fertilidade do solo, análise convencional que avalia os parâmetros químicos, ou análises básicas de parâmetros físicos, ambos deixando uma lacuna quanto aos parâmetros biológicos, que possui grande influência sobre os outros dois parâmetros (MENDES et al., 2018). A bioanálise não substitui as análises químicas e físicas, que são procedimentos consolidados e eficientes no mercado, mas funciona como um complemento para evitar perdas incalculáveis para a sustentabilidade na produção agrícola (FRANCO et al., 2020).

A princípio, o BioAS contempla as análises de duas enzimas como indicadores da qualidade biológica do solo, a Beta-Glicosidase e a Arilsulfatase, proteínas relacionadas ao ciclo do C e do S, respectivamente, que são produzidas e excretadas por microrganismos no solo, com funções de auxiliar a decomposição da MO (MENDES et al., 2020). A partir dessas análises é possível verificar que quanto maior a presença dessas enzimas no solo, maior é a atividade biológica dele e, portanto, maior pode ser o índice de qualidade biológica desse solo (SILVA, 2006, p. 53). Na Figura 3 é possível verificar a relação da atividade biológica e a recuperação de um determinado solo, através do aumento da atividade biológica, evidenciada

pela atividade enzimática que constitui o primeiro degrau na escada de desenvolvimento e fertilidade de um solo.

Figura 2. Fluxograma de demonstração de atividades biológicas como base para uma crescente evolução na melhoria do solo.



Fonte: Adaptada de Mendes et al. (2020).

A capacidade do solo de estabilizar e proteger enzimas está relacionada em sua capacidade de armazenar e estabelecer a MO. Essas enzimas foram escolhidas por serem altamente sensíveis a mudanças no padrão de atividades biológicas no solo, por se correlacionar bem com a produtividade e com outros indicadores biológicos de mais difícil determinação (MELLONI et al., 2008).

Pelo fato de não sofrerem processos no solo que as protegem de serem rapidamente degradadas, elas acabam se protegendo e permanecem de forma acumulativa no solo. Com os resultados da BioAS, o agricultor tem a possibilidade de monitorar o equilíbrio da fertilidade e saúde de suas áreas produtivas, fundamentado no que será analisado, como avaliar, quando e como interpretar, ou ainda se os níveis enzimáticos estão adequados ou não para a produção (PILLON et al., 2002, p. 26).

A avaliação de bioindicadores é uma grande evolução no desenvolvimento sustentável no mundo com o equilíbrio ambiental. Com a análise de bioindicadores será possível identificar com mais precisão as alterações que ocorrem no solo, decorrentes do manejo utilizado naquela área produtiva (MENDES et al., 2020a).

2.11.1. β -Glicosidase e a Arilsulfatase

Dentre as atividades enzimáticas do solo, as enzimas β -Glicosidase e a Arilsulfatase são comumente utilizadas como indicadores bioquímicos do ambiente edáfico por apresentarem alta sensibilidade às alterações provocadas pelos sistemas de manejo sob agroecossistemas. Além disso, a estreita relação entre a dinâmica da MOS e as enzimas no solo justificam a escolha desse parâmetro para a avaliação de qualidade, produtividade e sustentabilidade da produção agrícola (MENDES et al., 2020b).

Essas enzimas são ainda associadas a outros indicadores microbiológicos de qualidade ou atributos do solo como a respiração basal, a atividade da desidrogenase, celulosas, o que permite usá-la para a avaliação como Bioindicador do solo (MOREIRA, 2006; MENDES et al., 2020c, p. 8; ANDRADES, 2021). Em adição, além de serem associadas às atividades enzimáticas dos seres vivos, podem ser relacionadas as enzimas associadas às frações não vivas. Observando todas essas características, Mendes et al. (2020 d, p. 8) cita que:

“Isso confere aos métodos BioAS vantagens importantes como: a) as enzimas Arilsulfatase e β -glicosidase são parâmetros integradores relacionados a todos os componentes biológicos do solo (plantas, animais, e microrganismos), e b) por não estarem associados somente ao componente vivo, podendo ser absorvidas em partículas de argila e na matéria orgânica, funcionando como impressão digital dos sistemas de manejo aos quais o solo foi submetido, permitindo, dessa forma acessar o que ilustrativamente definimos como memória do solo.”

A Tabela 1 representa as classes de interpretação definidas por Mendes et al. (2018) para amostras de solo coletadas no período pós colheita e preparadas de forma semelhante às amostras utilizadas para análises da fertilidade do solo. As cores são utilizadas para tornar a visualização das classes dos bioindicadores de forma ainda mais didática e simples, coincidindo com a simplicidade da própria análise frente à relevância dentro da análise da qualidade do solo.

Tabela 1. Classes de interpretação dos bioindicadores de qualidade de Latossolos de cerrado sob cultivos anuais e mata nativa, na profundidade de 0 a 10 cm para amostras coletadas no período pós colheita e secas ao ar.

Bioindicador	Classe de Interpretação (mg de p-nitrofenol kg ⁻¹ de solo)		
	Baixo	Moderado	Adequado
β -Glicosidase	≤ 66	67 – 115	> 116
Arilsulfatase	≤ 30	31 – 70	> 71

Fonte: Adaptado de Mendes (2018)

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Analisar os indicadores biológicos, de qualidade do solo das áreas de cultivos de soja e milho na região de Santarém, Mojuí dos Campos e Belterra/PA, e compará-las entre si.

3.2. Objetivos Específicos

- Analisar e quantificar os indicadores biológicos do solo em áreas com diferentes texturas;
- Avaliar a qualidade do solo em cultivos de soja e milho;
- Efetuar e analisar a comparação entre as áreas de soja e milho com diferentes texturas.

4. JUSTIFICATIVA

O solo do mundo vem sofrendo com as degradações, causadas pelo ser humano, ameaças como compactação, erosão, perda de matéria orgânica, lixiviação de nutrientes, chegam a um terço das terras cultivadas. A degradação do solo é muito grande, e os impactos podem trazer grandes problemas para milhares de pessoas no mundo. A situação tem a mesma origem com a exploração inadequada pelo homem. A biodiversidade corre vários riscos, a cerca de 25% de todas as espécies que vivem no solo, em apenas 1m² vivem bilhões de organismos, que estão diretamente ligados a síntese do carbono, são responsáveis por disponibilizar os nutrientes para as plantas, por sua vez ameaçada por usos inadequados de produtos e práticas agrícolas não adequada, por falta de informação (BERTH, 2015, p. 134).

O estudo avaliará os Bioindicadores de qualidade do solo dos cultivos de soja e milho, através da BioAS de amostra de solo que serão coletadas e analisadas em laboratórios certificados pela EMBRAPA, para que possamos ter informações que os mesmos trazem a anos de cultivos, e através desses resultados, ter como contribuir e buscar soluções e alternativas de produção de alimento, com menos impactos. No entanto, não há estudos no âmbito de avaliar a qualidade biológica do solo nos cultivos de grão na Amazônia, isto acaba dificultando na escolha de práticas de manejo que causam menores danos a qualidade do solo e no desenvolvimento de outras pesquisas. Ademais, contribui para que possamos avaliar quais dos manejos têm mais impacto sobre a sustentabilidade do solo, que é entrelaçada com os demais fatores ecológicos.

Uma das motivações para o desenvolvimento desta pesquisa é que nem sempre as alterações nas propriedades químicas e físicas, em particular os teores de MO, são capazes de identificar se ocorreram modificações nos solos de áreas produtivas, assim a vantagem da

análise dos bioindicadores. As enzimas são mais sensíveis que os indicadores físicos e químicos, detectando com antecedência as modificações que ocorrem no solo, em função do manejo utilizado (mapeando, através da memória do solo). Além disso, a bioanálise permite obter as condições do solo em termo de ciclagem de nutriente, armazenagem e suplemento, e os índices de qualidade de solo em termos biológicos. Assim permitindo uma avaliação ampla da qualidade do solo.

Esperamos comprovar que a produção de alimentos com o auxílio de uma análise completa de todos os parâmetros químicos, físicos e agora biológicos tem um menor impacto sobre o ecossistema do solo, focando suprir as necessidade nutricional dos seres humanos, e as necessidades de sobrevivência do solo, com a estabilidade dos milhões de organismos vivos presentes, e com possibilidades de desenvolverem suas funções metabólicas para que as plantas prossigam sem dificuldades nutricionais.

5. HIPÓTESES

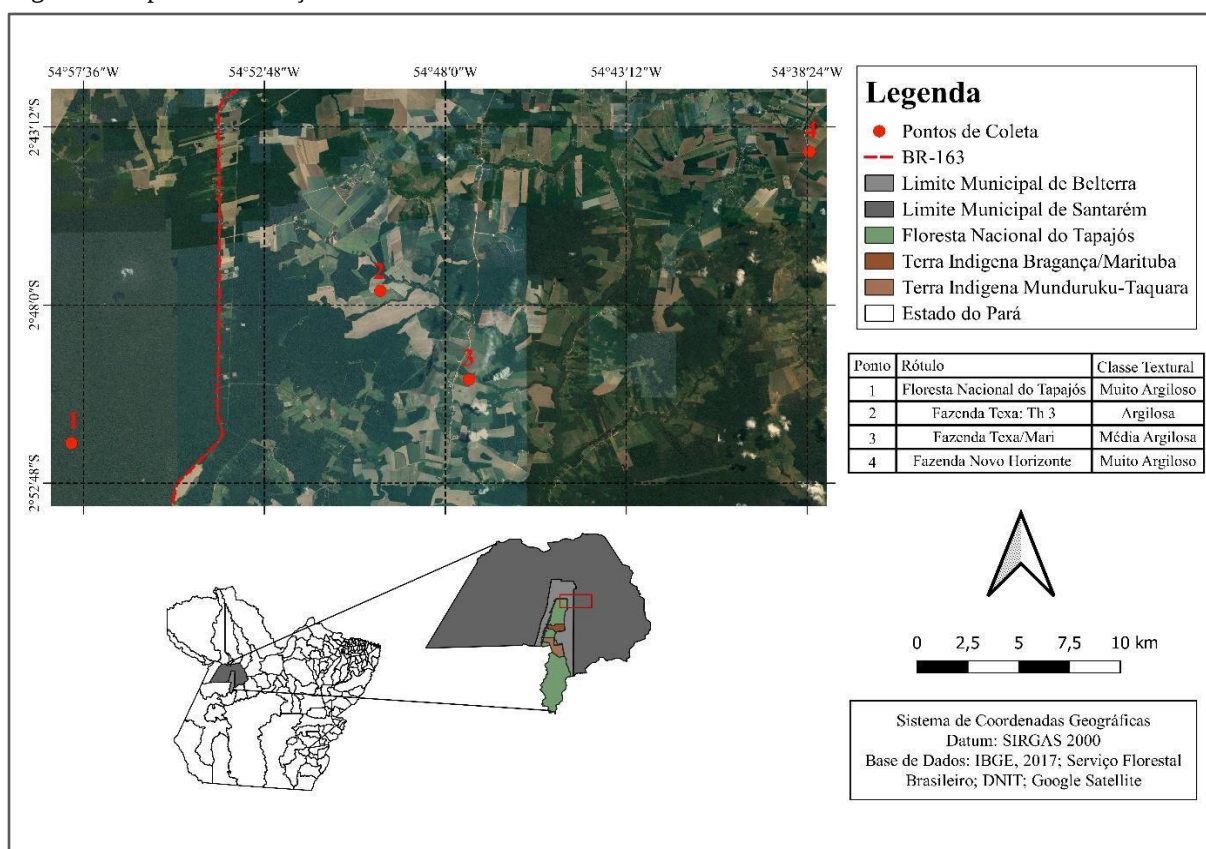
- a) A maior atividade biológica, indicada pela atividade de enzimas no solo, é um indicador da qualidade e da produtividade dos solos;
- b) A análise convencional do solo, química e física, deixa uma lacuna no manejo e fertilidade das áreas produtivas.

6. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em áreas de produção agrícolas nos municípios de Santarém, Mojuí dos Campos e Belterra, Oeste do Estado do Pará, na região do baixo Amazonas e na Floresta Nacional do Tapajós. Segundo a classificação de Köppen, utilizado por Martorano (1991), o Estado do Pará está sob influência de três tipos climáticos (Af, Am e Aw) e o mês mais seco possui média de precipitação inferior a 60 mm, para o tipo Am e Aw e Af é igual ou superior a 60 mm. O nível pluviométrico anual varia de 2.000 mm a 3.000 mm, distribuído irregularmente, e um pequeno período seco. Porém o mês atual chama atenção para a alta variabilidade espacial do clima no estado. O clima nos três municípios por ter uma proximidade relevante se enquadra na classificação Am4, uma vez que o mês mais seco apresenta média de precipitação inferior a 60 mm e a precipitação média anual está entre 1.500 mm a 2.000 mm. O período seco se estende de julho a novembro aproximadamente. De acordo com a denominação sugerida por Veloso (1991).

O estudo foi conduzido em duas propriedades rurais e na Floresta Nacional do Tapajós, sendo esta última, considerada como área de referência absoluta (Figura 3). A FLONA é uma Unidade de Conservação criada por Decreto em 1974 e destina-se, principalmente, à exploração sustentável dos recursos florestais e à pesquisa científica. A área de estudo localiza-se sob as coordenadas -2,86199190416132 de latitude e -54,9653728473364 de longitude. A textura do solo foi classificada como Muito Argilosa e a coleta ocorreu nas profundidades de 0 a 10, camada diagnóstica para a análise microbiológica, e 10 a 20, camada importante na determinação do armazenamento e ciclagem de nutrientes.

Figura 3. Mapa de localização das áreas de estudo



Fonte: O autor

As duas propriedades selecionadas para o estudo foram a Fazenda Texa e a Fazenda Novo Horizonte localizadas no município de Santarém a, aproximadamente, 3 km uma da outra. Na Fazenda Texa, foram selecionados dois talhões, sendo o primeiro (Th 03), classificado como solo de textura argilosa com 100 hectares. Antes de ser adquirida pelo atual proprietário, a área era cultivada com pastagem e encontrava-se em processo de degradação. Em 2019, a área foi preparada para o cultivo de soja e milho (culturas anuais). O preparo de

área utilizado foi o convencional para cultivo de grãos em sistema de plantio convencional. No mesmo ano foi realizada uma calagem com 3 toneladas por hectare de calcário e 600 kg de NPK na formulação 4-20-30. No ano seguinte foi realizada uma nova adubação com 500 kg de NPK 5-25-25 e, em 2021, foi realizada nova calagem com 3 toneladas por hectare de calcário e adubação com 500 kg de NPK 4-20-30.

O segundo talhão na Fazenda Texa (Th 02) foi classificado como solo de textura Média Argilosa com uma área de 80 hectares. Semelhante ao Th 03, essa área era, anteriormente, cultivada com pastagem em estado de degradação e foi preparada de forma tradicional para o cultivo de soja e milho em sistema sem o uso da técnica de plantio direto. A calagem e adubação da área foram semelhantes às utilizadas na área anterior.

O talhão escolhido na Fazenda Novo Horizonte possui uma área de 50 hectares e o solo foi classificado como Muito Argiloso. A área foi aberta no ano de 2010 para o cultivo de soja e milho. Anteriormente era uma área de floresta secundária que foi derrubada para a realização do preparo. No primeiro ano de cultivo, foram incorporadas 3 toneladas de calcário e 500 toneladas de NPK 4-25-30. Desde então, a cada duas safras são incorporados 1 t ha⁻¹ de calcário e 1,5 t ha⁻¹ de cama-de-aviário. No ano de 2020, foram incorporadas 1,6 t ha⁻¹ de gesso agrícola e passou a ser empregado o plantio de gramíneas forrageiras para fornecer cobertura e incrementar matéria orgânica ao solo, além da palhada da própria cultura produzida em sistema de plantio direto. Em 2021, foi realizada uma nova adubação com 250 kg de NPK 5-20-30 e o plantio da forrageira no período da entressafra.

6.1. Produtividade e teor de argila das áreas

De acordo com dados obtidos junto aos administradores das propriedades agrícolas analisadas observou-se que a fazenda Novo Horizonte se destaca quanto à produtividade média dos últimos 3 anos de cultivo. A produtividade de milho foi de, em média, 1280 kg em relação à área da fazenda Texa com solo de textura argilosa e 1450 kg maior em relação à área da fazenda Texa como solo com textura média-argilosa. Já em relação à produtividade de soja, a fazenda Novo Horizonte produziu 550 e 800 kg a mais em relação às áreas da fazenda Texa.

A área da fazenda Novo Horizonte apresentou os maiores teores de argila no solo, o que influencia diretamente a disponibilidade de nutrientes, CTC (Capacidade de Troca de Cátions) e a retenção de água no solo, favorecendo o desenvolvimento dos cultivos. Além disso, a superfície específica em solos argilosos é maior do que em solos mais arenosos, o que

proporciona um ambiente adequado para o desenvolvimento de microrganismos. A CTC e o tipo dominante de carga no solo (+, - ou sem carga) afetam diretamente a interação entre os microrganismos e o solo (MOREIRA, 2006).

Tabela 1. Produtividade média e teor de argila das áreas de estudo.

Área	Solo	Produtividade média* Soja	Produtividade média* Milho	Teor de argila dos solos avaliados (g kg ⁻¹)
N. Horiz.	Muito argiloso	3.600	6.000	845,60
Texa1	Argiloso	3.050	4.720	585,00
Texa2	Médio argiloso	2.800	4.550	195,00

*Produtividade média dos últimos 3 anos de cultivo

6.2. Procedimento de coletas

Foi utilizada a tecnologia BioAS, desenvolvida pela EMBRAPA Cerrado, para o processo de coleta e análise das amostras, que consiste na avaliação da atividade da β -glicosidase e Arilsulfatase no solo. É imprescindível que a profundidade de amostragem seja de 0 cm a 10 cm, porque essa é a camada diagnóstica quando da avaliação da qualidade biológica do solo. No entanto, na BioAS completa, que envolve detectar as condições não somente de ciclagem, mas também, de armazenagem de suprimento de nutrientes do solo, bem como as determinações dos índices de qualidade biológica química e estes calculados de forma agregada, o índice de qualquer FertBio, uma segunda amostragem de solo preferencialmente deve ser analisada, normalmente na camada de 0 a 20 cm. Foi utilizado, para coleta das amostras de solo, um trado holandês e dois baldes de 10 L para mistura das amostras simples.

Figura 4. Procedimentos de amostragem do solo



Fonte: O autor

6.3. Processamento de amostras

O procedimento para a coleta para bioanálise é semelhante ao das amostras convencionais já feitas. Em áreas sob cultivos anuais são feitas múltiplas coletas nas linhas e entrelinhas do último cultivo para formar uma amostra de solo composta. O número de amostras compostas deve ser o suficiente para que a amostra seja representada da área. O solo coletado deve ser seco ao ar e peneirado em peneira com malha de 2 mm.

6.4. Período de coleta

A coleta foi realizada no final do período chuvoso, após a colheita da soja e milho, coincidindo com a amostragem para análises química de solo, nos meses de agosto a setembro de 2021. Essa metodologia de coleta foi adotada para facilitar o processo de análise para os produtores, de forma que não seja necessárias diferentes coletas para as análises de fertilidade e dos bioindicadores. Dessa forma, a mesma amostra pode ser preparada e utilizada para as duas análises. Foi desenvolvida uma tabela (Tabela 1) de interpretação, com base na tecnologia BioAS, exclusiva para amostras coletadas após a colheita e secas ao ar (Mendes et al., 2018). Para coleta das coordenadas das áreas analisadas, foi utilizado o aplicativo para dispositivos móveis CLOVER CRM, desenvolvido pela DATACOPER.

6.5. Análise enzimática

As amostras foram analisadas de acordo com a Tecnologia BioAS no laboratório da EMBRAPA Amazônia Oriental na cidade de Belém, no Pará. A análise da enzima β -glicosidase foi realizada por determinação colorimétrica do p-nitrofenol que é liberado pelas β -glicosidases do solo quando este foi incubado com uma solução de p-nitrofenil- β -D-glicopiranosídeo. Para isso, o solo foi peneirado em peneira de 4 mm e todos os pedaços de tecidos e plantas mais grosseiros devem ser retirados com pinças de forma a eliminar possível interferência de resíduos orgânicos. A leitura é feita em espectrofotômetro a 420 nm (TABATABAI, 1994; DICK *et al.*, 1996).

A análise da Arilsulfatase foi realizada pela determinação colorimétrica de p-nitrofenol que foi liberado pelas enzimas do solo quando incubado com solução tamponada de p-nitrofenol sulfato. O solo foi peneirado em peneira de 4 mm e todos os pedaços de tecidos e plantas mais grosseiros devem ser retirados com pinças de forma a eliminar possível interferência de resíduos orgânicos. A determinação da intensidade da coloração amarela foi realizada em espectrofotômetro a 410 nm (TABATABAI, 1994; DICK *et al.*, 1996).

6.6. Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à estatística descritiva, análise de variância ($p < 0,05$) e teste de Tukey ($p < 0,05$) utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Além disso, foi realizada análise multivariada de componentes principais (ACP) dos dados utilizando o software R (R CORE TEAM, 2021) para se obter uma representação visual das principais características e distribuição dos atributos biológicos do solo das diferentes áreas.

Para a construção do gráfico de Componentes Principais foram utilizados os dados dos bioindicadores analisados em ambas as profundidades a fim de construir uma visualização que levasse em conta toda a camada inicial alcançada pelas raízes de culturas anuais como soja e milho. A localização/textura foi definida como variável qualitativa no intuito de visualizar o padrão de distribuição das cargas vetoriais dos resultados. Dessa forma, é possível visualizar relações entre o local de coleta com os resultados melhores ou piores em relação aos bioindicadores.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 apresenta a atividade enzimática e as classes de interpretação dos bioindicadores de qualidade do solo, representados pelas cores vermelho (baixo), amarelo (moderado) e verde (adequado), modelo baseado nos estudos de Lopes (2018) e Mendes (2018). As classes de interpretação, construídas através de modelos de regressão baseados em sistemas de calibração de nutrientes, representam, de forma geral, o estado do solo quanto à atividade enzimática (Mendes, 2018).

