

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS ROLIM DE MOURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS
AMAZÔNICOS

PAULA CAROLINE MACHADO

**QUALIDADE DO SOLO E PRODUTIVIDADE DA SOJA E MILHO
SAFRINHA CONSORCIADO COM FORRAGEIRAS NA AMAZÔNIA
OCIDENTAL**

ROLIM DE MOURA
2022

PAULA CAROLINE MACHADO

**QUALIDADE DO SOLO E PRODUTIVIDADE DA SOJA E MILHO
SAFRINHA CONSORCIADO COM FORRAGEIRAS NA AMAZÔNIA
OCIDENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas Amazônicos da Universidade Federal de Rondônia, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestra em Agroecossistemas Amazônicos sob orientação do Prof. Dr. Fábio Régis de Souza e Co-orientação do Prof. Dr. Edicarlo Damaceno de Souza.

ROLIM DE MOURA

2022

Catalogação da Publicação na Fonte
Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR

M149q Machado, Paula Caroline.
Qualidade do solo e produtividade da soja e milho safrinha consorciado com forrageiras na Amazônia Ocidental / Paula Caroline Machado. - Rolim de Moura, 2022.

60f.: il.

Orientador: Fábio Régis de Souza.

Coorientador: Edicarlos Damaceno de Souza.

Dissertação (mestrado), Programa de pós-graduação em mestrado acadêmico em Agroecossistemas Amazônicos, Fundação Universidade Federal de Rondônia.

1. Reciclagem de nutrientes. 2. Brachiaria. 3. Panicum maximum. 4. Atividade enzimática. I. Souza, Fábio Régis de. II. Souza, Edicarlos Damaceno de. III. Título.

Fernando Pessoa (BS05)

CDU 631.42



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS AMAZÔNICOS - ROLIM DE MOURA

PAULA CAROLINE MACHADO

FOLHA DE APROVAÇÃO

**QUALIDADE DO SOLO E PRODUTIVIDADE DA SOJA E MILHO SAFRINHA CONSORCIADO COM
FORRAGEIRAS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL**

Defesa de Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas Amazônicos da Universidade Federal de Rondônia como parte dos pré-requisitos para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas Amazônicos. Aprovada no dia 06 de Outubro 2022, pela Banca Examinadora (PORTARIA Nº 141/2022/CRM/UNIR) constituída pelos Docentes:

Prof. Dr. Fábio Régis de Souza

(Orientador)

Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas Amazônicos/UNIR

Prof. Dr. Anderson Cristian Bergamin

Membro da Banca

Departamento de Agronomia/UNIR

Prof. Dr. Edicarlos Damacena de Souza

Membro da Banca 2

Universidade Federal de Rondonópolis -UFR

Prof. Dr. Leandro Pereira Pacheco

Membro da Banca 3

Universidade Federal de Rondonópolis -UFR

Rolim de Moura, 06 de Outubro de 2022



Documento assinado eletronicamente por **FABIO REGIS DE SOUZA, Docente**, em 25/10/2023, às 09:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANDERSON CRISTIAN BERGAMIN, Membro da Comissão**, em 25/10/2023, às 10:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leandro Pereira Pacheco, Usuário Externo**, em 25/10/2023, às 10:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Edicarlos Damacena de Souza, Usuário Externo**, em 26/10/2023, às 18:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unir.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1530943** e o código CRC **C9B0A5C6**.

A minha mãe Suely (*in memoria*) meu maior exemplo de vida.

AGRADECIMENTO

Ao meu senhor Deus por guiar todos os meus dias, por sua misericórdia e amor que me sustentou até aqui e sabe o tempo certo de tudo.

À minha família, meu Pai Nilton, minha irmã Nathália, a minha Avó Nilvada e todos amigos próximos, em especial a Daniele, Bruna e Scheila que me acompanharam, incentivaram, ajudaram em várias etapas do mestrado, que sem esse apoio eu já mais conseguiria.

À minha mãe Suely (*in memória*), que através do seu exemplo de vida, sabedoria e amor, me ensinou a lutar, a sonhar e a ser forte. Obrigada mãe essa conquista é sua.

Ao meu orientador Fábio Régis de Souza, pela orientação desde a graduação, obrigada por todas as palavras e ensinamentos.

Ao grupo de pesquisa GEPASIPA, em especial: Bruno, Bruna, Katiane, Maria Luiza, Raphael, Karina, Ulisses, Larissa, Matheus, por toda ajuda na condução do experimento e parceria nesses dois anos, sem vocês não seria possível, e também meu querido amigo Reginaldo pelo seu tempo e apoio,

Ao meu Co-orientador Edicarlos Damacena por todo apoio e prontidão em me auxiliar.

À Universidade Federal do Mato Grosso pela parceria, em especial a Gabriela pela a execução das análises de solos, por disponibilizar seu tempo e atenção comigo sempre que precisei.

À Universidade Federal de Rondônia e ao programa de Agroecossistemas Amazônicos, e a todos docentes que contribuíram para a minha formação.

À CAPES pela bolsa.

À banca examinadora pela contribuição e disponibilidade.

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar a produtividade e o efeito da sucessão da soja e milho safrinha consorciado com forrageiras na qualidade dos atributos químicos e biológicos do solo. O experimento foi conduzido na área experimental da Fundação Universidade Federal de Rondônia, cidade, estado. O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados, com oito (08) tratamentos sendo; cultivos das forrageiras em consórcio com milho safrinha, *Brachiaria Ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés (MG5), *Brachiaria brizantha* cv. BRS, Piatã, *Brachiaria* cv. BRS Paiaguás, *Panicum maximum* cv. Mombaça, BRS Tamani, Massai e a testemunha milho solteiro. O presente trabalho concluiu que as forrageiras Massai, Ruziziensis Tamani e Xaraés apresentam efeitos positivos na qualidade química do solo A maior atividade da enzima fosfatase ocorreu no capim Paiaguás onde este apresenta maior teor de P. A produtividade da soja não é alterada quando cultivada em sucessão à diferentes palhadas de forrageiras em consórcio com o milho safrinha. No sistema de produção o cultivo de milho safrinha solteiro há redução da produtividade de soja e milho.

Palavras Chaves: Reciclagem de nutrientes, *Brachiaria*, *Panicum maximum*, Atividade enzimática

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the productivity and the effect of the succession of soybeans and second-crop corn intercropped with forages on the quality of the chemical and biological attributes of the soil. The experiment was conducted in the experimental area of the Fundação Universidade Federal de Rondônia, city, state. The experimental design was done in randomized blocks, with eight (08) treatments being; forage crops intercropped with off-season corn, *Brachiaria Ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés (MG5), *Brachiaria brizantha* cv. BRS, Piatã, *Brachiaria* cv. BRS Paiaguás, *Panicum maximum* cv. Mombasa, BRS Tamani, Massai and the single corn witness. The present work concluded that the forages Massai, *Ruziziensis* Tamani and Xaraés have positive effects on the chemical quality of the soil. to different forage straws intercropped with off-season corn. In the production system, the cultivation of single safrinha corn, there is a reduction in soybean and corn productivity.

Keywords: Keywords: Nutrient recycling, *Brachiaria*, *Panicum maximum*, Enzymatic activity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dados mensais de precipitação pluvial e temperatura média (Cº) dos anos de 2019 a 2022, estado de Rondônia, Brasil.	21
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas das amostras do solo da área do experimento realizado na região da Zona da Mata Rondoniense, no município de Rolim de Moura 2019/2020	22
Tabela 2. Resumo da análise de variância para os atributos químicos do solo em função do milho safrinha consorciados com gramíneas forrageiras e soja em sucessão, avaliados na profundidade de 0 a 0,20 m	28
Tabela 3. Atributos químicos do solo em função do milho safrinha consorciado com gramíneas forrageiras e soja em sucessão, avaliados na profundidade de 0 a 0,20 m	29
Tabela 4. Resumo da análise de variância para atividade enzimática, nitrogênio e carbono da biomassa microbiana, avaliados na profundidade de 0,10 m	32
Tabela 5. Atributos biológicos do solo em função do milho safrinha consorciados com gramíneas forrageiras e soja em sucessão, avaliados na profundidade de 0 a 0,10 m	33
Tabela 6. Resultado da análise de variância para produção de massa seca das gramíneas forrageiras consorciadas com o milho safrinha.....	40
Tabela 7. Produção de massa seca das gramíneas forrageiras consorciadas com milho safrinha	41
Tabela 8. Resumo da análise de variância para produtividade da soja e milho consorciados com gramíneas forrageiras nas safras 2021/2022	41
Tabela 9. Produtividade do milho consorciado com gramíneas forrageiras e soja em sucessão nas safras 2021 e 2022.....	42

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

Al	Alumínio
ARIL	Arilsulfatase
BETA	β -glicosidade
C/N	Carbono/Nitrogênio
Ca	Cálcio
CBM	Carbono da Biomassa Microbiana
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
FOF	Fosfatase
GEE	Gases de efeito estufa
H	Hidrogênio
ILP	Integração Lavoura Pecuária
K	Potássio
Mg	Magnésio
MO	Matéria Orgânica
NBM	Nitrogênio da Biomassa Microbiana
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogênio
PMS	Peso de Mil Sementes
PROD	Produtividade
S	Enxofre
SB	Soma de Bases
SIPA	Sistema Integrado de Produção Agropecuária
SPD	Sistema de Plantio Direto
URE	Urease
V%	Saturação por Bases

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo geral.	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 Bioma Amazônia	13
3.2 Produção de soja e milho no bioma Amazônia	13
3.3 Estratégias para intensificar a produção agrícola	15
3.4 Principais forrageiras utilizadas em sistema de consórcio	16
3.5 Produtividade da soja em sucessão ao milho Safrinha	17
3.6 Indicadores de qualidade solo	18
3.6.1 Atividade Enzimática	18
3.6.2 Indicadores químicos de qualidade solo	19
4 METODOLOGIA	20
4.1 Descrição da área experimental.	21
4.2 Delineamento.....	21
4.3 Cultura da soja safra 2020/2021 e 2021/2022	22
4.3.1 Tratamento das sementes	22
4.3.2 Semeadura da soja	23
4.3.2 Monitoriamento e tratos culturais para a soja	23
4.4 Cultura do milho safrinha 2021	29
4.4.1 Semeadura do milho em consórcio com forrageiras.....	29
4.5 Variáveis Analisadas	25
4.5.1 Avaliação da produtividade da soja	25
4.5.2 Avaliação da produtividade do milho	25
4.5.3 Avaliação das forrageiras	26
4.5.4 Avaliação dos atributos químicos e biológicos.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6 CONCLUSÃO	44
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

O bioma amazônico é um ecossistema único, fonte da maior biodiversidade de plantas e animais do mundo. Sua composição estrutural diversificada e heterogênea influencia diretamente na distribuição das comunidades de organismos, no tipo de solo e principalmente das formações vegetais, sendo que estes elementos se apresentam em uma relação de interdependência, de maneira complexa neste vasto bioma (DARWIN, 1859; BEGON et al., 2006; CAMPOS et al., 2012; SANTOS et al., 2012).

Embora na região predomine as áreas de florestas nativas, com matas primárias e secundárias, nas últimas décadas vem ocorrendo um avanço da fronteira agrícola na região Amazônica (MELO et al., 2017). A economia da Amazônia Ocidental inicialmente era movida pela prática extrativista, substituída pela agricultura que se caracterizava pela derrubada e queimada das florestas, com o plantio de culturas de subsistência, principalmente arroz, milho, mandioca, e a pecuária de corte e leite. A pecuária se tornou o principal produto de exportação da região (SILVA, 2015).

Esse cenário vem mudando com a expansão de cultivo de cereais (milho, soja e arroz) que se faz em áreas que a pecuária predominante, transformando a paisagem rural com a territorialização da soja, havendo então o deslocamento dos bovinos para demais sub-regiões, aumentando a demanda por novas terras (SILVA, 2015).

Devido as condições de baixa fertilidade dos solos amazônicos em algumas regiões e os níveis de degradação das pastagens da região e o manejo inadequado com taxa de lotação superior a capacidade de suporte, a produtividade vem apresentando baixos índices de desempenho animal, sendo que para recuperar o potencial produtivo dessas áreas, se faz necessário o desenvolvimento de alternativas para o restabelecimento da capacidade produtiva das mesmas. Utilizando-se também sistemas de manejo mais eficientes para as culturas de grãos, sendo fundamental para alcançar a sustentabilidade e aumentar a eficiência do sistema agropecuário.

A utilização de sistemas integrados, plantio direto e sucessão de culturas, são opções viáveis para melhorar o uso da terra, elevando os níveis de produtividade e diversidade da propriedade rural, bem como para recuperar áreas com pastagens degradadas, reduzir os riscos de degradação e diminuir os

desmatamentos. A integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas consiste no plantio de culturas anuais nessas áreas, em sistema de rotação ou de consórcio com as forrageiras. (VILELA et al., 2001; ZIMMER et al., 2004; GONÇALVES; KLUTHCOUSKI et al., 2004; MARTHA JÚNIOR et al., 2007; MACEDO, 2009; FRANCHINI et al., 2010).

Várias modalidades de cultivos podem ser adotados em sistemas integrados, tal como a sucessão de cultura, que pode promover melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, aumento da ciclagem e da eficiência na utilização dos nutrientes, recuperação de pastagens degradadas e mitigação dos gases de efeito estufa (GEE). (BALBINO et al., 2011; NETO et al., 2018; MARÇAL et al., 2018).

Sob as condições tropicais e subtropicais do Brasil, o consórcio de milho com gramíneas forrageiras utilizando o gênero *Brachiaria* é uma excelente alternativa para o estabelecimento da mesma como planta de cobertura. A utilização de forrageiras nesse sistema proporciona uma elevada diversificação de biomassa resultante na cobertura do solo. (PARIZ et al. 2016; ALMEIDA et al. 2017).

