



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**ALTERAÇÕES MICROBIOLÓGICAS EM UM SOLO DE
TABULEIROS COSTEIROS SOB DIFERENTES SISTEMAS
DE PRODUÇÃO DE MILHO INTEGRADO COM UROCHLOA
SPP.**

MATHEUS EMANNUEL OLIVEIRA VIEIRA



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

MATHEUS EMANNUEL OLIVEIRA VIEIRA

**ALTERAÇÕES MICROBIOLÓGICAS EM UM SOLO DE TABULEIROS
COSTEIROS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO
INTEGRADO COM UROCHLOA SPP.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador:
Prof. Dr. Marcelo Ferreira Fernandes
Coorientadora: Dra. Viviane Talamini

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

V658a Vieira, Matheus Emannuel Oliveira.
 Alterações microbiológicas em um solo de Tabuleiros
 Costeiros sob diferentes sistemas de produção de milho
 integrado com *Urochloa spp* / Matheus Emannuel Oliveira
 Vieira ; orientador Marcelo Ferreira Fernandes. – São
 Cristóvão, SE, 2021.41 f. : il.

 Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade) –
 Universidade Federal de Sergipe, 2021.

 1. Solos - Qualidade. 2. Milho. 3. Microorganismos. 4.
 Agricultura. I. Fernandes, Marcelo Ferreira, orient. II. Título.

CDU 628.168

MATHEUS EMANNUEL OLIVEIRA VIEIRA

**ALTERAÇÕES MICROBIOLÓGICAS EM UM SOLO DE TABULEIROS
COSTEIROS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO
INTEGRADO COM UROCHLOA SPP.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Aprovada, em 26 de julho de 2021.

Dr. Edson Patto Pacheco
Embrapa Tabuleiros Costeiros

Dr. Lucas Dantas Lopes
University Nebraska



Prof. Dr. Marcelo Ferreira Fernandes
Embrapa Tabuleiros Costeiros
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

*A minha mãe Marlise;
A meu pai Américo e a minha irmã Thiara.*
Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por ser meu refúgio, minha fortaleza, meu socorro bem presentes nos momentos de aflição. Toda honra e glória a Ti Senhor!

Aos meus pais Américo e Marlise por sempre estarem me apoiando e lutando junto comigo pelos meus sonhos. A minha irmã Thiara por todo o seu amor e companheirismo.

Aos meus orientadores Dr. Marcelo Fernandes e Dra. Viviane Talamini por todo o conhecimento passado e por todas as contribuições ao longo do meu mestrado. Aos membros da minha banca por todas contribuições na minha dissertação.

À Embrapa Tabuleiros Costeiros por todo apoio técnico para o desenvolvimento dos meus experimentos, em especial aos técnicos Robinson e Francisco que se tornaram grandes parceiros nesta jornada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos. Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade por todas as contribuições.

Aos meus amigos de mestrado France Mário, Lázara e Caroline por toda ajuda nos momentos de agonia e de dúvidas neste período.

E a todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste sonho!