Observa-se que a atividade da Arilsulfatase se apresentou como adequada em todas as áreas e profundidades estudadas, apesar de apresentarem diferenças entre si pelo teste de Tukey, com a área da FLONA apresentando os maiores valores de atividade desta enzima (324.81), mais que o dobro em relação às demais áreas (Tabela 2). A atividade da Arilsulfatase, também, foi estatisticamente diferente na fazenda Novo Horizonte (solo muito argiloso) que foi inferior aos resultados da FLONA, porém, superior aos resultados das áreas na Fazenda Texa. O resultado para a FLONA era esperado por se tratar de uma área de mata nativa e pouco antropizada. O elevado aporte de matéria orgânica proveniente da decomposição de restos animais e vegetais contribui para a elevada atividade biológica desse solo, o que promove um residual enzimático refletido nos resultados observados. De forma semelhante, a fazenda Novo Horizonte se destaca por conta do histórico de ser, anteriormente, uma área de mata secundária e, após sua abertura para cultivos anuais, ter sido sempre manejada com uso de cobertura do solo, plantio direto e incremento de matéria orgânica com a aplicação de cama de aviário anualmente (MENDES et al., 2018; LOPES et al., 2018; MENDES et al., 2021)

Tabela 2. Médias e teste de Tukey ($p < 0.05$) dos valores de atividade enzimática (μg de p-nitrofenol g^{-1} de solo) e classes de interpretação dos bioindicadores de qualidade do solo para as diferentes áreas e texturas de solo analisadas.

Profundidade (cm)	Local/Textura	β -glicosidase	Arilsulfatase
0 a 10	Flona/Muito argiloso	37.82 b	324.81 a
	NH/Muito argiloso	83.47 a	137.18 b
	Texa1/Argiloso	43.98 b	96.64 c
	Texa2/Médio Argiloso	39.74 b	112.54 bc
10 a 20	Flona/Muito argiloso	21.26 c	277.16 a
	NH/Muito argiloso	50.14 a	154.09 b
	Texa1/Argiloso	31.37 b	112.86 bc
	Texa2/Médio Argiloso	31.96 b	101.85 c

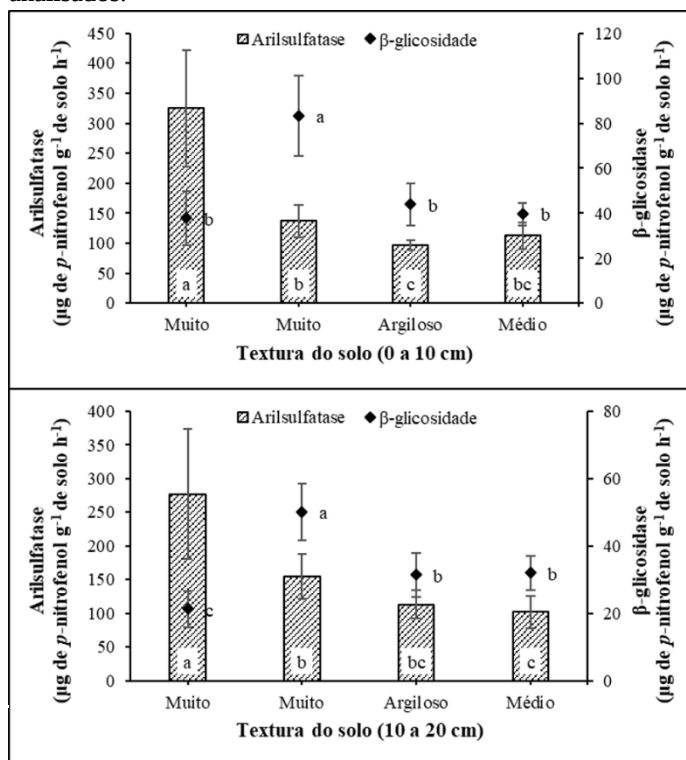
Observa-se que, para as áreas da Fazenda Texa, independente da classe de solo, foram verificados valores de atividade enzimática inferiores aos solos das áreas da FLONA e da

Fazenda Novo Horizonte (Tabela 2; Figura 5). Tendo em vista que, anteriormente, as áreas eram pastagens em estágio de degradação que foi convertida para plantios anuais, percebe-se a importância do manejo adequado, que garanta que o solo tenha condições estruturais, químicas e biológicas de suportar o manejo de culturas anuais (SILVA, 2006, p. 53; MENDES et al., 2021). É importante notar que a atividade da β -glicosidase foi categorizada como regular, sendo superior a todas as demais áreas, inclusive a área da FLONA. Este resultado demonstra que o manejo baseado no plantio direto e na adição de matéria orgânica anualmente são técnicas que aumentam notadamente a qualidade do solo (PILLON, et al. 2002, p. 26; MENDES et al., 2018; 2021).

A figura 5 demonstra graficamente a diferença entre as áreas estudadas. Essas diferenças apontam para a melhora das condições biológicas do solo na Fazenda Novo Horizonte. Condições essas que influenciam, também, nos fatores químicos e estruturais do solo sejam no curto ou longo prazo (LOPES et al., 2018; MENDES et al., 2021). Nota-se, ainda, que as áreas da fazenda Texa são semelhantes entre si devido ao manejo e histórico de degradação que são semelhantes para as áreas, independente da classe de solo diferente. Para este estudo, a textura do solo não foi determinante para os resultados diferentes, possivelmente por serem todos solos com presença de argila, que é importante para a formação de agregados e para a fertilidade e produtividade das lavouras (LIRA, 2017).

Observou-se, ainda, que a produtividade média dos últimos 3 anos de cultivo foi superior na área da fazenda Novo Horizonte tanto na safra de soja quanto de milho. A safra de soja foi 550 e 800 kg maior em relação às demais áreas e a safra de milho foi 1280 e 1450 kg superior. Tal diferença é marcante quando observados os fatores relacionados ao manejo de solo aplicado desde o início do cultivo da área. Na fazenda Novo Horizonte, a área cultivada era, anteriormente, uma mata secundária, o que, por si só, já representa um aporte de matéria orgânica maior e uma proteção mais ampla do solo em relação às demais áreas que, antes do plantio de soja e milho, eram áreas de pastagem degradada. Mendes et al. (2018) e Lopes et al. (2018) destacam a importância de um manejo minimamente adequado para a melhoria dos bioindicadores de solo e sua consequente influência sobre a produtividade da área. Soma-se a isso, o aporte anual de matéria orgânica (cama-de-aviário) e a utilização do método de plantio direto, que aumenta a quantidade de matéria orgânica e protege o solo contra erosão e perda de água.

Figura 5. Gráfico de atividade enzimática em cada um dos solos analisados.

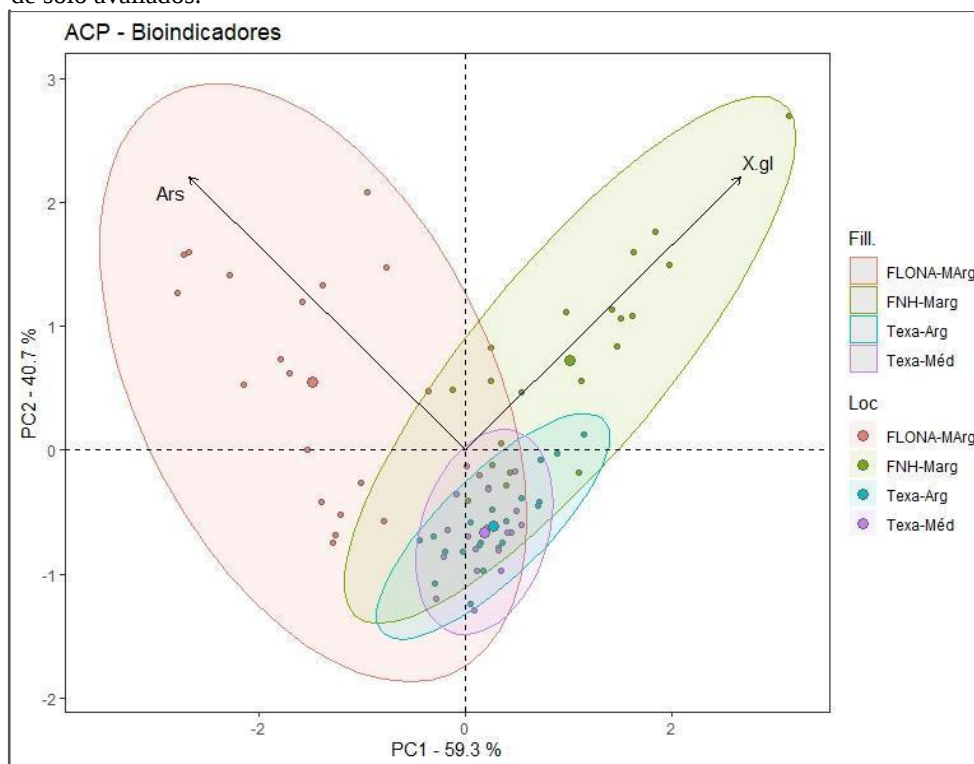


Fonte: O autor

Com base nos resultados demonstrados acima, pode-se observar a relevância de adotar boas práticas de manejo do solo ao longo dos anos de cultivo e como ela pode ajudar a melhorar a qualidade deste mesmo com anos de exploração intensa dos recursos. O plantio direto é uma boa prática amplamente reconhecida e utilizada para promover a proteção do solo e por aumentar o teor de matéria orgânica a longo prazo. Tal prática não era adotada, por exemplo, nas áreas da fazenda Texa, que apresentavam menor atividade enzimática, o que representa uma memória incompleta em relação ao seu desenvolvimento que foi perdida por conta das práticas que degradam o solo (MENDES et al., 2018; 2021).

A produtividade de soja e milho também está diretamente relacionada com a disponibilidade de nitrogênio do solo, visto que é o nutriente mais absorvido pelas plantas e é um dos principais componentes das proteínas e enzimas. Grande parte do nitrogênio no solo está presente na matéria orgânica do solo e, para ser disponível às plantas, precisa passar por certas transformações que são mediadas, em grande parte, por microrganismos e enzimas do solo. Daí a importância atividade biológica do solo para a boa produtividade das lavouras. Solos com maior teor de matéria orgânica e com maior atividade biológica tendem a ser mais produtivos, especialmente quando manejados de forma correta (MIWA; FREIRE; CALIJURI. 2007; DUETE, et al. 2008).

Figura 6. Gráfico da Análise de Componentes Principais dos Bioindicadores de qualidade de solo avaliados.