Mediante o exposto, é possível observar a necessidade de adoção de técnicas e estratégias para intensificar a produção agrícola na Amazônia ocidental e reduzir os impactos ambientais. Isso se justifica principalmente devido à baixa fertilidade natural dos solos amazônicos. Diante disso, visando viabilizar e potencializar as culturas dentro desse bioma, objetiva-se com esse Avaliar a produtividade e o efeito da sucessão da soja e milho safrinha consorciado com forrageiras na qualidade dos atributos e químicos e biológicos do solo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

Avaliar a produtividade e o efeito da sucessão da soja e milho safrinha consorciado com forrageiras na qualidade dos atributos químicos e biológicos do solo.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da sucessão da soja e milho safrinha consorciado com forrageiras nos atributos biológicos do solo.
- Avaliar o efeito da sucessão da soja e milho safrinha consorciado com forrageiras nos atributos químicos do solo.
- Avaliar a produtividade da soja em sucessão ao milho safrinha consorciado com forrageiras.
- Avaliar a produtividade do milho consorciado com forrageiras.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Bioma Amazônia

O Bioma Amazônico chega a ocupar uma área de 4.196.943 Km², que corresponde mais de 40% do território nacional e é constituído principalmente por uma floresta tropical. A Amazônia passa pelos territórios do Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, Maranhão, Mato Grosso, Rondônia e Tocantins. A Amazônia é formada por distintos ecossistemas como florestas densas de terra firme, florestas estacionais, florestas de igapó, campos alagados, várzeas, savanas, refúgios montanhosos e formações pioneiras (IBF, 2020).

O solo da floresta amazônica possui uma camada de nutrientes que se forma a partir da decomposição de folhas, frutos e animais mortos. Esta camada é rica em húmus, matéria orgânica muito importante para algumas espécies de plantas da região. Em áreas desmatadas, as fortes chuvas “lavam” o solo, carregando seus nutrientes. É o chamado processo de lixiviação, que deixa os solos amazônicos ainda mais pobres. Apenas 14% de todo o território pode ser considerado fértil para a agricultura (LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 1998).

Existem estimativas de que cerca de 20 milhões de hectares de áreas desmatadas estão degradadas na Amazônia brasileira. Parte dessas áreas encontram-se alteradas e necessitam da introdução de inovações tecnológicas, como as tecnologias de sistemas integrados de produção agropecuária e pastejo rotacionado intensivo, para incorporá-las ao sistema produtivo (IBF, 2020).

3.2 Produção de soja e milho no bioma Amazônia

Entre 2000 e 2020, o valor de produção da soja no bioma Amazônia cresceu, em termos reais, em 1.563,5%, enquanto que a média brasileira expandiu 342,0%. Com isso, a participação do bioma no total do valor produzido de soja pelo país, passou de 4,0% para 14,9%, no período (IBGE, 2021). A produção de soja é atualmente uma das exportações agrícolas mais valiosas do Brasil e um componente-chave da continuidade do desenvolvimento econômico. Se espalhando de forma constante para o norte para a região da Amazônia Legal (FEARNSIDE, 2001; MUELLER, 2003) onde os preços da terra relativamente baixos, a qualidade do solo, a mecanização, a topografia, e melhorando gradualmente (embora muitas vezes ainda muito precária) a infraestrutura de transporte torna a produção competitiva nos mercados internacionais (VERA-DIAZ et al., 2008).

Esse crescimento do setor de soja aconteceu tanto pela intensificação da produção (rendimento médio crescendo de 1,7 para 3,2 toneladas por hectare entre 1990 e 2019) quanto pela expansão da área (de 11,5 para 35,8 milhões de ha entre 1990 e 2019) (IBGE, 2020). Ocorrendo especialmente em novas regiões agrícolas ao norte e oeste dos polos agrícolas estabelecidos, nos biomas Amazônia e Cerrado, respectivamente (DIAS et al., 2016).

Neste cenário, a região Norte tem sido considerada uma importante fronteira agrícola, com registros anuais de aumento na área cultivada com grãos, principalmente com a cultura da soja. Rondônia se destaca entre os estados desta região pela expansão da cultura e pelo potencial que apresenta para seu desenvolvimento, ou seja, pelas áreas aptas para o cultivo de grãos, atualmente ocupada por pastagens em diferentes níveis de degradação (BOTELHO et al., 2015).

A soja em Rondônia ocupada uma área aproximadamente de 403 mil hectares. A produção na safra 2020/2021 cresceu 48,8% e a produtividade teve incremento de 7,9% com produção de 1,33 milhões de toneladas. Vale ressaltar que ao mesmo tempo em que se intensifica a colheita da soja, avança em todo o estado a semeadura do milho 2ª safra, utilizando a mesma área ocupada pela oleaginosa (CONAB, 2022). A produção do milho no estado de Rondônia teve crescimento de 1,3% neste ano, com previsão de 981 mil toneladas colhidas na safra de 2021. A área plantada é de cerca de 200 mil hectares (SEAGRI, 2021).

Um dos métodos que contribuiu para o crescimento da produção milho é a utilização da safrinha, uma das opções para o produtor ampliar a produção por unidade de área, considerando-se o ciclo de um único ano agrícola. Com a crescente demanda por alimentos, abre-se excelente oportunidade para produto obtido em cultivo de safrinha. O Brasil é um dos poucos países do mundo que possui condições de ampliar o sistema produtivo, em virtude da maior amplitude do período com condições climáticas favoráveis ao cultivo agrícola (MENDONÇA et al., 2007).

Dessa forma a segunda safra do milho (milho safrinha), vem se apresentando como relevante atividade econômica para os produtores rurais, devido a geração de renda, por se mostrar como alternativa de baixo custo e aproveitamento de recursos da safra de verão e por ser uma excelente opção para integrar lavoura com a pecuária (ZU ERMGASSEN et al., 2018).

3.3 Estratégias para intensificar a produção agrícola

A vasta dimensão dos problemas e impactos ambientais atuais, associados a uma maior preocupação da sociedade com o meio ambiente e com a produção de alimentos, promoveu um novo cenário na cadeia de produção, exigindo sistemas que garantam a produção e segurança alimentar sem agredir o ambiente. Diante da atual situação, vem se mostrando promissora a inserção da integração de sistemas de produção agropecuária (SIPA), com maior ênfase no contexto de produção e sustentabilidade (SILVA et al., 2016; GASPARINI et al., 2017; MORAES et al., 2018).

A utilização dos SIPAs apresenta-se como alternativa à agricultura tradicional para a manutenção, diversificação e incremento da produtividade, além do potencial em recuperação de pastagens. Os quais promovem boa taxa de ciclagem de nutrientes e melhoria do solo, reduzem os custos de produção e mantem níveis de produtividade elevados, além dos inúmeros serviços ecossistêmicos. Para tanto, são projetados para criar e aumentar as sinergias surgidas nas áreas de atividades integradas, entre pecuária, agricultura e silvicultura (CARVALHO et al., 2014).

Outra alternativa como estratégia para diversificação de produção e visando a melhoria da qualidade do solo, está o sistema de plantio direto (SPD), modelo de produção consolidado globalmente. Utilizando dos princípios de

rotação de culturas e produção de palhada esse manejo garante a sustentabilidade do agroecossistema (GOMES JUNIOR e CHRISTOFFOLETI 2008).

O SPD preconiza a cobertura verde constante, favorecendo os aspectos físicos, químicos e biológicos do solo (PIRES et al., 2015), além do revolvimento mínimo do solo e a rotação de culturas. Para viabilizar o esse sistema, é necessária a utilização de plantas de cobertura que possibilitem, boa produtividade e manutenção da palhada sobre o solo, influenciando maior produção e sustentabilidade para as culturas em sucessão (FIORENTIN et al., 2015).

A introdução de espécies forrageiras aos sistemas produtivos proporciona esse aumento e manutenção de palhada como citado por Fiorentin et al., (2015) com uma elevada produção de matéria seca e eficiência na reciclagem de nutrientes, já que, gramíneas forrageiras possuem o sistema radicular agressivo, são capazes de explorar maior volume de solo, podendo alcançar maiores profundidades, tendo assim um melhor aproveitamento da adubação residual da cultura de verão (CRUSCIOL et al., 2012).

3.4 Principais forrageiras utilizadas em sistema de consórcio

A escolha das forrageiras devem ser feitas segundo o propósito que ela terá no sistema, havendo duas finalidades para a implantação. Uma é a produção de forragem que será ofertada aos animais e a outra é palhada para a cobertura do solo beneficiando a cultura sucessora. Para a produção de palhada esse sistema exige uma gramínea de alta produção de massa, baixo custo de sementes e fácil dessecação (MACHADO et al, 2013).

Além de todas essas características necessárias para expressão do melhor potencial no sistema, as forrageiras precisam ser resistentes aos déficits hídricos, ter adaptabilidade as características do solo, possuir resistência da palhada e ter o mínimo de competição com a cultura principal (BURIN, 2017).

Quando o propósito do consórcio for o de estabelecimento de pastagens é necessário redobrar os cuidados com a escolha da espécie e cultivar como atenção a quantidade e qualidade das sementes, ao nível de fertilidade do solo,

ao tipo e categoria de animal que irá utilizar a pastagem e à expectativa de produção (MACHADO et al., 2011).

A maioria dos consórcios utilizam os gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, entre as espécies, as mais utilizadas são *B. brizantha* cv. Marandu, *B. ruziziensis* e *P. maximum* cv. Mombaça. Outras espécies apresentam grande potencial como *B. brizantha* cv. Piatã, *B. brizantha* cv. Paiaguás, *B. brizantha* cv. Xaraés (MG 5), *P. maximum* cv. Massai e *P. maximum* cv. Tamani. Forrageiras perenes desses dois gêneros podem ser utilizadas para produção de palha ou pasto durante o período seco na região do cerrado e Amazônia, proporcionando a integração das atividades de lavoura e pecuária. (PARIZ et al., 2009; SEREIA et al., 2012).

3.5 Produtividade da soja em sucessão ao milho Safrinha

A soja (*Glycine max*) ocupa o posto de commodity de maior importância no cenário agrícola brasileiro, a produção de grãos no país deverá atingir 272,5 milhões de toneladas no ciclo 2021/22. O volume representa um crescimento de 6,7% em relação à temporada passada, ou seja, cerca de 17 milhões de toneladas. Para área também é esperado um aumento de 4 milhões de hectares, sendo estimada em 73,8 milhões de hectares (CONAB, 2022).

Na sucessão soja-milho safrinha, a soja é cultivada de setembro a março e o milho semeado imediatamente após a colheita da soja. A semeadura simultânea de braquiária com o milho safrinha é uma tecnologia para manter o solo coberto o máximo de tempo possível, principalmente entre a colheita do milho e a semeadura da soja, onde e quando não há condições de umidade no solo e/ou temperatura para o estabelecimento de uma espécie para cobertura do solo. Essa tecnologia de consórcio proporciona melhores no solo e na produtividade das culturas (CECCON et al., 2013).

Vários estudos veem demonstrando resultados positivos da soja sob o efeito residual proporcionando pela palhada das gramíneas forrageiras. Grandó e Campos (2019), avaliando a produtividade da soja semeada sob diferentes tipos de forrageiras em sistema de plantio direto, encontrou melhores produtividade da soja quando utilizado cobertura de com a *Brachiaria Ruziziensis* em consórcio com milho.

Souza (2020), avaliando a interferência das populações de *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça consorciada com o milho safrinha, acúmulo de

biomassa e produtividade da soja em sucessão, obteve maiores números de vagens por planta e a produtividade da soja aumentando linearmente com a quantidade de resíduo produzidos pelo capim Mombaça.

Outro resultado positivo foi encontrado por Anschau et al., (2019) onde avaliando as propriedades físicas do solo e a produtividade da soja em sucessão ao milho safrinha em consórcio com diferentes plantas de cobertura, a soja cultivada em sucessão a palhada de *Brachiaria Ruziziensis* produziu 33,4% a mais do que na sucessão milho solteiro.

3.6 Indicadores de qualidade solo

Para gerenciar a qualidade do solo, é essencial ter ferramentas para prever e avaliar as mudanças do solo causados por várias práticas de manejo e fatores ambientais (PIOTROWSKA e WILCZEWSKI, 2012). Vários métodos têm sido usados para prever mudanças na qualidade do solo. As propriedades químicas, físicas e biológicas do solo podem servir como indicadores de qualidade (ABBOTT e MURPHY, 2003).

Indicadores sensíveis e que dão respostas rápidas, incisivas e eficientes sobre a qualidade do solo são preferidos (MATSUOKA et al., 2003). Indicadores de qualidade do solo que estão ligados à atividade microbiana podem responder a distúrbios durante um período mais curto de tempo do que aquelas ligadas a propriedades físicas ou químicas (GARCÍA-GIL et al., 2000).

3.6.1 Atividade Enzimática

Espécies microbianas liberam enzimas no ambiente para degradar moléculas orgânicas complexas em moléculas simples absorvíveis (ALMEIDA et al., 2015). Assim, as enzimas do solo catalisam e aumentam várias reações bioquímicas (GIANFREDA, 2015) que provocam a decomposição resíduos orgânicos, transformação de matéria orgânica do solo nativo, mineralização de nutrientes para plantas crescimento e agregação do solo (BALEZENTIENE, 2012). As taxas de decomposição estão, portanto, ligadas às enzimas que atuam diretamente nas principais partes estruturais de material vegetal e pode fornecer informações úteis sobre características definidas da comunidade microbiana e sucessão (FIORETTO et al., 2000).

Dick e Tabatabaia (1993) afirmaram que os microrganismos consistem na fonte mais significativa de enzimas do solo. Os solos de pastagens, geralmente, apresentam maior número e atividade de populações microbianas do que solos que não são de pastagem. Tanto a quantidade como a qualidade dos resíduos de origem vegetal ou animal nos sistemas produtivos provocam alterações na comunidade microbiana, influenciando a taxa de decomposição (GARCIA, 2007).

Segundo Siqueira e Franco (1988) em solos sob pastagens, nas regiões de clima temperado, verifica-se que práticas como aração, uso de fertilizantes, manutenção dos restos vegetais, pastejo, irrigação e drenagem favorecem a atividade da microbiota, enquanto a remoção dos restos de culturas, o uso de fungicidas e fumigantes e a deposição de metais pesados, geralmente têm efeito negativo. Contudo, os microrganismos sofrem influência, além destes fatores, da temperatura, pH, umidade, aeração e disponibilidade de substrato, fertilidade e força iônica (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Diferente da produção de outras culturas as pastagens, além de incorporarem no solo os resíduos das plantas, incorporam também fezes e urinas dos animais que são o suprimento de nutriente mais importante das pastagens. Esses resíduos são ricos em nutrientes que estimulam o crescimento microbiano e a atividade enzimática do solo (JANUSCKIEWICZ, 2011).

A escolha de usar enzimas para avaliar a qualidade do solo baseia-se na sua sensibilidade ao manejo do solo, decomposição da matéria orgânica e relativa facilidade de análise (BALOTA e CHAVES, 2010). A determinação da fertilidade do solo e do rendimento das plantas usando a atividade de uma única enzima provou ser imprecisa. Isto é porque as atividades enzimáticas do solo catalisam uma reação particular e, portanto, não podem ser atividade microbiológica do solo, que compreende uma ampla gama de diferentes reações enzimáticas. Além disso, uma determinada enzima não pode refletir todo o estado nutricional do solo porque é específico do substrato (NANNIPIERI et al., 2012).

Assim, as enzimas mais usadas para avaliar os fatores que controlam a decomposição da serapilheira e a qualidade do solo são os envolvidos na degradação dos principais componentes da cama e hidrolases, que estão

associadas com o carbono (C) (β -glicosidase), nitrogênio (N) (urease), fósforo (P) (fosfatase) e ciclo de enxofre (S) (arilsulfatase) (KARACA et al., 2010).

3.6.2 Indicadores químicos de qualidade solo

O estudo das propriedades químicas do solo é capaz de possibilitar a compreensão de qual é a fertilidade presente na área, permitindo observar possíveis modificações sofridas em função do manejo adotado na área (FREITAS et al., 2017). De acordo com Cardoso et al. (2013), o pH do solo, a capacidade de troca catiônica (CTC), a matéria orgânica e os níveis de nutrientes são os principais indicadores químicos utilizados na avaliação da qualidade do solo.

Dessa forma os atributos químicos servem como critérios de avaliação de alterações importantes no solo e na escolha de sistema de manejo adotado, como observado por Bonini et al. (2016) em seu trabalho avaliando a produção de forragem e atributos químicos e físicos do solo em sistemas integrados de produção agropecuária observou que os teores de MO, Ca, Mg e P, na camada de 0-0,20 m, após 2 anos de implantação dos sistemas, aumentaram em comparação à análise de solo inicial, realizada em 2012.

Costa et al. (2015), observaram que as alterações químicas do solo em sistemas integrados resultam do elevado acúmulo de resíduos vegetais sobre sua superfície do solo que, após a decomposição, proporcionam aporte. Estes mesmos autores observaram melhorias nos atributos químicos do solo decorrentes do efeito das adubações nas culturas e da intensificação do uso da área agrícola com ILP sob sistema de plantio direto.

4 METODOLOGIA

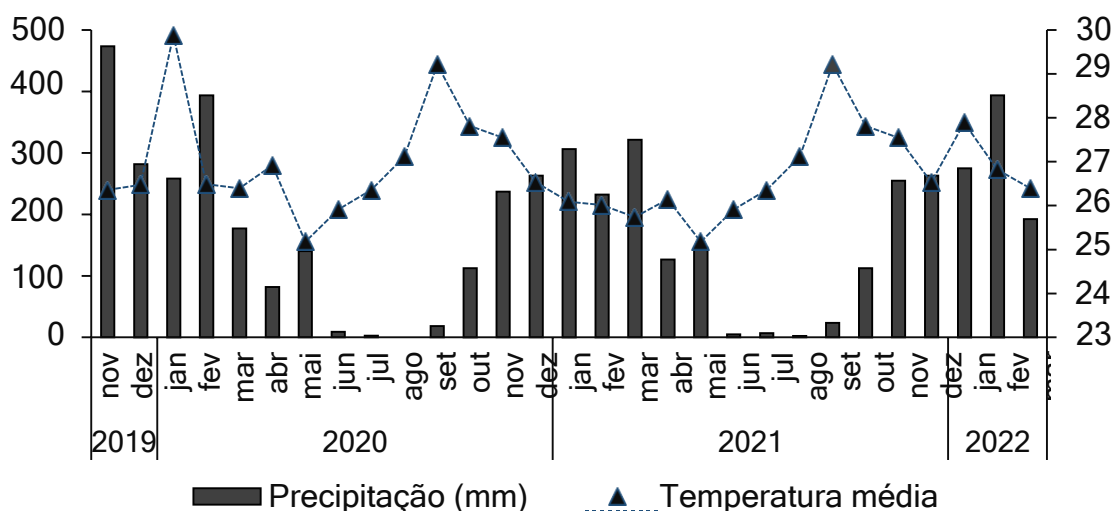
O experimento foi realizado entre novembro de 2019 e março de 2022 na área experimental da Universidade Federal de Rondônia, localizada no km 15 da Rodovia 479, em Rolim de Moura - RO.

O município localiza-se na região centro-sul do estado, situado a latitude 11°34'55.68"S e longitude 61°46'25.27"O, em uma altitude de 232 metros. O clima local, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Am, tropical de monção

(ALVARES et al., 2013), com alternância bem definida entre as estações seca e chuvosa.

Os dados de temperatura e precipitação, coletados durante o período experimental são apresentados na Figura 1.

Figura 1 Dados mensais de Precipitação pluvial e temperatura média (Cº) dos anos experimentais de 2019 a 2022, estado de Rondônia, Brasil.



Fonte: INMET (2022)

4.1 Descrição da área experimental

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura média (SANTOS, 2013), cuja as características químicas são descritas na Tabela 1.

A área experimental, antes da instalação do experimento, era constituída por vegetação secundária mista, com presença de capoeira, arbustos esparsos, e gramíneas forrageira, principalmente as do gênero *Brachiaria*. Em 2018 foi realizado a limpeza primária da área, com remoção da vegetação com auxílio de um trator de esteira.

4.2 Delineamento

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco (5) repetições e oito (8) tratamentos, com parcelas de 500m². Os tratamentos são os cultivos de forrageiras em consórcio com milho na safrinha, sendo elas: cultivares *Brachiária brizantha* cv. Xaraés, *Brachiária* cv.BRS Piatã,

Brachiária cv. BRS Paiaguás; *Brachiária* Ruzizensis; *Panicum maximum* cultivares Mombaça, BRS Tamani, Massai e a testemunha sendo o milho solteiro.

Tabela 1. Características químicas das amostras do solo da área do experimento realizado na região da Zona da Mata Rondoniense, no município de Rolim de Moura 2019/2020.

Prof	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V
(cm)	(H ₂ O)	(g/dm ⁻³)	(mg/dm ⁻³)								(%)
0-20	5,6	27,1	3,00	0,2	1,00	1,00	0,2	10,1	4,00	14,1	28,4
0-40	5,4	28,5	1,00	0,1	0,7	0,9	0,2	8,3	3,2	11,5	27,8

Prof< profundidade, P e K - Extrator de MELICH-1, Al,Ca e Mg=KCL 1mol⁻¹, H+Al= pH(7,0).
Análise de solo determinada no Laboratório LabSolos - Laboratório de solos, UNIR

O preparo foi iniciado em agosto de 2019 com catação de raízes e limpeza da área. Posteriormente, foi realizada a correção do solo com a aplicação de 2 toneladas de calcário dolomítico, com PRNT de 76%. O calcário foi distribuído a lanço sobre o solo e incorporado com uso de grade aradora (de 14 discos de 28"). Área foi dessecada com glifosato (1200 g ha⁻¹ e.a.) mais 2,4-D amina (806 g ha⁻¹ e.a.) 15 dias antes da semeadura da soja.

No ano safra de 2019/2020 foi feito o primeiro cultivo da soja na área do experimento, não sendo objeto de avaliação para este trabalho. Após a colheita da soja foi realizada a semeadura do milho safrinha em consórcio com as gramíneas forrageiras, realizada no dia 10 de março de 2020.

O milho foi cultivado no espaçamento de 0,50 m entre linhas, a cultivar utilizada foi a Pioneer P4285 VYHR. A população de plantas de milho foi de 3 plantas por metro linear, totalizando a quantidade de 60.000 plantas por ha.

As quantidades de sementes de forrageiras semeadas variou em função do peso de mil sementes (PMS) de cada forrageira, com expectativa de obter 50 sementes por metro quadrado de cada forrageira. As características agrônômicas e a produtividade do milho também não foram objeto de avaliação desse trabalho (safrinha 2020).

4.3 Cultura da soja safra 2020/2021 e 2021/2022

4.3.1 Tratamento das sementes

As sementes de soja foram tratadas com (Piraclostrobina, 25g/L+Tiofanato metílico 225 g/L+Fipronil 250 g/L) na dose de 200 mL do produto comercial para cada 100 kg de sementes. Além disso foram tratadas com os inoculantes *Bradyrhizobium japonicum*, Semia 5079 e Semia 5080 com 1×10^{10} unidades formadoras de colônias (UFC) por mL, também com *Azospirillum brasilense* estirpes AbV5 e AbV6 com 2×10^{11} UFC L⁻¹ na dose de 100 ml para cada 50 kg de sementes de soja, ainda no tratamento de sementes foi adicionado o inoculante turfoso com formulado com *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* com 8×10^9 UFC. g⁻¹.

4.3.2 Semeadura da soja

O primeiro cultivo avaliado da cultura da soja iniciou na safra 2020/2021 em sucessão ao milho safrinha 2020 consorciado com as gramíneas forrageiras.

No dia 03 de novembro de 2020, foram aplicadas 2,5 toneladas de calcário com PRNT de 82% em toda a área. No dia 10 de novembro de 2020 realizou-se a semeadura do cultivar de soja Brasmax Certa sob a palhada das sete (07) forrageiras.

A adubação de base foi realizada com 300 kg/ha do formulado NPK 4-30-16 e mais adubação em superfície de 50 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio.

Para o segundo ano safra 2021/022 de avaliação da cultura da soja a cultivar utilizada foi a Neogen 750 IPRO. A adubação foi feita com 100 kg/ha de cloreto de potássio a lanço um dia antes da semeadura. No dia seguinte, 4 de novembro de 2021 junto a semeadura foi utilizado 300 kg/ha de MAP. Após uma semana de plantio foi aplicado a lanço 85 kg/ha de cloreto de potássio. O tratamento de semente seguiu da mesma forma como no primeiro cultivo.

Para ambas as safras a semeadura foi realizada com semeadora mecânica de 5 linhas, utilizando espaçamento de 0,50 m entre linhas, semeando-se 10 sementes por metro linear com a expectativa de população de plantas de 200.000 plantas ha⁻¹.

4.3.3 Monitoramento e tratamentos culturais para a soja

A área experimental foi sistematicamente monitorada por meio de visitas rotineiras para a coleta de informação e monitoramento de possíveis pragas. Na

medida em que foram necessários, adotaram-se os tratos culturais e o controle fitossanitário recomendados para a cultura da soja.

Devido a incidência de pragas em nível de danos econômicos na área experimental, foram utilizados (Clorpirifós 610 g ha⁻¹ e.a. entre os estádios V0 a R1 conforme incidências), (Imidacloprido 75 g ha⁻¹ e.a + Bifentrina 15 g ha⁻¹ e.a entre os estádios R4), (Metomil 322 g ha⁻¹ e.a entre os estádios V0 e V4) e (Tiametoxam 169 g ha⁻¹ e.a + Lambda-Cialotrina 127 g ha⁻¹ e.a entre os estádios R1 e R7) de forma a que os produtos foram rotacionados de forma a evitar que ocorra resistência de pragas.

Para controle de Doenças como ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), Antracnose (*Colletotrichum truncatum*), Mancha Alvo (*Corynespora cassiicola*) entre outras, foram utilizadas três aplicações de fungicida alternando entre os seguintes princípios ativos: (Trifloxistrobina 60 g ha⁻¹ e.a + Protioconazol 70 g ha⁻¹ e.a entre os estádios V0 e R3). (Mancozebe 750 g ha⁻¹ e.a entre os estádios R4 e R7), (Azoxistrobina 60 g ha⁻¹ e.a + Difenconazol 37 g ha⁻¹ e.a estágio R5) e ainda uma aplicação de fungicida protetor com mecanismo de atividade de contato multissítio a base de (Oxicloreto de Cobre 294 g ha⁻¹ e.a estágio R6).

4.4 Cultura do milho safrinha 2021

4.4.1 Semeadura do milho em consórcio com as forrageiras

Após a colheita da soja do primeiro ciclo avaliativo foi semeado o milho em consórcio com as sete (07) forrageiras. A semeadura ocorreu dia 19 de março de 2021. A cultivar de milho utilizada foi a GNZ 7280 VT PRO 2. O milho foi cultivado no espaçamento de 0,50 m entre linhas. A população de plantas de milho foi de 3,0 plantas por metro linear, totalizando a quantidade de 60.000 plantas por ha. A adubação de base foi com 250 kg ha⁻¹ do formulado 05-30-15 na semeadura e mais 120 kg/ha de N na forma de ureia em cobertura parcelada.

As forrageiras foram semeadas a lanço simultaneamente à semeadura do milho. A quantidade de sementes de forrageiras semeadas variou em função do peso de mil sementes (PMS) de cada forrageira, com expectativa de obter 50 sementes por metro quadrado de cada forrageira.

Foi necessário realizar a aplicação de herbicidas em subdoses para provocar o retardamento do crescimento das forrageiras para evitar competição significativa com o milho entre os estádios V7 e V8. Foi utilizado o herbicida atrazina+mesotrione (Callisto®) na dose de 1.200 + 60 g de i.a. por ha.

4.4.2 Monitoramento e tratos culturais para o milho

Os tratos culturais ocorreram em função das ocorrências de plantas daninhas, pragas e doenças. Foi aplicado 100 ml ha⁻¹ de Flubendiamida, 200g ha de Acetamiprido; Bifentrina e 0,1% do volume da calda de óleo vegetal após emergência quando o milho se encontrava com quatro folhas. Foi necessário realizar a aplicação de herbicidas em subdoses para promover o retardamento do crescimento das forrageiras para evitar competição significativa com o milho, para isso foi utilizado os herbicidas Atrazine + nicosulfuron 1.200 + 8 g de i.a. por ha.