Fonte: O autor

De acordo com a Análise de Componentes Principais (Figura 6), as variáveis analisadas explicam 100% da variação total do estudo e apresentam, ainda, a mesma contribuição individual e não se correlacionam. Isso demonstra que ambas as enzimas estudadas e utilizadas na tecnologia BioAS são relevantes para o estudo da qualidade biológica do solo (MENDES et al., 2018; 2021). Analisando os fatores qualitativos atribuídos (Localização/textura), percebe-se que as áreas da FLONA e da Fazenda Novo Horizonte se destacaram de formas diferentes. Os dados da FLONA estão mais agrupados e relacionados à atividade da Arilsulfatase, enzima participante do ciclo do enxofre. A área da FLONA foi a que apresentou os maiores valores para a atividade dessa enzima por conta das melhores condições do solo para a ciclagem de nutrientes. Por outro lado, a Fazenda Novo Horizonte destacou-se pela atividade da β -glicosidase, que foi maior do que as áreas da fazenda Texa somadas e mais do que 2 vezes maior do que na área da Floresta Nacional do Tapajós. Essa análise corrobora a hipótese de que o manejo do solo com cobertura (plantio direto) e adição frequente de matéria orgânica (cama-de-aviário) promoveram o incremento na atividade enzimática e, por consequência, na melhora da qualidade do solo (LOPES et al., 2018; MENDES et al., 2018; 2021).

A β -glicosidase atua na fase final da decomposição da celulose, sendo responsável pela hidrólise de ligações β -D-glicosídicas de uma vasta gama de compostos, entre eles, dissacarídeos e oligossacarídeos de cadeia curta, liberando moléculas de glicose de suas extremidades não redutoras (ANDRADES, 2021). Assim, a ação dessa enzima secretada por microrganismos é fundamental para que estes obtenham a glicose que será utilizada em seu metabolismo.

A alta atividade da β -glicosidase na área da fazenda Novo Horizonte pode ser atribuída o alto teor de argila, que favorece a interação dos microrganismos com os colóides do solo (MOREIRA, 2006. p. 90) aliado do teor de matéria orgânica proveniente dos anos de cultivo em sistema de plantio direto, que melhora o ambiente para a ciclagem do carbono pois oferece uma área de interação maior tanto com a argila do solo quanto com a MO (MOREIRA, 2006. p. 90-93; ANDRADES, 2021. p. 3-4). A baixa atividade da β -glicosidase na área da FLONA pode estar relacionada à tolerância da enzima à glicose, visto que pode haver um efeito inibitório da glicose sobre a atividade catalítica da β -glicosidase (CAO et al., 2015). No entanto, mais estudos são necessários para avaliar os motivos da atividade dessa enzima ter sido abaixo do esperado, de modo que as práticas de manejo sejam otimizadas para obter a máxima eficiência enzimática.

8. CONCLUSÕES

1. A atividade da β -glicosidase foi significativamente maior na área da Fazenda novo horizonte, demonstrando que o sistema de plantio direto e a adição de matéria orgânica favoreceram a atividade biológica nesse solo.
2. A atividade da Arilsulfatase foi superior na área da FLONA e da fazenda Novo Horizonte em relação às áreas da fazenda Texa em função da deposição de matéria orgânica (FLONA) e do manejo com plantio direto e adubação orgânica anual (Fazenda Novo Horizonte).
3. Mais estudos são necessários para verificar os motivos da baixa atividade da β -glicosidase nas áreas da FLONA e da Fazenda Texa.
4. A análise da atividade enzimática, especialmente da β -glicosidase e da Arilsulfatase, pela metodologia BioAS, mostraram-se adequadas para a avaliação da qualidade e produtividade dos solos analisados, visto que os resultados demonstraram que os solos com maior atividade enzimática se mostraram mais produtivos.

5. A Análise de Componentes Principais mostrou que as enzimas analisadas exercem a mesma contribuição sobre as variações no estudo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADES, Diandra de. Imobilização de beta-glicosidases em suportes de agarose ativada com diferentes grupos funcionais. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Ciências Básicas da Saúde. **Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente**. 2021. 169 f.
- ABREU, Engergleice M de Oliveira. et al. Qualidade microbiológica e produtividade da alface sob adubação química e orgânica. **Food Science and Technology**, Campina, v. 30, sup. 1, p. 108-118, abril. 2010
- ABREU, L. M. et al. Solos tropicais. Amostragem e caracterização da biodiversidade. **Earthscan Inglaterra: Editora UFLA**, 2008
- AITA, Celso; GIACOMINI, Sandro José; HUBNER, André Paulo. **Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n. 1, p. 95-102, jan. 2007. ISSN 0100-204X
- ALBERGONI, Leide e PELAEZ, Victor. Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? Revista de Economia, v. 33, n. 1, p. 31-53, jan./jun. 2007
- ALBERGONO, L; PELAEZ, V. Da revolução verde à agrobiotecnologia: rupturas ou continuidades de paradigmas. **Revista de economia**, v. 33, n. 1, p. 31-53, jun. 2007
- ALCÂNTARA, Marco. A. K, et al. Mineralização do nitrogênio em solos tratados com lodos de curture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 547-555, abr. 2007
- ALENCAR, G. V; MENDOÇA, E. S; OLIVEIRA, T. S; JUCKSCH, I, CECON, P. R. Percepção ambiental e uso do solo por agricultores de sistemas orgânicos e convencionais na Chapada da Ibiapaba, Ceará. **Revista De Economia E Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 217-236, Abr/jun. 2013. ISSN. 0103-2003
- ALHO, C.J. R. The Importance of biodiversity to human health: An ecological perspective. Estudos Avançados, v. 26, n. 74, p. 152-154, 2012.
- ALMEIDA, M. S. A **Miríade de atores produtivos na terceirização do calçado em Franca**. 233 f. dissertação (Mestrado em Sociologia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humana da Universidade de São Paulo, 2008.
- ALMEIDA, M. V. R; OLIVEIRA, A. T. S; BEZERRA, A. M. E. Biodiversidade em sistemas agroecológicos no município de Choró, CE, **Brasil. Ciência Rural, Santa Maria**, v. 39, n. 4, p. 1080-1087, jul. 2009. INNS 0103-8478
- ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa**, v. 23, n. 4, p. 933-942, Dec. 1999. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01000683199900040002

0&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831999000400020>.

ALVES, A. C. O. et al. Agricultura orgânica no Brasil: sua trajetória para a certificação compulsória. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 19-27, jan. 2012.

ALVES, Bruno José Rodrigues et al. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Revista de Pesquisa agropecuária Brasília., Brasília**, v. 41, n. 3, p. 449-456, Mar. 2006. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2006000300011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000300011>.

ALVES, Marlene Cristina; SUZUKI, Luis Gustavo Akihiro Sanches; SUZUKI, Luiz Eduardo Akiyoshi Sanches. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 617-625, Aug. 2007. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832007000400002&lng=en&nrm=iso>. accesson 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000400002>

ALVES, T. S. et al. **Biomassa e atividade microbiana do solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos**. Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

ALVES, Tatiane dos Santos, et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum, Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-341, abr./jun. 2011

ANDRÉA, A. F; SILVA, M. L. N; CURI, N; GUILHERME, R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuário Brasileiro, Brasília**, v. 39, n. 2, p. 179-186, fev. 2004

ANDRIGHETTI, Marília. S, et al. Biodegradação de glifosato pelo microbiota de solos cultivados com macieira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1643-1653, sep. /oct. 2014

ANTONIOLLI, Zaida Inês et al. MÉTODO ALTERNATIVO PARA ESTUDAR A FAUNA DO SOLO. **Ciênc. Florest.** [online]. 2006, vol.16, n.4 [cited 2021-02-27], pp.407-417. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982006000400407&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1980-5098. <https://doi.org/10.5902/198050981922>.

ARAÚJO, C. C; NOMELINI, Q. S. S; PEREIRA, J. M; LIPORACCI, H. S. N; KATAGURI, V. S. **Comparação da adubação de invertebrados de solo por meio da estimação intervalar encontrados em diferentes ambientes na cidade de Ituiutaba – MG**. Biosci. J., Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 817-823, oct. 2010.Ez /

ARAÚJO, E. A; KER, J. C; NEVES, J. C. L; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de tecnologia Aplicada nas Ciências Agraria**, Guarapuava-PR, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

ARAÚJO, N. C; ASAI, O, Y; BORDIGNON, D, C. Adubação do solo por adubação natural. In: simpósio de Iniciação Científica, 5., 2014, Londrina. Anais [...]. Londrina: PR, 2014.p. 23-25.

- ARTAXO, Paulo, et al. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 185-196, abril. /june 2005
- ARTUR, Adriana G. et al. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 18, n. 2, p. 141-149, Feb. 2014. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014000200003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000200003>.
- ASSIS, R. L. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. **Economia Aplicada**, v. 10, n. 1, p. 75 – 87, jan. 2006.
- ASSIS, Cristiane Pereira de et al. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileiro**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1541-1550, out. 2006. ISSN 0100-204X
- Avançados, v.24, n. 70, p. 152, 2010.
- AZEVEDO, Antônio Carlos; BONUMA, angélica Silveira. Partículas coloidais, dispersão e agregação em latossolos. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 34, n. 2, p. 609-617, mar./abr. 2004. ISSN 0103-8478
- AZEVEDO, F. A. et al. Influência do manejo da entrelinha do pomar na produção de laranja- Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 134-142, mar. 2012.
- BARETTA, Dilmar et al. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com Araucaria angustifolia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. spe, p. 2693-2699, Dec. 2008. Acessada em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832008000700012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 26 fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000700012>.
- BARRETO, L. V; BARROS, F. M; ROCHA, F. A; AMORIM, J. S. Eutrofização em rios Brasileiros. **ENCICLOPEDIA BIOFERA, Centro Científico Conhecer**, v. 9, n. 16, p. 2166. Jun. 2013.
- BATISTA, Marcos. A. V. et al. Atributos microbiológicos do solo e produtividade de rabanete influenciados pelo uso de espécies espontâneas. **Horticultura Brasileira**, Vitoria da Conquista, v. 31, n. 4, p. 587-593, out./dez. 2013
- BATISTA, S. G. M; BRARRITO-GARCIA, P. A; MIGUEL, B. L; BATISTA, W. C. A. Oxidizable fractions of soil organic in coating forest submitted to different forest managements. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 10, p. 1-5, nov. 2018 ISSN 1678-4596
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 687-694, set. 1999. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006831999000300023&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831999000300023>.
- BENEDETTI, Udine Garcia et al. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, Norte