Após a colheita do milho, as forrageiras permaneceram como plantas de cobertura vivas até 20 de outubro de 2020, quando foram dessecadas com a mistura de herbicidas de glifosato (2.160 g ha⁻¹ e.a.), mais 2,4-D amina (536 g ha⁻¹ e.a.) O volume de calda utilizado foi de 150 l ha⁻¹. No dia 31 de outubro de 2020 foi necessário realizar uma aplicação de paraquat na dose de 1,5 l ha⁻¹ do produto comercial, principalmente para controlar a cultivar Mombaça.

4.5 Variáveis Analisadas

4.5.1 Avaliação da produtividade da soja

A colheita da soja foi realizada de forma manual, na primeira semana de março de 2021 para o primeiro ano avaliativo, para o segundo ano também foi feito na primeira semana de março de 2022.

Para determinação da produtividade foram coletadas plantas de uma área de 9 m² da área útil de cada parcela, descontando três linhas da bordaduras. Após a trilha mecanizada das plantas, os grãos foram peneirados e retirados os resíduos restantes manualmente, depois acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao laboratório para avaliação da produtividade.

Os grãos foram pesados e levados para estufa para secagem para determinar a massa de grãos de cada parcela, que posteriormente foram transformados em kg ha^{-1} , corrigidos a 13% de umidade, determinada com auxílio de um aparelho medidor de umidade portátil.

4.5.2 Avaliação da produtividade do milho

Foi avaliado a produtividade do milho na safrinha 2021 em consórcio com as forrageiras, sendo determinada a produtividade da seguinte forma: foram coletadas as espigas presentes em 15 m^2 do centro de cada parcela, posteriormente foi realizado a pesagem dos grãos debulhados e pesados em balança analítica, para determinar a massa de grãos de cada parcela, que posteriormente foram transformados em kg ha^{-1} , corrigidos a 13% de umidade.

4.5.3 Avaliação das forrageiras

Das forrageiras em consórcio com o milho a característica avaliada foi a biomassa seca. Para isso foi utilizado o método do quadrado, inventário, com dimensões de $0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$. Foram coletadas duas amostras de 1 m^2 em área útil (a partir da terceira linha das bordaduras) de cada parcela, foram feitos dois cortes manualmente com auxílio de um cutelo a uma altura de 20 cm recomendada de saída dos animais da área, simulando altura de pastejo. Em seguida, as frações da parte aérea foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada a 65° C até atingir massa constante. Após passarem pela estufa, as amostras foram pesadas em balança analítica para determinar a quantidade de biomassa seca.

4.5.4 Avaliação dos atributos químicos e biológicos

Além das características agronômicas avaliadas da soja, milho e forrageiras foram avaliados os atributos químicos do solo. A coleta de solo para avaliação ocorreu quando a soja cultivada na safra 2020/2021 encontrava-se em pleno florescimento. Foram coletadas 3 (três) amostras cada tratamento da camada 0,0-0,20 m de profundidade para os atributos químicos. Com auxílio de uma sonda a coleta foi feita na entrelinha da soja em todos os tratamentos e na testemunha (cultivo do milho solteiro). As análises dos atributos químicos do solo

M.O, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, CTC, V% foram feitas segundo EMBRAPA, (2011).

A coleta do solo para avaliação dos atributos biológicos ocorreu quando a soja cultivada na safra 2020/2021 encontrava-se no período reprodutivo. A coleta foi realizada na camada de 0,0-0,10 m de profundidade. Com auxílio de uma sonda na entrelinha da soja. Foi coletada também uma amostra de solo na camada 0,0-0,10 m da floresta secundária (resultante de um processo natural de regeneração da vegetação, em áreas onde no passado houve corte raso da floresta primária.), que se encontra aproximadamente a 15 metros do experimento para fins de comparações de análises microbiológicas.

As amostras para determinação dos atributos biológicos foram inseridas em um saco plástico transparente, identificadas e colocadas em uma caixa térmica com gelo para manutenção da temperatura. Foram encaminhadas para cidade de Rondonópolis para serem analisadas pelo laboratório da Universidade Federal de Rondonópolis-MT.

Os atributos biológicos avaliados foram: Carbono da biomassa microbiana (CBM), Nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) e atividade enzimática do solo através das enzimas, B-glicosidade, arilsulfatase, uréase e fosfatase

As atividades de enzimas do solo avaliadas foram as associadas ao ciclo do carbono (b-glicosidase); do fósforo (fosfatase ácida) e do enxofre (arilsulfatase), utilizando-se os métodos descritos por Tabatabai (1994). Esses métodos baseiam-se na determinação colorimétrica do *p*-nitrofenol (coloração amarela) formado após a adição de substratos incolores específicos para cada enzima avaliada. A atividade enzimática do solo foi expressa em $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol liberado por grama de solo seco por hora } (\mu\text{g.g solo seco}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$.

A atividade da urease foi determinada pelo método descrito por Tabatabai e Brenner (1972), o qual determina a amônia liberada após a incubação do solo com uma solução de ureia.

O C da biomassa microbiana (CBM) foi determinada pelo método de fumigação-extração de acordo com Vance et al. (1987), usando um fator de correção (k_c) de 0,33.

O N da biomassa microbiana (NBM) foi determinado pelo método empregado por Brookes et al. (1985), utilizando um fator de correção de 0,54.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e quando significativo, aplicado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para comparação de médias, com o programa computacional SISVAR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Atributos químicos do solo

Os resultados da análise de variância dos atributos químicos do solo em função dos diferentes tratamentos mostraram diferenças ($p < 0,05$), para os teores de potássio e cálcio no solo e somas de bases, não havendo resultados significativos para os demais atributos químicos, apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os atributos químicos do solo em função do milho safrinha consorciados com gramíneas forrageiras e soja em sucessão, avaliados na profundidade de 0 a 0,20 m.

FV	GL	Quadrado médio										
		pH (H ₂ O)	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%	COS	MO
FORAGEIRAS	7	0,081*	21,50 ^{ns}	0,06**	0,99**	0,12 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,95*	1,43 ^{ns}	81,92 ^{ns}	20,74 ^{ns}	59,13 ^{ns}
BLOCO	4	0,34**	5,32 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,00*	0,19 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,66**	2,6 ^{ns}	159,28 ^{ns}	40,45 ^{ns}	124,3*
ERRO	21	0,03	10,6	0,005	0,16	0,1	1,24	0,33	1,26	46,54	12,08	35,72
TOTAL	31											
CV (%)		3,52	60,8	59,93	18,3	22,43	21,08	15,42	12,44	16,28	20,38	20,31

*significativo pelo Scott-Knott a 5% de probabilidade; ns, não significativo. ph em água; P, fósforo; K, potássio; Ca, cálcio; Mg, magnésio; Al, alumínio e H+AL, hidrogênio mais alumínio.

Através da análise química do solo, os resultados apresentados na tabela 3, percebe-se que o sistema de cultivo utilizando as gramíneas forrageiras em consórcio com o milho foram capazes de influenciar os teores do cálcio e de potássio disponível no solo. Apresentando maiores teores de K no solo quando se cultivou os capins *Panicum maximum* cv. Massai as demais forrageiras não se diferenciaram significativamente entre si e a testemunha.

A liberação de potássio a partir da decomposição dos tecidos vegetais é esperada pela capacidade deste nutriente não estabelecer ligações estáveis com os complexos orgânicos, não fazendo parte estrutural dos tecidos vegetais. Estudos comprovam que as espécies de plantas forrageiras são eficientes na extração e na ciclagem de K no solo, evitando perdas do nutriente no perfil,

sendo capazes de extrair formas não trocáveis de K (GARCIA et al., 2008), permitindo assim o aumento do K trocável do solo na superfície do solo após sua senescência.

Tabela 3. Atributos químicos do solo em função do milho safrinha consorciados com gramíneas forrageiras e soja em sucessão, avaliados na profundidade de 0 a 0,20 m.

Forrageiras	Análises Químicas					
	pH (H ₂ O)	P (mg/dm ⁻³)	K (mg/dm ⁻³)	Ca (cmolc/dm ⁻³)	Mg (cmolc/dm ⁻³)	Al (cmolc/dm ⁻³)
Mombaça	5,30 a	5,27 a	0,03 c	2,0 c	1,42 a	0,07 a
Piatã	5,27 a	5,25 a	0,02 c	1,82 c	1,47 a	0,00 a
Tamani	5,67 a	2,62 a	0,18 c	2,42 c	1,75 a	0,00 a
Massai	5,42 a	3,80 a	0,21 b	2,22 c	1,42 a	0,05 a
Xaraés	5,52 a	7,22 a	0,08 c	2,47 b	1,57 a	0,00 a
Paiaguás	5,40 a	8,02 a	0,05 c	2,17 c	1,55 a	0,05 a
Ruzizensis	5,25 a	8,25 a	0,05 c	3,12 a	1,17 a	0,00 a
Milho Solteiro	5,35 a	2,40 a	0,38 a	1,43 c	1,31 a	0,00 a
	COS (g/kg)	MO (g/kg)	SB (g/kg)	CTC (cmolc/dm ⁻³)	H+Al (cmolc/dm ⁻³)	V% (g/kg)
Mombaça	17,70 a	29,82 a	3,43 b	9,05 a	5,60 a	37,75 a
Piatã	14,50 a	24,95 a	3,32 b	8,05 a	4,70 a	42,50 a
Tamani	17,90 a	30,47 a	4,32 a	8,95 a	4,60 a	48,50 a
Massai	20,70 a	35,70 a	3,73 b	9,42 a	5,67 a	39,25 a
Xaraés	17,90 a	30,85 a	4,11 a	8,77 a	4,65 a	46,50 a
Paiaguás	15,90 a	27,37 a	3,77 b	9,02 a	5,22 a	42,50 a
Ruzizensis	18,70 a	32,20 a	4,35 a	10,17 a	5,82 a	43,50 a
Milho Solteiro	13,70 a	35,70 a	3,00 b	8,95 a	6,05 a	34,75 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Skott-Knott. ph em água; P, fósforo; K, potássio; Ca, cálcio; Mg, magnésio; Al, alumínio e H+AL, hidrogênio mais alumínio.

Como é possível observa no trabalho Arruda (2017), que avaliando os atributos químicos do solo e o desempenho de espécies agrícolas e plantas de coberturas em rotação/consórcio em sistema agroflorestal na região do cerrado goiano, observaram os acúmulos de K no solo, verificando que apenas o capim massai solteiro apresentou maiores valores desse nutriente.

Entretanto Pacheco et al. (2011), diferente dos resultados obtidos neste, o autores encontram resultados para a Brachiaria na região do cerrado com

expressivo acúmulo e liberação de K⁺ na palhada de *Brachiaria ruziziensis* solteira ou consorciada com feijão-gandu. Também no Cerrado, Torres e Pereira (2008) obtiveram uma liberação de K⁺ maior nas palhadas de gramíneas com estaque para o milho quando avaliaram o K⁺ total que a planta pode acumular e a velocidade de liberação desses teores com a decomposição da palhada no solo.

As gramíneas têm se destacado em apresentar maior eficiência no acúmulo e na liberação de nutrientes, principalmente quanto ao K⁺ (MOREIRA et al., 2013; PACHECO et al., 2013). Isto ocorre devido às gramíneas apresentarem baixa capacidade de troca de cátions na raiz (CTC de raiz), e os solos, principalmente os mais argilosos, adsorvem mais fortemente nos colóides os cátions com valência maior (Al⁺³> Ca⁺²> K⁺) (MOREIRA et al., 2013).

Com isso, as gramíneas são mais eficientes na remoção de cátions monovalentes (K⁺) do solo pela competição por sítios de ligação através da densidade e arranjo do sistema radicular que facilita difusão de K⁺ até as raízes principalmente quando em concentrações menores, que poderiam interferir negativamente na absorção de Ca²⁺, caracterizando o antagonismo entre os nutrientes (MARSCHNER, 2012).

Para o atributo Ca a liberação residual da palhada foi afetada pelo tipo de forragem, apresentando maiores teores para *Brachiaria Ruziziensis* seguida do capim Xaraés, e os demais não se diferenciaram significativamente do milho solteiro. O Ca, é um nutriente extraído em menor quantidade quando comparado ao N e K, porém foi liberado de forma significativa pelo capim Ruziziensis, favorecendo a cultura sucessora que poderá absorver quantidades consideráveis desse elemento.

Segundo Crusciol et al. (2005), a elevada liberação de Ca e Mg é decorrente da participação desses elementos em compostos iônicos e moléculas solúveis. Entretanto, ressalta-se que uma espécie será eficaz na ciclagem de nutrientes se houver sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo da planta de cobertura e a demanda da cultura de interesse comercial, cultivada em sucessão (BRAZ et al., 2004). No entanto, não se deve esquecer de que se trata de uma reciclagem, devendo haver tempo suficiente para que todos esses nutrientes sejam disponibilizados no solo, ou seja, esses benefícios não são imediatos (COSTA et al., 2012).

Esses resultados confirmaram os de Torres et al. (2005), Pariz et al. (2011), e Costa et al. (2014), demonstrando a capacidade de espécies forrageiras de acumular macronutrientes, para formação de biomassa e ciclagem de nutrientes.

Assim, os resíduos desempenham um papel vital na consolidação e manutenção do SPD. O sucesso do SPD depende fortemente da produção e manutenção de resíduos na superfície do solo (MACEDO, 2009). Nesse contexto, cultivos de final de safra que garantam uma cobertura morta do solo e a ciclagem de nutrientes tornam-se fundamentais na diversificação de sistemas sustentáveis de produção agrícola (PARIZ et al., 2011).

Os demais nutrientes avaliados não apresentaram diferença significativa entre si em relação as diferentes forrageiras.

O resultado da análise de solo demonstra que as áreas sob cobertura dos capins Ruziziensis, Tamani e Xaraés proporcionou acréscimo na soma de bases do solo como observa-se na tabela 5. Tratamento esses que proporcionaram maiores teores de Ca (tabela 3), portando justificando assim maiores valores de somas de bases. Aumento nos teores de bases trocáveis devido à ciclagem de nutrientes via decomposição da matéria orgânica, foi verificado por Canellas et al. (2003), Theodoro et al. (2003) e Azevedo et al. (2007).

Vilela et al. (2021), analisando a produtividade e nutrição da soja após as gramíneas forrageiras tropicais, observaram que o efeito residual da palhada proporcionou menor acidez e maiores teores de Ca trocável e Mg no solo. Resultados como esse foi encontrado por Pereira et al. (2014), obtendo alterações nas propriedades químicas do solo, especialmente após a colheita do milho e consórcios em comparação com a monocultura do milho, decorrente do alto acúmulo de resíduos de forragem deixados na superfície durante o experimento.

5.2 Atributos Biológicos do solo

Os resultados da análise de variância mostraram diferenças ($p < 0,05$) em todos os tratamentos em relação a testemunha para atributos biológicos avaliados, apresentados na tabela 4.

A atividade biológica do solo tem como principais indicadores as enzimas que são sintetizadas pelos micro-organismos, plantas e animais. As enzimas do solo atuam nos processos de formação e degradação da matéria orgânica e na

ciclagem dos nutrientes. O potencial das análises de atividade enzimática, especialmente β -glicosidase, arilsulfatase e fosfatase ácida como indicadores de grande sensibilidade de mudanças do solo (MENDES et al., 2003; PEIXOTO et al., 2010).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para atividade enzimática, nitrogênio e carbono da biomassa microbiana, avaliados na profundidade de 0 a 0,10 m.

FV	GL	Quadrado médio					
		ARIL	BETA	URE	FOSF	NBM	CBM
FORAGEIRAS	7	4851,1 **	12259,2**	2,7**	19208,6**	399,4**	234444,4**
BLOCO	2	752,9 ^{ns}	987,3 ^{ns}	0,01 ^{ns}	10913,0**	12,3 ^{ns}	805,9 ^{ns}
ERRO	14	775,7	20662,3	0,8	474,2	16,5	1380,3
TOTAL	23						
CV (%)		18,55	14,15	16,12	5,59	19,25	14,78

*significativo pelo Scott-Knott a 5% de probabilidade; ns, não significativo. ARIL, Arilsulfatase; BETA, Beta-Glicosidase; URE, Urease; FOSF, Fosfatase; NBM, Nitrogênio da biomassa microbiana; CBM, Carbono da biomassa microbiana.

Os resultados obtidos para a enzima arilsulfatase (tabela 5), mostram maiores atividades para os capins Paiaguás, Tamani, Ruzizensis respectivamente, demonstrando condições semelhantes ao solo da floresta. Seguidos pelo capim Massai, Xaraés e Piatã, ficando o capim Mombaça com a menor atividade enzimática.

O maior teor de Arilsulfatase no solo foi obtido na floresta, este resultado corrobora com os encontrados por Matsuoka et al. (2003), que avaliando a biomassa e a atividade microbiana de solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes, a maior atividade da arilsulfatase foi encontrada no solo de floresta nativa.

Já para forrageiras o maior teor de arilsulfatase no solo foi obtido com a cultivar de *Brachiaria brizantha* cv. Paiaguas. Quando comparada entre as forrageiras, o menor acúmulo dessa enzima, foi quando se cultivou o capim Mombaça consorciado com milho, reduzindo o acúmulo de Arilsulfatase no solo em aproximadamente 118% quando comparado ao capim Paiaguás. O estudo da síntese de arilsulfatase reflete o nível de sulfato solúvel e adsorvido nos solos (KUNITO et al., 2022).

Tabela 5. Atributos biológicos do solo em função do milho safrinha consorciados com gramíneas forrageiras e soja em sucessão, avaliados na camada superficial do solo (profundidade de 0,10 m).

Forrageiras	Análises Biológicas					
	ARIL	BETA	URE	FOSF	NBM	CBM
	$\mu\text{g g}^{-1}$ de solo					
Mombaça	81,10 c	284,56 b	5,26 b	262,4 c	10,06 c	200,03 c
Piatã	122,90 b	398,20 a	5,10 b	377,2 c	11,16 c	279,60 c
Tamani	171,63 a	339,90 a	5,20 b	425,2 b	31,16 a	182,96 d
Massai	145,83 b	409,06 a	5,83 b	446,0 b	20,20 b	244,90 c
Xaraés	140,90 b	231,53 b	4,73 b	337,1 c	9,76 c	409,56 a
Paiaguás	176,86 a	256,60 b	5,60 b	489,0 a	32,73 a	323,96 b
Ruzizensis	143,93 a	301,53 b	5,80 b	315,4 c	15,10 b	124,46 d
Floresta	216,83 a	346,96 a	7,86 a	466,4 b	38,70 a	246,30 c

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Skott Knott. ARIL, Arilsulfatase; BETA, β -glicosidade; URE, Urease; FOSF, Fosfatase; NBM, Nitrogênio da biomassa microbiana; CBM, Carbono da biomassa microbiana.

Moraes (2019) estudando a contribuição do consórcio entre gramíneas e leguminosas na fase de pastagem nos atributos químicos e biológicos do solo em SIPA-PD, verificaram que a atividade da enzima arilsulfatase foi maior para a Paiaguás quando comparado com a Ruzizensis.

Em estudos de Sinsabaugh e Moorhead (1999) e Sinsabaugh e Follstad (2012), sobre a estequiometria coenzimática, representada pela razão entre a atividade arilsulfatase e a atividade da enzima adquirente de C, que esta poderia refletir a disponibilidade de S nos solos com base no modelo de alocação de recursos para a síntese de coenzimas, no qual os microrganismos alocam seus recursos para síntese de enzimas de aquisição de nutrientes e C em resposta à estado nutricional do solo para maximizar sua produtividade.

Janusckiewicz et al., (2019) avaliando o efeito das diferentes ofertas de forragem em pastagens de cultivares de *Urochloa* (Marandu, Xaraés e Mulato) observaram que no decorrer do período avaliativo ocorram mudanças na atividade da arilsulfatase em relação às ofertas de forragem, mas sem um padrão de comportamento definido.

Nogueira e Melo (2003) confirmam a importância da matéria orgânica no incremento de ésteres de sulfato presentes no solo, que são os substratos das enzimas. As arilsulfatases correspondem a 40-70% do enxofre total do solo e pode ser um indicador indireto de biomassa, fornecendo informações sobre a

mineralização e a transformação dos compostos de S no solo, essenciais para a nutrição da planta (BAKER et al., 2011).

Geralmente em áreas com grande quantidade de carbono orgânico a população microbiana faz a função de mediar a conversão da forma orgânica, que está ligado ao carbono para a forma inorgânica (assimilável) através da produção de enzimas proteolíticas, como arilsulfatase para a maior parte do S encontrado no solo (DANTAS, 2016).

Para enzima β -glicosidade as maiores atividades enzimáticas foram obtidas com o cultivo em consórcio de milho com as forrageiras Massai, Piatã, Tamani, se assemelhando significativamente ao solo da floresta. A maior atividade de β -glicosidade foi quando se cultivou milho em consórcio com Massai. Somente sob o cultivo de capim Xaraés que a atividade β -glicosidase ficou abaixo de > 225 ($\mu\text{g g}^{-1}$ de solo) que segundo Mendes et al., (2018) é de baixa atividade enzimática.

É importante salientar que a β -glicosidase está envolvida na degradação enzimática da celulose, principal componente dos polissacarídeos vegetais. Com isso, a atividade da β -glicosidase é alterada, devido à relação direta que a enzima tem com a hidrólise de compostos orgânicos de fácil decomposição, sendo altamente relacionada a fontes de C (PASSOS et al., 2008).

Franco et al. (2020), avaliando atividade enzimática e microbiana em um Latossolo Vermelho distrófico na região do cerrado, após a implantação de ILPF com diversidades de plantas observaram aumento da atividade β -glicosidase para todos os tratamentos principalmente para os de grande diversidade de plantas. Demonstrando que a β -glicosidase tem uma grande sensibilidade para detectar alterações na diversidade funcional promovida pelos sistemas, corroborando outros estudos baseados em sistemas de plantio direto no Cerrado brasileiro (MATSUOKA et al., 2003; LOPES et al., 2018; SARTO et al., 2020).

Stieven et al. (2012) estudando sistemas integrados de produção na região do cerrado e observaram que a atividade dessa enzima está diretamente relacionada, principalmente, à qualidade do resíduo orgânico adicionado ao solo. Nesse contexto, o aumento da β -glicosidase contribui não só para a decomposição de compostos orgânicos, mas também para a constituição de matéria orgânica, que, posteriormente, melhora as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (MENDES et al., 2015).

As alterações nessas enzimas nas diferentes coberturas vegetais podem ser explicadas pelo fato de elas atuarem na degradação de carboidratos do solo; a β -glicosidase atua na hidrólise de maltose e celubiose e a β -galactosidase pela hidrólise de melibiose e lactose, os quais são importantes fontes de energia metabólica para microbiota do solo (EIVAZI e TABATABAI, 1988; BOYLE et al., 2005). A arilsulfatase, por estar presente em fungos na forma de ésteres sulfatos, também participa como componente da formação da biomassa microbiana do solo (BANDICK e DICK, 1999).

A atividade da enzima urease não apresentou diferença significativa entre as forrageiras, apresentando o maior valor para com diferença significativa para o solo da floresta $7,86 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1} \text{N-NH}_4$ (tabela 7). Este menor resultado de atividade da enzima urease em solo com restos vegetais das diferentes forrageiras, demonstram que essas podem atuar minimizando o efeito de volatilização de NH_3 . Sabe-se que a principal fonte de N para os solos é na forma de proteína através da adição de resíduos vegetais e microbianos (GREENFIELD et al., 2020) e que a urease é importante no ciclo do nitrogênio pois atua na hidrólise da ureia $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$, convertendo-a em amônia (NH_3) e CO_2 (SOBUCKJ et al., 2021). Porém ainda assim, o alcance das atividades da urease neste trabalho ficou comparável a faixa das condições brasileiras que variam de 4 a $169 \mu\text{g g}^{-1} \text{N-NH}_4$ (LONGO et al., 2011; SILVEIRA, 2007). Mas distante comparando a regiões do mundo. Em climas temperados as condições variam amplamente, de 23 a $270 \mu\text{g g}^{-1} \text{N-NH}_4$ (BANDICK e DICK, 1999; KLOSE e TABATABAI, 1999).

Lanna et al. (2010) avaliando diferentes plantas de cobertura e sistemas de plantio encontrou maiores valores da atividade de urease no solo cultivado com gramíneas, como plantas de cobertura, e manejado em sistema plantio direto. Estes resultados são obtidos de uma provável combinação de fatores, como os restos do material vegetal orgânico, a alta relação C/N desses vegetais, o não revolvimento do solo, conjuntos estes que aumentam e preservam as atividades dos microrganismos do solo e conseqüentemente a atividade enzimática relacionada a decomposição da matéria orgânica.

Para a atividade da enzima fosfatase, o capim Paiaguás apresentou o a maior atividade ($489,0 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de solo). A atividade dessas enzimas tem sido associada à maior remobilização de P, conferindo às plantas maior eficiência de

uso do fósforo do solo quando cultivadas em limitada disponibilidade deste nutriente.

Segundo Nanamori et al. (2004), em condições de baixa disponibilidade de P, plantas de *Brachiaria* apresentaram maior atividade dessas fosfohidrolases, que, provavelmente, estão associadas a maiores taxas de remobilização e utilização mais eficiente desse nutriente. Assim, em condições de deficiência, as plantas utilizam mecanismos que ativam a desfosforilação de compostos orgânicos, disponibilizando P inorgânico para manutenção do metabolismo celular em regiões meristemáticas (RAGHOTHAMA, 1999; NANAMORI et al., 2004).

Considerando o relatado por Tabatabai (1994) e Kedi et al., (2021) de que fosfatase ácida atua no processo de mineralização de ésteres e anidridos de ácido fosfórico sendo fundamentais na mineralização do fósforo pela hidrólise de ésteres de fosfatos, promovendo sua liberação na forma inorgânica a partir fósforo orgânico, disponibilizando-o para as plantas e demais organismos no solo.

Diferentemente dos resultados obtidos neste trabalho, em que a forrageira *Brachiária brizantha* cv Paiaguás, possui segundo maior teor de P no solo e ainda sim apresentou maior atividade da Fosfatase. Portanto fica evidente a necessidade de maiores estudos dessa capim cultivado em consórcio com o milho na região em relação ao atributo biológico fosfatase.

Entretanto, os níveis encontrados da atividade desta enzima está dentro dos resultados já relatados na literatura que variam entre (14 a 1.165 $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) em várias partes do mundo, dependendo de diversos fatores que influenciam, como o solo e as condições de clima e vegetação. Os estudos incluem pesquisas na Indonésia (SALAM et al., 1999), nos EUA (DICK et al., 1988) e no Brasil (FERNANDES et al., 1998; BALIGAR et al., 2010; CONTE et al., 2002; MATSUOKA et al., 2003; CARNEIRO et al., 2004; BALOTA et al., 2004). Nas condições brasileiras, a atividade da fosfatase ácida varia de 55 a 1165 (BALIGAR et al., 2010; CARNEIRO et al., 2004).

Franco et al. (2020), encontrou aumento nas atividades da fosfatase em todos os solos avaliados sob a implantação de sistema integrado de lavoura-pecuária e diversidades de plantas durante a fase da pastagem. Os maiores aumentos foram para os sistemas com a maior variedade de plantas de

cobertura. Barbieri et al. (2019), ao estudar técnicas de manejo no sul do Brasil, descobriu um aumento nas atividades de fosfatase ácida em áreas que apresentavam maior diversidade de plantas na segunda safra.

Estudos realizados na região do cerrado mostraram valores para esta enzima variando de 23 a 2.100 μg de p-nitrofenol $\text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$ solo seco (MENDES et al., 2015; CARNEIRO et al., 2009; MANKOLO et al., 2012; LAROCCA et al., 2018; BARBIERE et al., 2019), demonstrando que os valores observados neste estudo estão dentro da faixa encontrada na região.