- Amazônico. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 299-312, Apr. 2011. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832011000200002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200002>.
- BENITES, V. de M, et al. **Produção de fertilizantes organomineral granulado a parti de dejetos de suínos no Brasil**. In: WORKSHOP INTERNACIONAL Y TALLER NACIONAL VALORIZACION DE RESIDUOS OPORTUNIDAD PARA LA INNOVACION, 2013, PUCÓN, CHILE Anais. Chile: CIDGRO, 2013. 29°. Ed. Reunião brasileira de Fertilidade do solo e Nutrição de Planta: EMBRAPA Solo. 2013. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/981423/1/Producaodefertilizantespdf.pdf>>. Acesso em: 27 Fev. 2021.
- BIANCHI, Miriam de Oliveira. **Avaliação da Funcionalidade do solo em Sistemas Florestais Enriquecidos com Leguminosas**. 2009, 67 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2009
- BORN, Robens Harry. **Diagnóstico Entre as Esferas Globais e Locais: contribuição de organizações não-governamentais e movimentos sociais de democracia planetária**. 1º ed. São Paulo: Fundação Peirópolis, 2002.
- BORTOLUZZI, Edson Campanhala, et al. Contribuição de constituinte de solo à capacidade de troca de cátions obtidas por diferentes métodos de extração. **Revista Brasileira de Solo**, Viçosa, v. 33, n3, p 507-515, mar./jun. 2009
- BRITO, Marciano de Medeiros Pereira; MURAOKA, Takashi; SILVA, Edson Cabral da. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011. Acesso em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052011000100027&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000100027>.
- BROWN, G. G, et al. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCÍAS, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Matam Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: <[HTTP://www.alice.cnptia.embrapa.br/Alice/handle/doc/1024236](http://www.alice.cnptia.embrapa.br/Alice/handle/doc/1024236)>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- CALHEIROS, Débora Fernandes; Pereira, Celso João Alves. **Alteração limnológicas no rio Paraguai (dequada) e o fenômeno natural de mortalidade de peixe no pantanal**. Mato-Grossense – MS. In: CALHEIROS, Débora Fernandes; PEREIRA, Celso João Alves. São Paulo: EMBRAPA, 1997. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/792189/1/BP07.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- CAMARA, R. K; KLEIM, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação de solo água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 789-796, sep./oct. 2005

- CAMARA, Rodrigo Kurylo; KLEIN, Vilson Antonio. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 789-796, Oct. 2005. Acesso em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832005000500014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000500014>.
- CAMPELO, Samantha Rodrigues. **Avaliação das propriedades anatômica, físicas, químicas e de calagem da madeira de Genipa americana** L. 2015, 70 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal Setor Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015. Disponível em: <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2015/d692.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- CARDOSO, E. J. B. N; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do Solo**. 2. ed. São Paulo: ANDREOTE, 2016. 221p
- CARNEIRO, H. S. **Comida e sociedade: significado sociais da história da alimentação**. História: Questões e debates, v. 42, n. 1, p. 71-80. 2005
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 33, n. 1, p. 147-
- CARNEIRO, Maísa Gomes. **CLASSIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE GEOAMBIENTAL E LEVANTAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIO MOURÃO – PARANÁ**. 2014, 53f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação de Agronomia. Universidade Tecnológica do Paraná. Campo Mourão. 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2761/1/CM_COEAM_2013_2_14.pdf> Acesso em: 26 Fev. 2021.
- CARRER, H; BARBOZA, A. L; RAMIRO, D. A. **Biotechnologia na agricultura**. Estudos
- CARVALHO, Nathália Leal; PIVOTO, Thiago Salbego. Ecotoxicologia: conceitos, abrangências e importâncias agrônomicas, **Revista Eletrônica** do PPGEnb-CCR/UFSM. Disponível em. <periodicos.ufsn.br/remoa/article/view/2315>. Acessado em: 23 de maio de 2020.
- CASA, Jessica. **Controle fitossanitário no cultivo do tomateiro nos sistemas orgânicos de ciência agrônomicos campo de Botucatu**. 2008. 81f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciência Agrônômica de UNESPE, Botucatu. 2008
- CASTRO, L. G; COGO, N. P; VOLK, L. B. S. Alteração na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 3, n.2, p. 339-352, mar./Apr. 2006. ISSN 1806-9657
- CAVALCANTE, Eloiza Gomes Silva et al. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciências Rural, Santa Maria**, v. 37, n. 2, p. 394-400, Apr. 2007. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782007000200015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000200015>.

- CIOTTA, Marlise Nara, et al. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 33, n. 6, p. 1161-1164, nov./dez. 2003. ISSN 0103-8478
- CIOTTA, Marlisse Narra et al. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1161-1164, nov./dez. 2003
- COELHO, Antônio Carlos Vieira et al. Argilas especiais: argilas quimicamente modificadas – uma revisão. **Química Nova, São Paulo**, v. 30, n. 5, p. 1282-1294, sep./oct. 2007
- CONCEIÇÃO, Paulo Cesar, et al. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da matéria orgânica em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, mar./apr, 2008
- CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D. S. Frações de fósforo acumuladas em Latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 893-900, out. 2003. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832003000500014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000500014>.
- CORREIA, Fabio Veríssimo; LANGENBACH, Tomaz; CAMPOS, Tácio Mauro. Avaliação do transporte de atrazina em solos sob diferentes condições de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 525-534, Apr. 2010. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832010000200026&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200026>
- COSTA, Alyne Moraes. **Avaliação da influência da salinidade na nitrificação biológica**, 2004, 97 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- COSTA, Antônio F; COSTA, Maria de Fatima Barrozo. Biossegurança de ogm: uma visão integrada. **Rio de Janeiro**:[s.n.], 2009. 384p.
- COSTA, Falberni de Sousa, et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 323-332, jan./fev. 2008
- COSTA, M. A. F. Laboratório didáticos de química: de Liebig (1803-1873) aos processos de qualidade e biossegurança no séc. XX. **Ciência e Ideia**, .9, n. 2, p. 39-59, mai/ago. 2018
- CUNHA, E. Q; STONE, L. F; FERREIRA, E. P. B; DIDONET, A. D; MOREIRA, J. A. A. Physical, chemical and biological attributes of soil under organic production as impacted by crop systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 56-63, jan. 2012.
- CUNHA, Eurâimi de Queiroz et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: I - atributos físicos do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 589-602, Apr. 2011. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832011000200028&lng=en&nrm=iso>. accesson 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200028>.

- CUNHA, J. E; ROCHA, A. S; TIZ, G. F; MARTINS, V. M. Práticas pedológicas para ensino sobre solo: aplicação à preservação ambiental. **Terra e Didática**, v. 09, n.02, p. 74-81. 2013. ISSN 1980-4407
- CUNHA, Tony Jarlas da; MENDES, Alessandra monteiro Savino; GIONGO, Vanderlise. **Matéria Orgânica do Solo**. Brasília: **EMBRAPA**, 2015. Disponível em: <alice.cnpti.embrapa.br/bitstream/doc/1034986/1/tony2015.pdf>. Acessado em: 22 de maio. 2020, 12: 07.
- DADALTO, J. P. et al. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p 506-513, jun. 2015.
- DALLA COSTA, Murilo; LOVATO, Paulo Emílio. Fosfatases na dinâmica do fósforo do solo sob culturas de cobertura com espécies micorrízicas e não micorrízicas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 603-605, June 2004. Acessado em<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2004000600013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000600013>.
- DANTAS, T. C. M. **Síntese e caracterização de matérias mesoporosos inorgânico-orgânicos para aplicação na adoção de gás carbônico**. 2016. 128f. Tese de Doutorado – Universidade do Rio Grande do Sul do Norte, Natal/PR. 2016
- DEMARCHI, J. C; PERUSI, M. C; PIROLI, E. L. Análise de agregados de solos da microbacia do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo – SP, sob diferentes tipos de uso e ocupação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 07-09, ago. 2011.
- DICK, R.P.; BREAKWELL, D.P. & TURCO, R.F. Soil enzymesactivities and biodiversitymeasurements as integrativemicrobiological indicators. In: DORAN, J.W.; & JONES, A.J., eds. *Methods for assessing soil quality*. Soil Soc. Am., 1996, p. 247-271.(Special publication, 49)
- DICK, Debora Pinheiro, et al. Matéria orgânica em quatro tipos de solos Brasileiros: composição química e sorção de atrazina. *Química Novo, São Paulo*, v. 33, n. 1, p. 14-19. 2010
- DOBBSS, Leonardo Barros, et al. Eletroquímica de latossolos brasileiros após a remoção da matéria orgânica humificada solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 985-996, mai./jun. 2008
- DUETE, Robson. R. C, et al. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio pelo milho em latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. 1, p. 161-171, jan./fev. 2008
- EHIER, Eduardo. **O que é agricultura sustentável**. 1º ed. Tatuapé: Brasiliense, 2017
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuário Abastecimento EMBRAPA (Brasília, DF). **Defensivos Agrícolas Naturais: uso e perspectivas**. Brasília: 2016. 853p.
- ESPINDOLA, C. R. A Pedologia e a Revolução das Pastagens. **Revista do Instituto Geológico de São Paulo**, v. 31, n. 1-2, p. 67-92. 2010
- FERNANDES, C. J; CORREA, J. F; FROMME, D. D; LANDIVAR, J. A. **Quantifying the effects of irrigation timing on cotton yield under rainshel tered controlled conditions**. 2014 Beltwide cotton conferences, New Orleans, LA, January 6-8. 2014

- FERNANDEZ, Zahily Herrero. Análises de metais pesados em solos de Pernambuco diferentes atividades antrópicas. 2017. 92 f. Tese (Doutorado) - Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017
- FERREIRA, Alessandro Nunes et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Sci. agric., Piracicaba**, v. 57, n. 3, p. 507-512, Sept. 2000. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010390162000000300021&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162000000300021>.
- FERREIRA, E. V. O. et al. **Ação das térmitas no solo. Ciência Rural, Santa Maria**, v. 41, n.5, p.804-811, mai. 2011. ISSN 0103-8478
- FERREIRA, L. L. **Desempenho agrônômico das culturas do milho e melão no sistema orgânico**. 2015. 94f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró. 2015
- FIDALSKI, Jonez; YAGI, Renato; TORMENA, Cássio Antonio. Revolvimento Ocasional e Calagem em Latossolo Muito Argiloso em Sistema Plantio Direto Consolidado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 39, n. 5, p. 1483-1489, Oct. 2015 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832015000501483&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140428>.
- FILHO, Leoberto José Xavier de oliveira. **Caracterização de indicadores da qualidade do solo em sistemas agroflorestais**, 2019, 62 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus. 2019
- FILIZOLA, H. F. et al. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 659-667, maio. 2002.
- FLÔRES, A. L. Z. D. **Evolução das plantas: saberes de Professores da educação básica e implementação na prática pedagógica**. 2010. 81f. dissertação de Mestrado- Universidade Franciscana, Santa Maria/ RS. 2019
- FONTES, M. P. F; CAMARGO, O. A; SIPOSITO, G. Eletroquímicas das partículas coloidais e sua importância com a mineralização dos solos altamente intemperizados. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 03, p. 627-646, jul/set. 2001. ISSN 1678-992X
- FRAGAS, M. E; BRAZ, D. M; ROCHA, J. F; PEREIRA, M. G; FIGUEREDO, D. V. Interaction of microorganismos, soil and flora as drivers of diversity in the atlanticforest. **Acta. Botanica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 857-865, set. 2012.
- FRANCO, Aline de Jesus et al. Plant diversity in integrated crop-livestock systems increases the soil enzymatic activity in the short term. **Pesquisa. Agropecuária Trop.**, Goiânia, v. 50, e64026, 2020. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198340632020000100238&lng=en&nrm=iso>. acesso on 27 Feb. 2021. Epub Nov 27, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5064026>.
- FREDDI, Onã da Silva et al . Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 627-636, Aug. 2007. Acessado em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01000683200700040000>

3&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000400003>

- FREITAS, Ana. D. S, et al. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa v. 40, n. 9, p. 1856-1861, set. 2011. ISSN 1806-9290
- GARCIA, C. A; ROSSI, B, P, R; ALCARAZ, E; VAY, C; FRANCO, M. Siderophores of stenotrophomonas maltophilia: detection and determination of their chemical nature. **Revista Argentina de Microbiologia**, v. 44, n. 3, p.150-154, set. 2012
- GUIA, Ana Paula de Oliveira. **Produtividade de milho verde cultivado em sucessão a adubação verde com aplicação de microrganismos eficientes, nas condições de Matias Barbosa**, MG. 2018. 63 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação de Agricultura Orgânica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Agronomia,
- HADDAD, Carolyn. AGROTOXICO NO BRASIL: uma violação dos direitos fundamentais. *Jornal Eletrônico*, ano 2019, n. 11, p. 3-19 jan. 2019.
- HECKLER, J. C; SALTON, J. C. **Coleção plantio direto**. Dourados, MS: EMBRAPA, 2002
- HENRIQUES, Fernando Santos. A revolução verde e a biologia molécula. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. 32, n. 2, p. 245-254, dez. 2009. ISSN 0871-018X
- HEPANHOL, Antônio Nivaldo. **O desenvolvimento rural na França e no Brasil: as experiências de LEADER no Centro Oeste da Bretanha de do programa de Nicrobacias Hidrográficas no estado de São Paulo**. In: Congresso Europeu de Americanistas, 2007, Bruxelas. Anais...: CEISAL, 2007, p. 1-15
- HOMMA, A. K. O; EMBRA. Agricultura na Amazônia: desafios e perspectivas para o futuro. In: **Simpósio Internacional de agroecologia do Acre**. 1., 2013, cruzeiro do Sul. Anais... Rio Branco: EDUFAC, 2013. p. 21-48.
- HUNGRIA, M; CAMPO, R. J; MENDES, I. C. **A importância de fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja: componentes essenciais para a competitividade do produto brasileiro**. In: Documentos (INFOTECA). EMBRAPA Soja, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/468512>>. Acesso em: 27 fev. 2021.
- HUNGRIA, M; CAMPO, R. J; MENDES, I. C. **Fixação Biológica de Nitrogênio na Cultura de Soja**. In: Circular Técnica (INFOTEC-E). EMBRAPA Cerrado, 2001. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/459673/1/circTec35.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2021.
- LADEIRA, F. S. B. Soilsofpast: originandidentity. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p. 1773-1786, nov/dec. 2010.
- LAGO, Antônio; PÁDUA, José Augusto. O que é ecologia. 3º ed. Brasiliense. 2017
- LEAL, C. B; TRINDADE, A. A. C. **Direitos humanos e meio ambiente. Catagogação na publicação: perpetuo socorro Tavares Guimarães** C.R.B. 3 801/98. Direitos humanos e meio ambiente. Fortaleza, 2017, p. 356
- LEPSCH, Igo Fernando. **Formação e Conservação dos Solos**. 2º ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2010. Disponível em: <<https://books.google.com.br>> Acessado em: 26 fev. 2021.

- LESSA, Ruth Neia Teixeira. **Ciclo do Nitrogênio**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas Instituto de química e Geociência Departamento de química Analítica e Inorgânica, 2007
- LIMA, Andréa Aparecida de. Diversidade e Capacidade Simbiótica de Rizóbios Isolados de Nódulos de Mucuna-Cinza e Mucuna-Anã. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 337-348, mar./abr. 2012
- LIMA, J. S; ANDRADE, S. F; FORTUNA, D. S. **Pedologia aplicada a geografia: desafios e perspectivas na educação básica**. Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO, Rio de Janeiro, v. 07, n. 01, p. 05-20, set. 2016
- LIMA, T. C. S; MIOTO, R. C. T. Methodological procedures in the construction of scientific knowledge: bibliographic research. **Rev. Katálýsis**, v. 10, n. spe, p. 38 – 41, 2007.
- LIMA, Vico Mendes Pereira et al . Intervalo hídrico ótimo e porosidade de solos cultivados em área de proteção ambiental do sul de Minas Gerais. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1087-1095, Oct. 2009. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832009000500002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000500002>
- LIRA, Bruna Silveira. **Uso de Composto Orgânico como Material Componente para Camada de Cobertura Oxidativa**. 2017, 117 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Geociência. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2017. Disponível em: <<https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/29679>>. Acesso em: 29 fev. 2021.
- LOPES, A. S; GUILHERME; L. R. G. **Fertilidade do solo e produtividade agrícola. Departamento de Ciências do Solo**, Universidade Federal de Lavras – UFRA. 2007. Disponível em: <[docs. ufpr/~nutrição/plantas/fertisolo.pdf](docs.ufpr/~nutrição/plantas/fertisolo.pdf)>. Acesso em: 09 maio. 2020
- LOSS, A; PEREIRA, M. G; SCHULTZ, N; ANJOS, L. H. C; SILVA, E. M. R; Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n4, p. 1077-1083, jul. 2009
- LOSS, Ancangelo, et al. Agregação, matéria orgânica leve e carbono mineralizável em agregados do solo. **Revista de La Facultad de Agronomía, La Plata**, v. 113, n. 1, p. 1-8, abril. 2014
- LOSS, Arcângelo et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, out. 2011
- LUCA, Edgar Fernando de et al. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 789-800, mar./abr. 2008
- LUSTOSA, M. M. A. Humanidade, desenvolvimento e alimentação: que futuro é esse? 223f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.
- LUTBENBERGER, J. A. O absurdo da agricultura. **Estudos Avançados**, v. 15, n. 43, p. 63, dec. 2001.

- MACHADO, D. M. et al. Atividades microbianas e as transformações no ciclo dos elementos do solo. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecimento, Goiânia, v.8, n. 15, p. 181, nov. 2012.
- MACHADO, W; STIPP, N. A. F. Caracterização do manejo de solo na microbacia hidrográfica do ribeirão dos apertados-Pr. Geografia- Londrina, v. 12, n. 2, p. 45-85, jul/dez. 2003.
- manejos, indicadores de monitoramento e estratégia de recursos. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/karoline/Downloads/cursorad2008.pdf>. Acesso em: 26 fev 2021.
- MARCHIORI JUNIOR, MILTON; MELO, WANDERLEY JOSÉ DE. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. Pesq. Agropec. Sutiãs, Brasília, v. 35, n. 6, pág. 1177-1182, junho de 2000. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2000000600014&lng=en&nrm=iso>. acesso em 26 de fevereiro de 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000600014> .
- MARCOLIN, Clovis Dalri; KLEIN, Vilson Antonio. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Sci., Agron. (Online)**, Maringá , v. 33, n. 2, p. 349-354, June 2011 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180786212011000200022&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.6120>
- MARSON, M. D. A evolução da indústria de máquinas e equipamentos no Brasil: dedini e Romi, entre 1920 e 1960. Nova Economia, v. 24, n. 3, p. 68-710. Dez. 2014.
- MAURI, Jocimar et al. Dispersantes químicos na análise granulométrica em latossolos. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1277-1284, July. /aug. 2011.
- MAZZOLENIL, E. M; OLIVEIRA, L. Inovação Tecnológica na Agricultura Orgânica: estudo de caso da certificação do processamento pós-colheita. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 48, n. 03, p. 567-586, jul./sept. 2010. ISSN 0103-2003
- MELLONI, R; MELLONI, E. G. P; ALVARENGA, M. I. N; NIEIRA, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. Revista Brasileira de solos, Viçosa, v. 32, p. 6, p. 2461-2470, nov./dez. 2008. ISSN 1806-9657
- MELLONI, Rogério et al. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2461-2470, dez. 2008. Acessado em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832008000600023&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000600023>.
- MELO, Leonardo. C. A; SILVA, Carlos. A; DIAS, Bruno de. O. Caracterização da matriz orgânicas de resíduos de origens diversificadas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 101-108. Jan./fev. 2008
- MENDES, I. de C, et al. Bioanálise de solo: como acessar e interpretará a saúde do solo. In: Circula técnico (INFOTECA) EMBRAPA Cerrado, 2020. Disponível em:

- <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1110832>>. Acesso em: 27, fev. 2021.
- MENDES, I. de C; SOUSA, D. M. G. de; REIS JUNIOR, F. B. dos; LOPES, A. A. de C. **Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo**. In: Circular Técnica (INFOTECA). EMBRAPA cerrado, 2018. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1110832>>. Acesso em: 27, fev. 2021.
- MENEZES, R. R; JÚNIOR, M. M; SANTANA, L. N. L; FERREIRA, H. C. **Comportamento de expansão de argilas bentoníticas organofílicas do estado da Paraíba**. Cerâmica, São Paulo, v, 54, n. 330, abr./jun. 2008
- MERCANTE, F. M. et al. Biomassa microbiana, em argissolo vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivadas com mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 479-485, out./dec. 2008
- MIRANDA, Celeni. **Estado da arte –Agrotóxico: um panorama da realidade na microrregião do Sudoeste de Goiás**. In: Simpósio Nacional de Geografia Agrária, 10., 2019. Recife, PE Anais...: Para além das cercas de nós cega: as naturezas das R-existência na América Latina. 2019. p. 1-11.
- MIRANDA, Cristiana do Couto; CAMELLAS, Luciana Paqueloto; NASCIMENTO, Marcelo Tridade. Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmento de mata atlântica e em plantio abandonado de eucaliptos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 905-919, spt./oct. 2007
- MIWA, Adriana. C. P; FREIRE, Rogerio. H. F; CALIJURI, Maria. C. Dinâmica de nitrogênio em um sistema de lagoas de estabilização na região do Vali do Ribeiro (São Paulo-Brasil). **Engenharia Ambiental e Sanitária**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 169-180, abr/jun. 2007. ISSN 1413-41520
- MONQUERO, Patrícia Andrea, et al. Profundidade de semeadura, pH, textura e manejo da cobertura do solo na emergência de plântulas de *Rottboellia exaltata*. **Ciência Agrária**, Londrina, v.33, suplemento. 1, p. 2799-2812
- MOREIRA, Fatima Maria de Souza; KASUYA, Maria Catarina Megumi. **Fertilidade e biologia do solo**. 1.ed. Minas Gerais: FertBio, 2016.
- MOREIRA, Fátima Maria de Souza. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2. Ed. Atual. e Ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006.
- MORETI, D; CARVALHO, M. P; MANNIGEL, A. R; MEDEIROS, L. R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no Município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 27, n. 04, p 713-725, july/aug. 2003. ISSN 1806-9657
- MOTA, Jaedson Claudio Anunciato et al . Algumas propriedades físicas e hídricas de três solos na Chapada do Apodi, RODONIA, cultivados com melão. **Revista Brasileira. Ciências. Solo**, Viçosa , v. 32, n. 1, p. 49-58, 2008 . Acessado em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832008000100006&lng=en&nrm=iso>. acesso em 26 Fev. 2021.
- MOTA, Jaedson Cláudio Anunciato; ALENCAR, Thiago Leite de; ASSIS JUNIOR, Raimundo Nonato de. ALTERAÇÕES FÍSICAS DE UM CAMBISSOLO CULTIVADO COM BANANEIRA IRRIGADA NA CHAPADA DO APODI, CEARÁ. **Revista Brasileira de Ciências de Solo**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 1015-1024,