A importância das atividades enzimáticas para o solo não se deve apenas à sua contribuição na transformação de nutrientes, mas também à sua participação em processos relacionados ao aumento da qualidade do solo; em outras palavras, a melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos (HU et al., 2014). Um manejo do solo que favoreça a sustentabilidade do agroecossistema deve oferecer mais atividades biológicas que reflitam no aumento da produção de enzimas e na estabilização através do aumento da proteção da matriz do solo. (DICK et al., 1997; GUPTA et al., 2020).

Assim, é importante notar que as enzimas podem ser estimuladas de acordo com o papel que desempenham nos processos que ocorrem no solo, ou seja, as enzimas envolvidas na degradação de um determinado substrato aumentam sua atividade quando a disponibilidade desse substrato no ambiente também aumenta. Da mesma forma, os níveis de atividade de enzimas associadas ao estresse aumentam em condições de meio ambiente estresse (WALLENSTEIN e WEINTRAUB, 2008).

Além da avaliação da atividade enzimática do solo sob os resíduos orgânicos das forrageiras foi avaliado também os atributos de NBM, CBM (nitrogênio e carbono da biomassa microbiana) do solo (Tabela 5). Verificou-se que o nitrogênio apresentou maiores teores através da mineralização dos resíduos do capim Paiaguás e Tamani, se assemelhando significativamente do solo da floresta, seguidos por capim Massai, Ruzizensis, respectivamente, sendo o capim Mombaça, Piatã e Xaraés com menores valores de N da biomassa microbiana do solo.

Observa-se que os melhores resultados de NBM foram obtidos pelos dois gêneros uma *Bracharia* (Paiaguás) e outra *Panicum* (Tamani) demonstrando que o gênero possui pouco ou nenhuma diferença em relação a razão C/N

comparando ambas. Visto que variação de disponibilidade de N no composto está relacionada a relação C/N das forrageiras (BOWDEN et al., 2007).

A adição de material orgânico ao solo pode resultar em mineralização líquida de N ou imobilização de N. A liberação de N orgânico através da mineralização é regulada pela relação C/N; micróbios não assimilam N de fontes orgânicas até que o substrato N atinja uma concentração crítica (Paul, 1996). Espera-se que os materiais que têm baixo N ou uma alta relação C/N resultem inicialmente em imobilização de N. Uma regra geral é que uma relação C/N > 20 resultará inicialmente em imobilização líquida (TISDALL et al., 1986).

Sendo assim os tecidos vegetais das gramíneas forrageiras possuem relação C/N superiores a 20, o que mostra uma maior imobilização de NBM na maioria das avaliadas. Desse modo com os resultados obtidos, podemos inferir que os capins Paiaguás e Tamani provavelmente possuem uma relação C/N menor comparada aos demais capins avaliados, dessa forma disponibilizando mais rapidamente NBM ao solo.

No entanto a mineralização do nitrogênio também é um indicador de decomposição, portanto, as taxas de mineralização de C e N estão relacionadas. Isso justifica os resultados obtidos no capim Xaraés (tabela 5), onde esse possui o maior teor de CBM em relação aos demais capins e com o menor teor de NBM. Devido à alta mineralização e teores de CBM, o NBM resultou uma menor liberação ao solo, sendo assim uma menor reciclagem de nutrientes. Diferentemente do que foi encontrado por Johnson et al. (2007), em que materiais com baixa relação C/N ou baixa lignina/N tiveram taxas de decomposição mais rápidas do que materiais com altas proporções.

As taxas de carbono orgânico observadas neste estudo variaram entre 124,46 a 409,56 $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1} \text{C}$, sendo consistentes e um pouco superior a algumas literaturas encontradas em várias regiões do mundo onde CBM (carbono da biomassa microbiana) varia amplamente de 10 $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1} \text{C}$ (FRANZLUEBBERS et al., 1996) a 222 $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1} \text{C}$ (CARTER e RENNIE, 1982) em climas temperados e de 1,5 a 7,1 $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1} \text{C}$ em condições subtropicais (BALOTA et al., 2004). O capim Xaraés apresentou a melhor taxa de CBM em relação aos demais, sendo 40% maior comparado ao solo da floresta.

Essa grande variação encontrada pode ser devido a diversos fatores, principalmente a espécie utilizada, a qualidade do resíduo, a variação de plantas,

biomassa e também a relação C/N de cada vegetal. Além de que alguns fatores do solo influenciam essa variação como o conteúdo de água, temperatura e nutrientes disponíveis.

Como é avaliado apenas os resíduos de diferentes gramíneas nesse trabalho e nas mesmas condições de solo e manejo, observa-se que esse resultado é devido possivelmente uma maior relação C/N do capim Xaraés comparado aos demais, ocorrendo uma maior imobilização inicial de N no solo. Contudo pode-se observar que todas as gramíneas proporcionaram teores consideráveis de CBM ao solo, demonstrando o potencial das mesmas na melhoria de condições do solo em sistema de plantio direto.

Dessa forma esse alto estoque de carbono proporcionado sob sistema de consórcio de plantio direto em comparado a floresta, pode ser justificado pela diversidade de culturas anuais (soja e milho) e a variação de gramíneas forrageiras consorciadas. Como resultados obtidos por Sousa et al. (2020), onde encontrou altos teores de CBM ($776,69 \mu\text{g C g}^{-1} \text{ solo seco}^{-1}$), em sistemas integrados com culturas de grãos (soja ou arroz), seguida de duas gramíneas consorciadas (milho, sorgo ou milheto + pastagem). A presença de três culturas, variando entre leguminosas e gramíneas, proporcionou maiores aportes de C do solo pela quantidade e diversidade de necromassa e exsudatos liberados na rizosfera (CHÁVEZ et al., 2011).

Adicionalmente, Assis et al. (2017) em seu trabalho observou os aumentos nos estoques de CBM em sistemas integrados, atribuídos à diversificação entre gramíneas e leguminosas. Esses sistemas foram manejados por dois e três anos contínuos com *Urochloa brizantha* (cv. Marandu), respectivamente, com posterior cultivo por soja e milho. O sistema radicular fascicular das gramíneas, concentrado a 0,10 m, resulta em maior aporte de C do solo.

5.3 Produtividade das forrageiras

A análise de variância apresenta diferença ($p < 0,05$), para a massa seca entre os capins nos dois anos de avaliação, apresentados na tabela 6.

A maior produção de massa seca obtida foi para o capim *Panicum maximum* cv Mombaça, se mostrando bem superior aos demais capins com

produção de 8.043,95 kg ha⁻¹ (tabela 7). O capim Mombaça é considerado uma das espécies forrageiras tropicais mais produtivas disponíveis para os pecuaristas. No entanto, em situações de baixa fertilidade, a produção é reduzida, pois a forragem é exigente em termos de fertilidade do solo (FREITAS et al., 2007).

Tabela 6. Resultado da análise de variância para produção de massa seca das gramíneas forrageiras consorciadas com o milho safrinha.

FV	GL	Quadrado médio	
		PMS CAPIM 2021	PMS CAPIM 2022
Forrageiras	6	5893996,0 **	6472522,3 **
Bloco	3	2001328,8 ^{ns}	14742,4 ^{ns}
Erro	18	141074,4	1218103,7
Total	27		
CV (%)		20,44	18,1

*significativo pelo Scott-Knott a 5% de probabilidade; ns, não significativo. PMS, produção de massa seca.

As espécies de *Brachiaria* são consideradas as espécies primárias para a produção de biomassa de cobertura morta, com potencial para acumular e liberar nutrientes no solo para cultivos subsequentes (FLÁVIO NETO et al., 2015; COSTA et al., 2016; COSTA et al., 2017). No entanto, com o surgimento de novas cultivares de *Panicum maximum*, o capim Mombaça (SORATTO et al., 2019) e capim-guiné Tamani (MACHADO et al., 2017) têm sido cada vez mais utilizados em sistemas integrados, com resultados positivos.

Avaliando a produtividade e valor nutritivo de gramíneas tropicais em monocultivo e em consórcio com milho na segunda safra, Neivo et al. (2018), encontrou resultados positivos para as gramíneas tropicais *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Brachiaria brizantha* cvs. Xaraés e Piatã, onde essas apresentaram melhor valor nutritivo e produtividade de folhas. Os resultados do consórcio de milho com supressão de gramíneas mostraram que os capins Ruziziensis e Piatã apresentaram a menor produtividade em relação ao capim Mombaça, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

Tabela 7. Produção de massa seca das gramíneas forrageiras consorciadas com o milho safrinha.

Tratamento	Produção das forrageiras	
	MS CAPIM 2021	MS CAPIM 2022
	(kg/ha)	
Mombaça	8043,95 a	8503,74 a
Piatã	6035,00 b	6182,16 b
Tamani	5571,25 b	5634,63 b
Massai	4060,87 b	4301,35 b
Xaraés	6233,82 b	6463,82 b
Paiaguás	5579,35 b	6072,78 b
Ruziensesis	5138,75 b	5517,46 b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott. PMS, produção de massa seca.

De maneira geral, os capins Xaraés, Piatã e Mombaça são os mais indicados para o cultivo na segunda safra em sistema de ILP visando a produção de forragem para alimentação animal (NEIVO et al., 2018), além de plantas de cobertura na produção de MOS como fonte de N e C orgânico, contribuem para melhoria, qualidade do solo e também na produtividade das culturas.

5.4 Produtividade soja e milho

Os resultados da análise de variância mostraram diferenças ($p < 0,05$), para a produtividade tanto da soja quanto do milho para todas as safras, apresentados na tabela 8.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para produtividade da soja e milho consorciados com gramíneas forrageiras nas safras 2021 e 2022

FV	GL	Quadrado médio		
		PROD SOJA 2021	PROD MILHO 2021	PROD SOJA 2022
Forrageiras	7	1083767,9**	1932567,4**	4061124,3**
Bloco	3	161673,6 ^{ns}	124611,1 ^{ns}	562381,6 ^{ns}
Erro	21	112391	412062,7	642068,43
Total				
CV (%)		8,51	24,92	22,64

*significativo pelo Scott-Knott a 5% de probabilidade; ns, não significativo. PROD, produtividade.

Observa-se que a produtividade da soja nas duas safras avaliadas apresentou efeitos positivos ao efeito residual das gramíneas forrageiras em relação a testemunha, demonstrando que a palhada dessas forrageiras possui um potencial na reciclagem. Porém não houve diferença significativa entre os capins, todos nestes primeiros anos avaliados apresentaram o mesmo desempenho.

Resultados positivos como este foram encontrados por Crespo et al. (2021), em que o rendimento de grãos (kg ha^{-1}) foi maior quando a soja foi cultivada após o milho consorciado com braquiária do que seu cultivo em sucessão ao milho solteiro.

Devido à sua alta capacidade de produção de biomassa com cobertura adequada do solo, mesmo em áreas de baixa fertilidade, o gênero *Brachiaria* são espécies utilizadas na agricultura (FRANCHINI et al., 2014). Essas espécies pois possuem alta relação carbono/nitrogênio (C/N) com alto teor de lignina em sua constituição (KAPPES e ZANCANARO, 2015), alta capacidade de supressão de plantas daninhas (LIMA et al., 2014) além de ser de fácil dessecação, favorecendo o cultivo da soja em sucessão (CECCON e CONCENÇO, 2014).

Tabela 9. Produtividade da soja e milho consorciado com gramíneas forrageiras e soja em sucessão nas safras 2021 e 2022.

Tratamento	Produtividade da Soja e Milho		
	PROD SOJA 2021	PROD SOJA 2022	PROD MILHO 2021
	(Kg ha^{-1})		
Mombaça	4307,4 a	4016,5 a	2803,0 a
Piatã	4432,9 a	3836,2 a	2629,7 a
Tamani	4027,1 a	3583,0 a	2221,2 b
Massai	4033,7 a	2958,5 a	2201,1 b
Xaraés	4044,8 a	3908,2 a	3007,4 a
Paiaguás	4127,0 a	4530,5 a	3386,1 a
Ruzizienses	3805,6 a	4169,2 a	3156,6 a
Testemunha	2740,7 b	1317,5 b	1204,2 c

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott PROD, produtividade.

Para a produtividade do milho safra 2020/2021, o menor efeito de competição das forrageiras foram para Paiaguás, Ruziziensis, Xaraés, Piatã e Mombaça. As

frrageiras em consórcio Massai e Tamani reduziram a produtividade do milho (tabela 9).

Esses resultados mostram os efeitos positivos do efeito residual da palhada na reciclagem de nutrientes. Onde mais se produziu soja (Mombaça, Piatã, Xaraés, Paiguás e Ruzizienses) também foi onde mais produziu milho. A safrinha 2021 apresentou melhores produtividades entre os resíduos vegetais das espécies frrageiras tropicais perenes dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. Além do mais, isso pode ser justificado também devido ao alto aporte de resíduos depositados ao solo pela leguminosa, proporcionando uma maior incorporação de N e nutrientes ao solo. Segundo Filizadeh et al. (2007), a produtividade das gramíneas aumenta ao seguir a soja, o que é atribuído ao aumento da disponibilidade de N a partir da rotação.

O milho também produz grande quantidade de matéria seca e pode aumentar a produção de resíduos em consórcios com essas frrageiras, com efeitos positivos nas propriedades físicas do solo e na produtividade da soja subsequente (CHIODEROLI et al., 2010;2012). Como mostra os resultados encontrados por Laroca et al. (2018) em seu trabalho com o uso do consórcio com gramíneas frrageiras em sistema integrado lavoura-pecuária em plantio direto promoveu aumentos na produtividade da soja.

Diferentemente dos resultados encontrados por Santos et al. (2017) em que consórcio de milho com diferentes espécies de frrageiras observou que *Brachiaria Ruziziensis* não afetou o rendimento de grãos.

Sendo assim, estudos indicam que o cultivo em consórcio de milho com capins tropicais mostra-se promissor, uma vez que, além da produção de grãos, o agricultor pode contar com o aporte de forragem no período da seca na região garantindo alimento de qualidade e conseqüentemente proporcionando melhorias tanto físicas, químicas, biológicas ao solo.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho concluiu que as forrageiras Massai, Ruzizensis Tamani e Xaraés apresentam efeitos positivos na qualidade química do solo. Sendo que o capim Massai possui maior ciclagem de potássio e a Ruzizensis maior ciclagem de cálcio. Já os capins Ruzizenses, Xaraés e Tamani aumentam de soma de bases no solo.