- Aug. 2015. Acessado em
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832015000401015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 26 Fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140018>
- NACHTIGALL, Gilmar. R; NOGUEIROL, Roberta. C & ALLEONI, Luís. R. F. Extração sequencial de Mn e Zn em solos em função do pH e adição de cama-de-frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, may./june. 2009. ISSN 1415-4366
- NASCIMENTO, E. C. **Produção orgânica no Município de Seropédica: avaliação de sua sustentabilidade e o seu impacto nos atributos químicos e biológicos do solo.** Disponível em: <<https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/handle/jspui/2218>>. Acesso em: 07 mai. 2020
- NELSON, DAVID. L; COX, MICHAEL. M. Princípios de Bioquímica de Lehning. 7º ed. Porto Alegre: Artmed. 2019
- NETO, E. A. T. **Fatores que afetam a competitividade na produção de hortaliças orgânicas no estado do Rio Grande do Norte.** 2003. 133f. Tese de Doutorado –Universidade Federal do Rio Grande do Sul do Norte, Natal/PR. 2006
- NETO, J. P. Q. Geomorfologia e Pedologia. **Revista Brasileira de Geologia**, v. 1, n. 1, p. 59-67. 2000
- NETO, S. E. A. et al. Atividade biológica de solo sob cultivo múltiplo de maracujá, abacaxi, milho, mandioca e plantas de coberto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 650-658, dez. 2014.
- NICOLODI, M; CIANELLO, C; ANGHINONI, I; MARRÉ, J; MIELNICZUK, J. Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas, cultivadas no sistema direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 32, no.spe, p. 2735-2744, oct/dec. 2008
- NICOLOSO, Rodrigo da Silveira et al . Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 32, n. 4, p. 1723-1734, Aug. 2008 . Acessado em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832008000400037&lng=en&nrm=iso>. acessa em: 01 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400037>.
- NISHISAKA, Caroline Sayuri. **Impacto da mudança do uso e cobertura do solo na emissão de oxido nitroso e abundância de bactérias desnitrificantes no solo.** 2018. 56 f. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Monitoramento Ambiental. Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2018
- NOBRE, Reginaldo. G. et at. Produção de girassol sob diferentes laminas com efluentes domésticos e adubo orgânicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v14, n. 7, p. 747-755, mar. 2010
- NODARI, R. P; GUERRA, M. P. **A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores.** Estudos Avançados, São Paulo, v. 29, n.83, jan./apr. 2015. ISSN 0103-4014
- NOLASCO. Camille Lanzaotti. **A Dimensão Ecológica da Agricultura Urbana no Município de Juiz de Fora/MG.** 2009, 203 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Ecologia Aplicada a Conservação e Manejo de recursos Naturais.

Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2009. Disponível em: ufjf.br/ecologia/files/2018/08/dissertação_2009_camille_nolasco.pdf>. Acesso em: 26 fev 2021.

- OBEREINER, Johanna. **Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil**. Estud. av., São Paulo , v. 4, n. 8, p. 144-152, Apr. 1990 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340141990000100011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 Fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141990000100011>
- OCTAVIANO, C. **Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde**. ComCiências, Campina, n. 120. 2010
- OGEDA, T. E; PETRI, D. F. S. **Hidrólise enzimática de biomassa**. Quimica Nova, v.33, n. 7, p. 1549-1558, set. 2010.
- OLIVEIRA, Arlem Nascimento; FLOR, Nathalia Siqueira; OLIVEIRA, Luiz Antonio de. **Influência do pH e temperatura sobre a atividade amilolítica de rizóbios isolados de solos da Amazônia**. Acta Amazônica, Manaus, v. 40, n. 2, p. 401-404. 2010. ISSN 0044-5967
- OLIVEIRA, Carlos Alberto da Silva. Determinação da tensão de água em solo agrícola usando um sensor de dissipação de calor. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília , v. 34, n. 8, p. 1417-1425, Aug. 1999 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X1999000800014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999000800014>.
- OLSZEWSKI, N. et al . Morfologia de agregados do solo avaliada por meio de análise de imagens. **Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa** , v. 28, n. 5, p. 901-909, Out. 2004 . Acessado em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832004000500012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 Fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000500012>.
- PALMEIRA, M. Modernização, estado e questão agrária. **Estudos Avançado**, v. 3, n. 7, p. 89, dec. 1988.
- PARTELLI, Fábio Luiz et al . Qualidade da matéria orgânica e distribuição do fósforo no solo de lavouras orgânicas de café Conilon. **Ciências. Rural, Santa Maria** , v. 39, n. 7, p. 2065-2072, Out. 2009. . Acessado em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782009000700017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 Fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000700017>.
- PAULA, J. R; MATOS, A. T; MATOS, M. P; PEREIRA, M. S; ANDRADES, C. A. Mineralização do carbono e nitrogênio de resíduos aplicados ao solo em campo. Revista Brasileira de solo, Viçosa. 2013
- PAULETTE, Daiana Raquel. **Influência das Plantas de Cobertura nas Características Produtiva da Alface e nos Atributos Físicos e Químicos do Solo**. 2012, 81 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade Federa do Oeste do Paraná. Marechal Candido Rondon, 2012. Disponível em:<http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/1435/1/Daiana_Pauletti_2012>. Acesso em: 17 Março 2021.

- PAULINO, Gleicia. M, et al. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1598-1607, dez. 2009
- PAVINATO, P. S; ROSALEM, C. A. disponibilidade de nitrogênio no solo – decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 3, p. 911-920, jun. 2008.
- PAVINATO, Paulo Sergio; ROSOLEM, Ciro Antônio. Disponibilidade de nutrientes do solo – Decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n.3, p. 911-920, mai./jun. 2008
- PEREIRA, Alan Alves et al . Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa , v. 31, n. 6, p. 1397-1412, Dec. 2007 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832007000600017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 Fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600017>.
- PERES, F; MOREIRA, J. C., orgs. *É veneno ou é remédio? Agrotóxico saúde e ambiente*[online]. Rio de Janeiro. Editora FIOCRUZ, 2003. 384 p. ISBN 978-85-7541-317-3. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>. Acesso em: 12 mai. 2020
- PERES, José G.; SOUZA, Claudinei F.; LAVORENTI, Norberto A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana-de-açúcar na umidade e na perda de água do solo. **Engenharia Agrícola.**, Jaboticabal , v. 30, n. 5, p. 875-886, Oct. 2010 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162010000500010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000500010>.
- PEREZ, Andrea Cardona. Influência de Insumos Agrícola em Propriedades físicas em solos tropicais. 2018, 121 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambienta. Universidade de Brasília, Brasília, 2018
- PERIN, Adriano et al . Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Revista de Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília , v. 39, n. 1, p. 35-40, Jan. 2004 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2004000100005&lng=n&nrm=iso>. Acesso em: 27 Fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000100005>.
- PEZARICO, Carmen Regina. Indicadores de qualidade em sistema florestais. 2009. 67f. dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Grande Dourado, Mato Grosso do Sul, 2009.
- PEZZOLO, Dinah Bueno. *Tecido: história, trama, tipos e uso*. 5º ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2019
- PILLON, C. N; MILNICZUK, J; MARTI NETO, L. Dinâmica da Matéria Orgânica no Ambiente. In: Pelotas: EMBRAPA Clima temperado. Pelotas: EMBRAPA, 2002. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/744147/1/documento105.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

- PINTO, A. C; SILVA, D. H. S; BOLZANI, V. S; LOPES, N. P; EPIFANIO, R. A. Produtos naturais: atualidade, desafios e perspectivas. Química Nova, v. 25, suppl. 1, p. 45-61, 2002.
- PORTILHO, IrzoIssac Roca et al. Persistência de inseticidas e parâmetros microbiológicos em solo sob sistemas de manejo. Ciência Rural, Santa Maria, v. 45, n. 1, p. 22-28, jan, 2015
- PORTO, M. F. A; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias Hidrográficas. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 44. 2008.
- PRADO, Renato de Mello. A calagem e as propriedades Físicas de solos tropicais: revisão de literatura. Revista Biociência, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 7-16, jul./set. 2003
- PRIMAVESI, A. Manejo Ecológico do Solo: A agricultura em regiões tropicais. Brasília: AMPUB, 2006
- PRIMO, D. C; MENEZES, R. S. C; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. Ciência Plena. Disponível em: < scientiaplena.org.br/sp/article/view/342/131>. Acessado em: 21 de maio de 2020.
- REICHERT, J. M. Fundamento da ciência do solo. Universidade Federal De Santa Maria Centro de Ciência Rural. Departamento De Solos. Fundamento da ciências do solo: Apostila. Santa Maria, 2007, p. 169
- REINERT, Dalvan José et al . Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 32, n. 5, p. 1805-1816, Oct. 2008 . Acessado e: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832008000500002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000500002>.
- REIS, M. R. et al. Ação de herbicidas sobre microrganismos solubilizadores de fosfora inorgânicos em solos risosféricos de cana-de-açúcar. Plantas Daninhas, Viçosa. MG, v. 26, n. 2, p. 333-341, abr./jun. 2008. ISSN 0100-8358
- RIBEIRO, Kátia Daniela et al . Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciênc. agrotec.**, Lavras , v. 31, n. 4, p. 1167-1175, Aug. 2007 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141370542007000400033&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 16 Mar. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000400033>.
- RICHART, A; FILHO, J. T; BRITO, O. R; LANILLO, R. F; FERREIRA, R. Soil compacting: causes and effects. Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, set. 2005.
- RIGOTTO, R. M. et al. O verde da economia no campo: desafios à pesquisa e às políticas públicas para a promoção da saúde no avanço da modernização agrícola. Ciência e Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v.17, n.6, p. 1533-1542, jan./fev. 2012
- RIO DE JANEIRO. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Coordenadoria de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual Técnico de Pedologia: manual de origem. Rio de Janeiro, 2007. p. 360

- ROCHA, W. S. D et al. Influência do pH na sorção de imazaquin em um latossolo vermelho acriférico. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 649-625, jul./set. 2000
- RODRIGUES, H. J. B. et al. Variabilidade quantitativa de produção microbiana associada às condições microclimáticas observadas em solo de floresta tropicais unidas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, n. 4, p. 629-638, dec. 2011.
- RODRIGUES, Hernani José Brazão. Viabilidade e quantitativa de população microbiana associada as condições microclimáticas observadas e solos de florestas tropicas úmida. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 626-638, dez. 2011
- RODRIGUES, Priscyla Maria Silva et al . Riqueza e estrutura do componente arbóreo e características edáficas de um gradiente de floresta ciliar em Minas Gerais, Brasil. **Rev. Árvore**, Viçosa , v. 37, n. 6, p. 1011-1023, Dec. 2013 . Acessado em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010067622013000600003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000600003>.
- RODRIGUES, Sueli et al . Permeabilidade ao ar em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 105-114, Feb. 2011 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01006832011000100010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000100010>
- ROSSI, Celeste Queiroz, et al. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. *Bragantia*, Campina, v. 70, n. 3, p. 622-630. 2011. ISSN 0006-8705
- SALTON, J. C, et al. Matéria Orgânica do Solo na Integração Lavoura-Pecuária em Mato Grosso do Sul. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Disponível em:<<https://core.ac.uk/download/pdf/15437486.pdf>>. Acesso em: 17 março 2021.
- SAMPAIO, Silva. C; FIORI, Marciane. G. S; OPAZO, Miguel. A. V; NÓBREGA, Lúcia. H. P. Comportamento das formas de nitrogênio em solo cultivados com milho irrigado com água residual da suinocultura. *Revista de Engenharia Agrícola*, v, 30, n. 1, p. 138-149, jan./fev, 2010. ISSN 0100-6919
- SANDRONI, Laila Thomaz. Conservação da biodiversidade nas ciências sócias brasileiras: um campo em construção, 2012, 94, f. Dissertação de (Mestrado) – Curso de mestrado em Ciências Sociais em Desenvolvimento, agricultura e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Ciência Humana e Sociais, Rio de Janeiro. 2012
- SANTANA, J. S; LIMA, F. E; KOMATSU, R. S; SILVA, W. A; RIBEIRO, M. I. D. Características físicas e químicas de manejo de plantio direto e convencional. *Centro Científico Conhecer*, v. 15, n. 27, p. 22, jun. 2018.
- SANTOS, A. B. África: nossa História, nossa gente. 1. ed. São Paulo: Ademir Barbosa Santos, 2015. 272p
- SANTOS, Taidés Tavares dos; VARAVALLO, Maurilio Antônio. Aplicação de microrganismos endofíticos na agricultura e na produção de substâncias de interesse econômico. *Ciência Biológica e Saúde*. Disponível

em: <<http://www.uel.br/seer/index.php/seminadio/article/view/8241/9083>>. Acessado em: 23 de maio de 2020.

- SEDIYAMA, M. A. N; SONTOS, I. C; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. *Revista Ceres*, v. 61, supl, p. 829-837, nov/dez. 2014.
- SELLE, Gerson Luiz. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. *Biociência*. J, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, out./dez. 2007
- SERENO, M. J. C. M; WIETHOLTER. P; TERRA, T. F. Origem e evolução das plantas cultivadas/Domesticação das plantas. 1º. ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2008
- Seropédia, 2018
- SERRA, L. S; MENDES, M. R. F; SOARES, M. V. A; MONTEIRO, I. P. Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. *Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB*, v. 1, n.2. p. 1-24, jan./jul. 2016. Semestral.
- SILVA, Ana Cristina Sousa da. Avaliação da Fertilidade de Solos Antrópicos (Terra Preta de Índio) Com Ênfase na Biodisponibilidade do Fósforo. 2006, 117 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia, Universidade Federal da Amazonas. Manaus, 2006. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/2717/1/Dissertacao%20Final%20Ana%20Cristina.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2021.
- SILVA, Eulene Francisco da, et al. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n.10, p. 1321-1331, out. 2011. ISSN 0100-204X
- SILVA, IF; MIELNICZUK, J . Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 2, pág. 311-317, junho de 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006831998000200017&lng=en&nrm=iso>. acesso em: 26 de fevereiro de 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831998000200017> .
- SILVA, M. et al. Hidrólise de diacetato de fluoresceína como bioindicador da atividade microbológica de uma solo submetido a reflorestamento. *Ciência Rural*, v. 34, n. 5, p. 1493-1496, set/out. 2004.
- SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 24, n. 1, p. 191-199, Mar. 2000 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832000000100021&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000100021>
- SILVEIRA, Luciano Roberto da et al . Sistema de aquisição de dados para equipamento de medida da permeabilidade intrínseca do solo ao ar. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa , v. 35, n. 2, p. 429-436, Apr. 2011 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832011000200012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200012>.

- SIQUEIRA, J. O. et al. Microrganismo e processos Biológicos do solo. Brasília DF, 1991. Disponível em: <[https:// www.infoteca.cnptia.embrapa.br](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br)>. Acesso em: 15:38 abril. 2020.
- SOARES, Jorge Luís Nascimento; ESPINDOLA, Carlos Roberto; FOLONI, Luiz Lonardoni. Alteração física e morfológica em solos cultivados com citros e cana-de-açúcar, sob sistema tradicional de manejo. **Cienc. Rural**, Santa Maria , v. 35, n. 2, p. 353-359, Apr. 2005 . Acessado em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000200016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000200016>.
- SOARES, W. L; PORTO, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. *Ciência e Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 131-142, jan./mar. 2007
- SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual. Washington: Department of Agriculture Handbook 18, 1951.
- SOUSA, Kauany Andressa de Oliveira; RIBEIRO, Junior Caroline Alves; XAVIER, Miguel Gustavo. A alquimia. *Scientia Naturalis*, v. 1, n. 1, p. 181-189, jan./fev. 2019
- SOUTO, P. C. et al. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no Semi-Árido da Paraíba. *Revista Brasileira de Solo*, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 151-160, jan./fev. 2008
- SOUZA JUNIOR, Ivan Granemann de et al. Contribuição dos constituintes da fração argila de solos subtropicais à área superficial específica e a capacidade de troca cátions. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1355-1365, Dec. 2007. Acessado em <[http://WWW.scielo. BR/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00100-06832007000600014&lng=iso](http://WWW.scielo.BR/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00100-06832007000600014&lng=iso)>. Acesso em: 26 fev 2021.
- SOUZA, M. H. Macrofauna do solo. *Enciclopédia Biosfera*, centro científico conhece, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 115-131, nov./dez. 2015
- SOUZA, M. H; VIEIRA, B. C. R; OLIVEIRA, A. P. G; AMARAL, A. A. Macrofauna do solo. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 11, n. 22, p. 115, dez. 2015.
- STEFANOSKI, D. C. et al. uso do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, nov. 2013.
- STEFANOSKI, D. C; SANTOS, G. G; MARCHÃO, R. L; PETTER, F. A; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiente*, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, dez. 2013.
- STEFANOSKI, Diane C. et al . Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 17, n. 12, p. 1301-1309, Dec. 2013 . Acessado em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013001200008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008>.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, June 2001. Acessado em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01000683200100020001>

5&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000200015>.

- TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; SCOTT, A. & BOTTOMELEY, P.J., eds. *Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Madison, Soil Sci. Soc. Am., 2:778-835, 1994. (Special Publication, 5)
- TAVARES, S. R. de LUCEMA.; MELO, A. da SILVA.; ANDRADE, A. G.; ROSSI, C. Q.; CAPECHE, C. L. (Ed) 333.7316 A visão da ciência do solo no contexto, do diagnóstico,
- TAVARES, Silvio Roberto de Lucena, et al. Curso de Recuperação de Áreas Degradadas. In: TEIXEIRA, Manuel. A. et al. *Microrganismos endofíticos de mandioca de áreas comerciais e etnovarietades em três estados brasileiros*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n. 1, p. 43-49, jan. 2007. ISSN 0100-204
- TIECHER, Teles. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais so sul do Brasil: práticas alternativas de manejos visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre: [s.n.], 2016.
- TORMENA, Cássio Antonio et al . Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba , v. 59, n. 4, p. 795-801, Dec. 2002 . Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010390162002000400026&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162002000400026>
- TORRES, Eleno; SARAIVA Odilon Ferreira. Camadas de Mecânico do Solo em Sistema Agrícolas com a Soja. Londrina, Embrapa 1999. Acesso em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/461800/1/circTec23.pdf>> Acesso em 26 Fev. 2021
- VANZELA, Luiz. S; HERNANDEZ, Fernando. B. T; FRANCO, Renato. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55-64, jan. 2010
- VASCONCELOS, L. G. T. R; ZARIN, D. J; OLIVEIRA, F. A; CARVALHO, C. J. R; SANTOS, M. M. L. S. Eeffect of water availabilityon soil microbial biomass in secondary forest in easternAmazonia. *Revista Brasileira de Solo*, v. 39, n. 2, p. 377-384, abr. 2015.
- VEIGA, J. E. O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica. 2º. ed. São Paulo: Edusp, 2007
- VEIGA, M; FELBERG, N. P; NAVA, G. BETTONE, J. C. Winter cover cropsoffecting physical chemical soil attritutis in a commercialvineyard. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 47, n. 12, p. 1-7, ago. 2017 ISSN 1678-4596
- VEZZANI, F. M; MIELNICZUK, J. A Visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 33, n. 4, p. 743-755, ago. 2009
- VEZZANI, F. M; MIELNICZUK, J. uma visão sobre qualidade de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 4, p. 743-755, ago. 2009.
- VEZZANI, F.M; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista brasileira. Ciênc. Solo*, v. 33,n 4, p. 744 - 751, jul/ago. 2009.

- VEZZANI, Fabiane Machado. **Qualidade do Sistema Solo na Produção Agrícola**. 2001, 195 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul Faculdade Agronomia. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72665/000311335.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 17 março 2021.
- VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 213-223, Feb. 2011. Acessado em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832011000100020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000100020>.
- VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências de Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, pág. 743-755, agosto de 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832009000400001&lng=en&nrm=iso>. acesso em: 16 de março de 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400001>
- VEZZONI, F. M; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v. 33, n.4, p. 743-755, ago. 2009.
- VIEIRA, Elvis Lima, SOUZA, Gírlene Santos de; SANTOS, Anacleto Ranulfo dos; SILVA, Jain dos Santos. *Manual de Fisiologia Vegetal*. 1º ed. São Luiz: EDUFIMA, 2010
- VIEIRA, Andrea dos Santos. Avaliação da Disponibilidade Final de Dejetos Líquido de Suínos no Solo. 2019, 127 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia Minas Gerais. 2019. Disponível em: <<http://clyde.dr.ufu.br>>. Acesso em: 26 fev 2021.
- VILAR, Cesar Crispim; VILAR, Flavia Carolina Moreira. Comportamento do fósforo em solo e plantas. *Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrária*, v, 8, n. 2, p. 37-44, dez. 2013
- WERLE, Rodrigo; GARCIA, Rodrigo Arroyo; ROSOLEM, Ciro Antonio. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. *Revista Brasileira Ciências de Solo*, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, Dec. 2008. Acessado em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832008000600009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 26 Fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000600009>.
- WYLE, C. B; WEIL, R. *Elements of the nature and properties of soil*. 3ªed. ISB 9780135014332: Prentice Hall, 2013
- XAVIER, F. A. S; MAIA, S. M. F; OLIVEIRA, T. S.O; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solo sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da Ibiapaba CE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v 30, n. 2, p. 247-258, mar./abr. 2007