A maior atividade da enzima fosfatase ocorreu no capim Paiaguás onde este apresenta maior teor de P.

A produtividade da soja não é alterada quando cultivada em sucessão à diferentes palhadas de forrageiras em consórcio com o milho safrinha.

No sistema de produção o cultivo de milho safrinha solteiro há redução da produtividade de soja e milho.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, L.K.; MURPHY, D.V. **Soil biological fertility: A key to sustainable land use in agriculture**. Springer Science & Business Media. 2003.

ALMEIDA, R. E. M. FAVARIN, J. L.; OTTO, R.; PIEZORAN, C.; OLIVEIRA, S.M.; TEZOTO, T.; LAGO, B. C. Effects of nitrogen fertilization on yield components in a corn-palisadegrass intercropping system. **Australian Journal of Crop Science**, 11(3): 352-360, 2017.

ALMEIDA, R. F. D.; NAVES, E. R.; MOTA, R. P. D. Soil quality: Enzymatic activity of soil β -glucosidase. **Global Journal of Agricultural Research and Reviews**, 3(2): 146-150, 2015.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(6), 711-728, 2013.

ANSCHAU, K. A.; SEIDEL, E. P.; MOTTIN, M. C. et al. Propriedades físicas do solo, características agronômicas e produtividade da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Scientia Agraria Paranaensis**. Parana, p. 293-299, 2019.

ARRUDA, M. E. **Atributos químicos do solo e desempenho de Culturas em rotação ou consórcio com plantas de Cobertura em sistema agroflorestal**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás Goiânia – GO. 2017.

ASSIS, P. C. R.; STONE, L. F.; SILVEIRA, A. L. R. D. et al. Biological Soil Properties in Integrated Crop Livestock-Forest Systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 41, 2017.

AZEVEDO, D. M. P.; LEITE, L. F. C.; TEIXEIRA NETO, M. L.; DANTAS, J. S. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, 38: 32-40, 2007.

BAKER, L. R.; WHITE, P. M.; PIERZYNSKI, G. M. Changes in microbial properties after manure, lime, and bentonite application to a heavy metal-contaminated mine waste. **Applied Soil Ecology**, 48:1-10, 2011.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; MARTÍNEZ, G. B. Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 05: 1014-1026, 2011.

BALEZENTIENE, L. Hydrolases related to C and N cycles and soil fertility amendment: Responses to different management styles of agro-ecosystems. **Polish Journal of Environmental Studies**, 21(5): 2012.

BALIGAR, V. C.; WRIGHT, R.J.; FAGERIA, N K.; PITTA, G. V. E. Enzymatic activity and mineralization of carbon and nitrogen in soil cultivated with coffee and green manures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34: 1573-1583, 2010.

BALOTA, E. L.; CHAVES, J. C. D. Enzymatic activity and mineralization of carbon and nitrogen in soil cultivated with coffee and green manures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34: 1573-1583, 2010.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. A.; DICK, R. P. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. **Soil Tillage Research**, 77:137-145, 2004.

BANDICK, A. K.; DICK, R. P. Efeitos do manejo de campo nas atividades enzimáticas do solo. **Soil biology and biochemistry**, 31(11): 1471-1479, 1999.

BARBIERE, M.; DOSSIN, M. F.; NORA, D. D.; SANTOS, W. B. D.; BEVILACQUA, C. B.; ANDRADE, N. D.; ANTONIOLLI, Z. I. Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. **Revista de Ciências Agrárias**, 42(1): 121-130, 2019.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology from individuals to ecosystems**. John Wiley e Sons, 2006.

BONINI, C. D. S. B.; LUPATINI, G. C.; ANDRIGHETTO, C. et al. Forage production and soil chemical and physical attributes in integrated agricultural systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51: 1695-1698, 2016.

BOTELHO, F. J. E.; BROGIN, R. L.; GODINHO, V. C. P.; UTUMI, M. M.; OLIVEIRA, D. M.; VENTUROSOS, L. R. Desempenho de cultivares de soja em diferentes regiões do estado de Rondônia. **Anais, VII Congresso Brasileiro de Soja, MERCOSOJA**, 4, 2015.

BOWDEN, C., J. SPARGO, AND G. EVANYLO. "Mineralization and N Fertilizer Equivalent Value of Composts as Assessed by Tall Fescue (*Festuca arundinacea*)" **Compost Science e Utilization** 15(2):111-118. 2007.

BOYLE, S. I.; HART, S.C.; KAYE, J. P.; WALDROP, M. P. Restoration and canopy type influence soil microflora in a ponderosa pine forest. **Soil Science Society of America Journal**, 69: 627-1638, 2005.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P.; Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34: (83-87), 2004.

BURIN, P. C. Principais forrageiras e taxa de semeadura em integração lavoura pecuária REDVET. **Revista Eletrônica de Veterinária**, 18(9): 1-24. 2017.

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Gênese, 27-40, 1999.

CAMPOS, M. C. C.; SANTOS, L. A. C.; SILVA, D. M. P.; MANTOVANELLI, B. C.; SOARES, M. D. R. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Agroambiente**. 6(2): 102-109, 2012.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R. et al. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27: 935-944, 2003.

CAPRISTO, P. D. Increase of soybean yield through agricultural practices in Central Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 16(2): 1-6, 2021.

CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D. et al. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health. **Scientia Agricola**, 70(4): 274-289, 2013.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33(1): 147-157, 2009.

CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. C.; LOVATO, P. E. et al. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39: 661-669, 2004.

CARTER, M. R.; RENNIE, D. A. Changes in soil quality under zero tillage farming systems: distribution of microbial biomass and mineralizable C and N potentials. **Canadian journal of soil science**, 62(4): 587-597, 1982.

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; PONTES, L. S.; ANGHINONIS, I.; SULC, M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, 45(5): 1040-1046. 2014.

CECCON, G.; CONCENÇO, G. Produtividade de massa e dessecação de forrageiras perenes para integração lavoura-pecuária. **Planta Daninha**, 32(2): 319-326, 2014.

CECCON, G.; STAUT, L. A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L. A. Z.; NUNES, D. P.; ALVES, V. B. Legumes and forage species sole or intercropped with corn 53 in soybean-corn succession in Midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37(1): 204-212, 2013.

CHÁVEZ, L. F.; ESCOBAR, L. F.; ANGHINONI, I. et al. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração Lavoura Pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46: 1254-1261, 2011.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J. et al. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2010.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; HOLANDA, H. V. et al. Consórcio de Urochloas com milho em sistema plantio direto. **Ciência rural**, 42: 1804-10, 2012.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim de Safra de Grãos 2022.** Disponível: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> acessado: 9 de setembro 2022.

CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D. S.; Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:925-930, 2002.

CORREA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso de pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 30:107-114, 1995.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; FERRARI NETO, J. Phytomass decomposition and nutrients release from pearl millet, guinea grass and palisade grass. **Bioscience Journal**, 32(5): 1191-1203, 2016.

COSTA, K. A. D. P.; ARAUJO, J. L.; FAQUIN, V. et al. Macronutrient extraction by gross' xaraes' biomass due to nitrogen and potassium rates. **Ciência Rural**, 38: 1162-1166, 2008.

COSTA, N. de L. Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia. Porto Velho: **Embrapa Rondônia**, 2004.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; FERNANDES, J. C. et al. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. 9(2): 166-173. 2014.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R.A. et al. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47: 1038-1047, 2012.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M. et al. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 39: 852-863, 2015.

COSTA, R. R. G. F.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C. et al. Ciclagem e acúmulo de nutrientes em biomassa de milho e capim-paiáguas em diferentes sistemas forrageiros e períodos de semeadura. **Revista Scientia Agraria**, 18: 166 – 178, 2017.

CRESPO, C.; WYNGAARD, N.; ROZAS, H. S.; STUDDERT, G. A. Effect of intensified cropping sequences on soil physical properties in contrasting environments. **Catena**, 207, 105690, 2021.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40: 161-168, 2005.

DANTAS, M. K. L. **Biomassa, atividade microbiana e produtividade de trigo e milho em solo com histórico de aplicação de fontes orgânicas e mineral**. 2016. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

DARWIN, C. **The Origin of Species by Means of Natural Selection**, 1st edn. John Murray, London. 1859.

DE CARVALHO, F. G.; BURITY, H. A.; DA SILVA, V. N.; DA SILVA, A. J. N. Produção de matéria seca e concentração de macronutrientes em *Brachiaria decumbens* sob diferentes sistemas de manejo na zona da mata de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 36: 101-106, 2006.

DIAS, L. C. P.; Pimenta, A. B.; Santos, M. H.; Costa, R. J. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. **Global Change Biology**, 22(8): 2887-2903, 2016.

DICK, R. P. et al. Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health. **Biological indicators of soil health**. 121-156, 1997.

DICK, R. P.; RASMUSSEN, P. E.; KERLE, E. A. Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system. **Biology and Fertility of Soils**, 6(2), 159-164, 1988.

DICK, W. A.; TABATABAI, M. A. Significance and potential uses of soil enzymes. **Soil microbial ecology: applications in agricultural and environmental management**, 95-127, 1993.

DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, 67(3): 723-732, 2008.

- EIVAZI, F.; TABATABAI, M. A. Glucosidades and galactosidades in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, 20: 601-606, 1988.
- FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, 28(1): 23-38, 2001.
- FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N. et al. Fósforo e atividade de fosfatase em dois solos sob diferentes condições de uso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 33: 1159-1170, 1998.
- FILIZADEH, Y.; REZAZADEH, A.; YOUNESI, Z. Effects of crop rotation and tillage depth on weed competition and yield of rice in the paddy fields of Northern Iran. **Journal Of Agricultural Science And Technology**, 9(2): 99 - 105, 2007.
- FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, F. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, 33(6): 2825 - 2836, 2015.
- FIORETTO, A.; PAPA, S.; CURCIO, E. et al. Enzyme dynamics on decomposing leaf litter of *cistus incanus* and *myrtus communis* in a Mediterranean ecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**. 32: 1847-1855, 2000.
- FLÁVIO NETO, J.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P. et al. Afrouxamento biológico do solo por gramíneas do gênero *Brachiaria* na integração lavoura-pecuária. **Acta Scientiarum Agronomia**, 37: 375 - 383. 2015.
- FRANCHINI, J. C., Debiasi, H., Wruck, F. J., Skorupa, L. A. et al. Integração lavoura-pecuária: alternativa para diversificação e redução do impacto ambiental do sistema produtivo no Vale do Rio Xingu. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2010.
- FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soja desempenho afetado pelo tempo de dessecação de *Urochloa ruziziensis* pressões de pastejo. **Revista Ciência Agronômica**, 45(5): 999-1005, 2014.
- FRANCO, J. A.; SILVA, A. P. V.; OLIVEIRA.; SOZA, B. S. et al. Plant diversity in integrated crop-livestock systems increases the soil enzymatic activity in the short term. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, 50, 2020.
- FRANZLUEBBERS, A. J.; ARSHAD, M. A. Soil organic matter pools during early adoption of conservation tillage in northwestern Canada. **Soil Science Society of America Journal**, 60(5): 1422-1427, 1996.
- FREITAS, K, R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J. A. et al. Avaliação da composição química-bromatologica do capim mombaca (*Panicum maximum*) corrige diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, 23: 1-10, 2007.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S. et al. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Unimar Ciências**, 26: 08-25, 2017.

GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31: 269- 276, 2008.

GARCIA-GIL, J., PLAZA, C., SOLER-ROVIRA, P., POLO, A. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, 32: 1907-1913. 2000.

GASPARINI, L. V. L., COSTA, T. S., HUNGARO, O. A. L. et al. Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão: estudos de casos no Mato Grosso. **Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA**, 2017.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L. et al. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 9(6): 349-359, 2015.

GIANFREDA, L. Enzymes of importance to rhizosphere processes. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**. 15(2): 283 – 306, 2015.

GOMES JR., F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, 26: 789-798. 2008.

GRANDO, E. R. **Produtividade de soja semeada sobre palhada de forrageiras tropicais solteiras e consorciadas com milho**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal da Grande Dourados. 2019.

GREENFIELD, L. M., HILL, P. W., SEATON, F. M., PATERSON, E. et al. Is soluble protein mineralisation and protease activity in soil regulated by supply or demand. **Soil Biology and Biochemistry**, 150, 108007, 2020.

GUPTA, V. V. S. R.; ROPER, M. M.; THOMPSON, J. Harnessing the benefits of soil biology in conservation agriculture. **Australian agriculture in**, 237-253, 2020.

HU, W.; JIAO, Z.; WU, F. et al. Long-term effects of fertilizer on soil enzymatic activity of wheat field soil in Loess Plateau, China. **Ecotoxicology**, 23(10): 2069-2080, 2014.

IBF. Instituto Brasileiro de Floresta. **Bioma Amazônico**. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/bioma-amazonico>>. Acessado 07/09/2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2020. Disponível:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588>>. Acessado: 30/08/2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 30/06/2021.

JANUSCKIEWICZ, E. R. **Compostos de reserva das plantas e atividade enzimática do solo em pastos de *Brachiaria* manejados sob ofertas de forragem e lotação rotacionada**. Tese (Doutorado em zootecnia). Jaboticabal, São Paulo, 2011.

JANUSCKIEWICZ, E.; RAPOSO, E.; M. P. R. MARTINS, B. A. et al. Atividade enzimática do solo de pastos de *Brachiaria* manejados sob ofertas de forragem. **Boletim De Indústria Animal**, 76: 1-12. 2019.

JOHNSON J.M.F.; BARBOUR N.W.; LACHNICHT-WEYERS S. Chemical composition of crop biomass impacts its decomposition. **Soil Science Society of America Journal**. 71:155-62, 2007.

KANDELER, E.; TSCHERKO, D.; SPIEGEL, H. Long-term monitoring of microbial biomass, N mineralization and enzyme activities of a Chernozem under different tillage management. **Biology and Fertility of Soils**, 28:343-351, 1999.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 14(2): 219-234, 2015.

KARACA, A.; CETIN, S. C.; TURGAY, O. C.; KIZILKAYA, R. Soil enzymes as indication of soil quality. **Soil enzymology**. 22, 2010.

KLOSE, S.; TABATABAI, M. A. Urease activity of microbial biomass in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, 31(2): 205 - 211, 1999.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2004.

KUNITO, T; KURITA, H; KUMORI, M. et al. Microbial synthesis of arylsulfatase depends on the soluble and adsorbed sulfate concentration in soils. **European Journal of Soil Biology**, 111: 103418. 2022.

LANNA, A. C.; SILVEIRA, P. M. D.; SILVA, M. B. D.; FERRARESI, et al. Atividade de urease no solo com feijoeiro influenciada pela cobertura vegetal e sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34, 1933-1939, 2010.

LAROCA, J. V. D. S.; SOUZA, J. M. A. D.; PIRES, G. C. et al. Soil quality and soybean productivity in crop-livestock integrated system in no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 53: 1248-1258, 2018.

LIMA, S. F.; TIMOSSI, P. C.; ALMEIDA, D. P.; SILVA, U. R. Palhada de *braquiária ruziziensis* na soja de plantas daninhas na cultura. **Revista Agrária**, 7(26): 541-551, 2014.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia Hoje**. Vol 3. São Paulo: ed. Ática, 1998.

LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. Í.; MELO, W. J. D. Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração na floresta amazônica. **Bragantia**, 70: 139-146. 2011.

LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JÚNIOR, F. B. et al. Temporal variation and critical limits of microbial indicators in oxisols in the Cerrado, Brazil. **Geoderma regional**, 12(1): 72-82, 2018.

MACHADO, L. A. Z.; BALBINO, L.C.; CECCON, G. Integração lavoura-pecuária-floresta. 1. **Estruturação dos sistemas de integração lavoura-pecuária**. ed. Dourados, 2013.

MACHADO, L. A. Z.; CECATO, U.; COMUNELLO, E. et al. Establishment of perennial forages intercropped with soybean for integrated crop-livestock systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 52(7): 521-529, 2017.

MACHADO, L. A. Z.; VALLE, C. B. Desempenho agrônomo de genótipos de capim braquiária em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(11): 1454- 1462. 2011.

MANKOLO, R.; REDDY, C.; SENWO, Z.; NYAKATANA, E. E.; SAJJALA, S. Soil biochemical changes induced by poultry litter application and conservation tillage under cotton production systems. **Agronomy**, 2(3): 187-198, 2012.

MARÇAL, M. F. M. **Qualidade do Solo em Sistemas Agroflorestais Desenvolvidos para Produção em Larga Escala**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. Campinas, SP. 2018.

MARSCHNER H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 3. ed. San Diego: **Academic Press**, 2012. 651 p.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. London: **Academic Press**, 1995. 889p.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; MACIEL, G. A. A prática da integração lavoura-pecuária como ferramenta de sustentabilidade econômica na exploração pecuária. **Anais Simpósio de Forragicultura e Pastagens**. UFLA, Lavras, p. 367-391, 2007.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.; LOUREIRO, M. Microbial biomass and enzyme activities in soils under native vegetation and annual and perennial agricultural systems in primavera do leste region (MT). **Journal of Soil Science**. 27: 425-433, 2003.

MELO V. F.; Orrutéa A. G.; Motta A. C. V.; Testoni, S. A. Land Use and Changes in Soil Morphology and Physical-Chemical Properties in Southern Amazon. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 41: 1-14. 2017.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, v. 32, n. 1/2, p. 191-209, 2015.

MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27: 435-443, 2003.

MENDES, I. D. C.; DE SOUSA, D. M. G.; DOS REIS JUNIOR, F. B.; LOPES, A. D. C. **Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. Circular técnica – EMBRAPA**; Planaltina (DF), 24, 2018.

MENDONÇA, F. C. Temperatura-base inferior e estacionalidade de produção de gramíneas forrageiras tropicais. **Embrapa Pecuária Sudeste-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; PELISSARI, A.; et al. Sistemas integrados de produção agropecuária: conceitos básicos e históricos no Brasil. In: SOUZA, E. D., SILVA, F. D., ASSMANN, T. S. et al. **Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil**. 1a. ed. 13-28. Tubarão, 2018.

MORAES, S. A. M. J. **Indicadores de qualidade do solo e produtividade de soja em sistema integrado de produção agropecuária**. Dissertação (Mestrando em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Mato Grosso. Rondonópolis, 2019.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Atualizada e ampliada. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 729p. 2006.

MOREIRA, J. F. M.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C. et al. Nutrientes em cultivares de *Brachiaria Brizantha* e Estilosantes em cultivo solteiro e consorciado. **Archivos de Zootecnia**, 62(240): 513-523, 2013.

MUELLER, C. C. Expansion and modernization of agriculture in the Cerrado—The case of soybeans in Brazil's Center-West. Universidade de Brasília, **Department of Economics Working Paper 306**. 2003.

NANAMORI, M.; SHINANO, T.; WASAKI, J.; YAMAMURA, T. et al. Mecanismos de baixa tolerância ao fósforo: reciclagem do fósforo e partição do fotossintato na forrageira tropical, cultivar híbrida *Brachiaria Mulato* em comparação com o arroz. **Plant and Cell Physiology**, 45 (4), 460-469, 2004.

NANNIPIERI, P.; GIAGNONI, L.; RENELLA, G. et al. Soil enzymology: Classical and molecular approaches. **Biology and Fertility of Soils**. 48: 743-762, 2012.

NANNIPIERI, P.; GIANFREDA, L.; HUANG, P. et al. Kinetics of enzyme reactions in soil environments. **Structure and surface reactions of soil particles**. 449-479, 1998.

NEIVO, A. K. **Produtividade de milho e gramíneas tropicais perenes no outono–inverno em sucessão a soja**. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, MT. 2018.

NETO, M. M.G.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V.; ALVARENGA, R. C. Benefícios e desafios da integração Lavoura-Pecuária na Melhoria da Qualidade dos Solos do Cerrado. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.

NOGUEIRA, M. A.; MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 27: 655-663, 2003.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48(9): 1228-1236, 2013.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(1): 17-25, 2011.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S. et al. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. 35: 2029-2037, 2011.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A. et al. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa agropecuária tropical**, 360-370, 2009.

PARIZ, C. M.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. et al. Production and soil responses to intercropping of forage grasses with corn and soybean silage. **Agronomy Journal**, 108(6): 2541-2553. 2016.

PASSOS, S. R.; REIS JUNIOR, F. B. D.; RUMJANEK, N. G. et al. Enzymatic activity and bacterial community profile in soil under solarization e biofumigation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43: 879-885. 2008.

PAUL, E. **A Biologia do solo e bioquímica**. 2ª edição. Academic Press, San Diego, CA. 1996

PEIXOTO, R. S.; CHAER, G. M.; FRANCO, N. et al. A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado. **Antonie van Leeuwenhoek**, 98(3): 403-413, 2010.

PEREIRA, F. C. B. L.; MENDONÇA, V. Z.; LEAL, S. T.; ROSSETTO, J. É.; Avaliação econômica e do desempenho técnico do milho consorciado com duas espécies forrageiras dos gêneros *panicum* e *rachearia* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Agrarian**. Dourados,7(23) 157-165, 2014.

PIOTROWSKA, A., WILCZEWSKI, E. Effects of catch crops cultivated for green manure and mineral nitrogen fertilization on soil enzyme activities and chemical properties. **Geoderma**. 189: 72-80. 2012.

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L.; PROCÓPIO, S. O. et al. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, 55(2): 2015.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. D. A. et al. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: Efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33(1): 68-78, 2004.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. D. A. et al. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, 30(3): 562-568, 2006.

RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition. **Annu. Plant physiology and plant molecular biology**. 50:665-693, 1999.

RAIJ, B. VAN.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas, Fundação IAC, 285, 1997.

SALAM, A. K.; DESVIA, Y.; SUTANTO, E.; SYAM, T.; HUGROHO, S. G.; KIMURA, M. Atividades de enzimas do solo em diferentes sistemas de uso da terra em áreas de terraços médios da província de Lampung, sul de Sumatra, Indonésia. **Ciência do Solo. Plant Nutrition.**, 45:89-99, 1999.

SANTOS, H. G. (Org). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Ver. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 353p., 2013.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.; SPERA, S. T. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 27:545-552, 2003.

SANTOS, L. A. C.; CAMPO, M. C. C.; COSTA, H. S.; PEREIRA, A. R. Caracterização de solos em uma topossequência sob terraços aluviais na região do médio rio Madeira (AM). **Ambiência**, 8(2): 319-331, 2012.

SANTOS, P. R. A.; CHIORDEROLI, C. A.; LOUREIRO, D.R. et al. Características morfológicas e produtivas do milho no consórcio com forrageiras em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 11 (7): 20-31. 2017.

SARTO, M. V.; BORGES, W. L.; SARTO, J. R.; PIRES, C. A.; RICE, C. W.; ROSOLEM, C. A. Soil microbial community and activity in a tropical integrated croplivestock system. **Applied Soil Ecology**, 145(1): 1-11, 2020.

SEAGRI - Secretária da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura. Plano Safra 2020/2021. Disponível: < <http://www.seagri.ba.gov.br/content/plano-safra-20202021-0>>. Acessado: 08/08/2022.

SEREIA, R. C.; LEITE, L. F.; ALVES, V. B.; CECCON, G. Crescimento de *Brachiaria* spp. e milho safrinha em cultivo consorciado. **Agrarian**, 5(18), 349-355. 2012.

SILVA, C. G. R. Globalized Amazon: from agricultural frontier to agribusiness territory - the Rondônia example. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, 23, 2015.

SILVA, J. S.; SANTOS, D. T.; VIEIRA, P.C. Integração lavoura pecuária floresta (ILPF). **Boletim Técnico Informativo**. Rio Grande do Sul: Plano ABC. (2016). Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201608/01145315-boletim-tecnico-informativo-integracao-lavoura-pecuaria-floresta.pdf>>. Acessado: 01/08/2022.

SILVEIRA, A. O. **Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade de solos agrícolas do Rio Grande do Sul. Curitiba.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

SINSABAUGH, R. L.; FOLLSTAD, J. J. Estequiometria coenzimática e teoria ecológica. **Revista. Eco Evoluir Sistema**, 43. 313-343, 2012.

SINSABAUGH, R.L.; MOORHEAD, L. Resource allocation to extracellular enzyme production: a model for nitrogen and phosphorus control of litter decomposition. **Soil Biology**. 26,1305-1311. 1999

SIQUEIRA, J. E FRANCO, A. A. Biotecnologia do solo - fundamentos e perspectivas. **Ciências agrárias nos trópicos brasileiros**. Brasília, DF: MEC-ESALFAEPE-ABEAS. 235. 1988.

SOBUCKI, L., RAMOS, RF, MEIRELES, LA, ANTONIOLLI. et al. Contribuição das enzimas para a qualidade do solo e a evolução da pesquisa no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 45, 2021.

SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C. et al. Adubação nitrogenada em milho e capim-guiné: decomposição de fitomassa, celulose, lignina e liberação de nutrientes. **Comunicações em Ciência do Solo e Análise de Plantas**, 50: 1614 – 1623, 2019.

SOUSA, H.; CORREA, A. R.; SILVA, B. D. M. et al. Dinâmica dos atributos microbiológicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária no ecótono cerrado-amazônia. **Revista Caatinga**, 33(1), 9-20. 2020.

SOUZA, N. F. L **Consórcio milho-panicum na produtividade de milho e da soja em sucessão.** Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba 2020.

SPIERS, G. A.; MCGILL, W. B. Effects of phosphorus addition and energy supply on acid phosphatase activity in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, 11:3-8, 1979.

STEVENSON, F. S. Os benefícios da rotação de nitrogênio e não nitrogênio de culturas sucessivas de ervilha. **Journal of Plant Sciences**.76 323-332, 1996.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. **Methods of soil analysis: Part 2 Microbiological and biochemical properties**, 5: 775-833, 1994.

TABATAI, M. A.; BREMNER, J. M. Assay of urease activity in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, 4:479-487, 1972.

THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 27: 1039-1047, 2003.

TISDALL, J. M.; ADEM, H. H. Effect of water content of soil at tillage on size-distribution of aggregates and infiltration. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, 26(2): 193-195. 1986.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32(6): 1609-1618, 2008.

TORRES, J. L.R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29: 609-618, 2005.

VERA-DIAZ, M.; DEL, C.; KAUFMANN, R.; NEPSTAD, D.; SCHLESINGER, P. An Interdisciplinary model of Soybean yield in the Amazon Basin: Climatic, edaphic, and economic determinants. **Ecological Economics**, 65(2): 420-431. 2008.

VILELA, L.; AYARZA, M. A.; MIRANDA, J. C. C. de. Agropastoral systems: activities developed by Cerrados Agricultural Research Center (Embrapa Cerrados). In: KANNO, T.; MACEDO, M. C. M. (Ed.). **JIRCAS/EMBRAPA Gado de Corte international joint workshop on agropastoral systems in South America**. Tukuba: JIRCAS, 19-33, 2001.

VILELA, L.; COSTA, K. D. P.; ALVES, D.; e EPIFANIO, P. Consórcio de soja com gramíneas forrageiras no Cerrado. 2021.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46: 1127-1138. 2011.

WALLENSTEIN. D. M.; WEINTRAUB, W. N. Emerging tools for measuring and modeling the in situ activity of soil extracellular enzymes. **Soil Biology and Biochemistry**. 40(9): 2098-2106. 2008.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 50(5): 374-382, 2015.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; EUCLIDES, V. P. B. Integrated agropastoral production systems. **Agropastoral systems for the tropical savannas of Latin America**, CIAT, 253-290, 2004.

ZU ERMGASSEN, E. K. H. J.; ALCÂNTARA, M. P.; BALMFORD, A.; BARIONI, L.; BEDUSCHI NETO, F. et al.; Results from On-The-Ground Efforts to Promote

Sustainable Cattle Ranching in the Brazilian Amazon. **Sustainability**, 10(4): 1301, 2018.