Meu muito obrigado a todos!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
4. ARTIGO 1: RESPOSTAS DA BIOMASSA, FUNCIONAMENTO E ESTRUTURA DA COMUNIDADE MICROBIANA A SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS EM UM ARGISSOLO DOS TABULEIROS COSTEIROS.....	8
Resumo.....	8
Abstract	9
4.1. Introdução	9
4.2. Material e Métodos	10
4.3. Resultados	13
4.4. Discussão	14
4.5. Conclusões	16
4.6. Referências Bibliográficas.....	17
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura		Página
1	Figura 1- Gráfico NMDS da Biomassa e atividade microbiana (BAM) em amostras de solo sob diferentes sistemas de manejo do solo, Milho em Monocultivo (MM), Milho em consórcio com <i>Urochloa decumbens</i> (M+Ud), Milho em consórcio com <i>Urochloa decumbens</i> /Soja (M/Ud/S), Pasto com <i>Urochloa decumbens</i> (M+Ud/Ud/Ud) e Pasto com <i>Urochloa ruziziensis</i> (M+Ur/Ur/Ur). Letras maiúsculas comparam o efeito da permanência contínua da <i>Urochloa decumbens</i> na BAM, letras minúsculas avaliam se a inserção da cultura da soja provocou mudanças na BAM e letras minúsculas em itálico compara se as espécies de <i>Urochloa</i> se diferem na BAM pelos Procedimentos de Permutação Multirresposta (MRPP) ($p < 0,01$). Barras horizontais e verticais indicam ± 1 S.D. a partir de centroides das médias dos tratamentos ao longo dos eixos 1 e 2, respectivamente	25
2	Figura 2- Gráfico de NMDS dos FAMEs (com exceção do 19cy, que foi retirado para melhor representação gráfica dos dados) em amostras de solo sob diferentes sistemas de manejo do solo, Milho em Monocultivo (MM), Milho em consórcio com <i>Urochloa decumbens</i> (M+Ud), Milho em consórcio com <i>Urochloa decumbens</i> /Soja (M/Ud/S), Pasto com <i>Urochloa decumbens</i> (M+Ud/Ud/Ud) e Pasto com <i>Urochloa ruziziensis</i> (M+Ur/Ur/Ur). Letras maiúsculas comparam o efeito da permanência contínua da <i>Urochloa decumbens</i> na composição dos grupos de microrganismos (GM) no solo, letras minúsculas avaliam se a inserção da cultura da soja provocou mudanças dos GM e letras minúsculas em itálico comparam se as espécies de <i>Urochloa</i> se diferem no ECM pelos Procedimentos de Permutação Multirresposta (MRPP) ($p < 0,01$). Barras horizontais e verticais indicam ± 1 S.D. a partir de centroides ao longo do eixo 1	27

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela		Página
1	Tabela 1- Histórico dos sistemas de produções de grãos do experimento instalado na fazenda Experimental “Jorge Sobral” do ano de 2017 e 2020. . .	24
2	Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson (r) dos componentes da BAM aos eixos 1 e 2.	26
3	Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os biomarcadores de Grupos Microbianos e a razão de estresse (17cy / 16: 1ω7c), ao longo do eixo 1.	28

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

SPG	Sistemas de Produção de Grãos
M	Milho
S	Soja
Ud	<i>Urochloa decumbens</i>
Ur	<i>Uroclhoa ruziziensis</i>
MM	Milho em Monocultivo
Ds	Densidade do Solo
EAA	Estabilidade de Agregados em Água
RMP	Resistência Mecânica à Penetração
MOS	Matéria Orgânica do Solo
DMA	Diâmetro Médio de Agregados
BAM	Biomassa e Atividade microbiana
ECM	Estrutura da Comunidade Microbiana
QS	Qualidade do Solo
ARILS	Arilsulfatase
FDA	Hidrólise de Diacetato de Fluoresceína
β -GII	β -Glicosidase
FA	Fosfatase Ácida
ACT	Actinomicetos
FUN	Fungos Saprófitos
FMA	Fungos Micorrízicos Arbusculares
BGP	Bactérias Gram-Positivas
BGN	Bactérias Gram-Negativas
GM	Grupos Microbianos

RESUMO

Vieira, Matheus Emannuel Oliveira. **Alterações microbiológicas em um solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes sistemas de produção de milho integrado com *Urochloa spp.*** São Cristóvão: UFS, 2021. 41p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).*

Os microrganismos são agentes que desempenham importantes funções no solo como a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes. Apesar desta importância, há poucos trabalhos que avaliam o efeito de diferentes sistemas de produção de grãos no funcionamento e na estrutura da comunidade microbiana do solo na região dos Tabuleiros Costeiros. Por isso este trabalho teve como objetivo avaliar como os sistemas de produção de grãos afetam o funcionamento e a estrutura da comunidade microbiana do solo e a relação destes com a qualidade do solo. Para tal, foram coletadas amostras de solo de 5 tratamentos: Plantio Direto de Monocultivo de Milho (MM), Plantio de Milho em consórcio com *Urochloa decumbens*/Soja (M+Ud/S), Milho em consórcio com *Urochloa decumbens* (M+Ud), Pasto com *Urochloa decumbens* (M+Ud/Ud/Ud) e pasto com *Urochloa ruziziensis* (M+Ur/Ur/Ur), ambos com 30 meses. Por meio destas amostras foram avaliadas a Qualidade do Solo (QS) (matéria orgânica do solo, densidade do solo, estabilidade de agregados, resistência mecânica à penetração e diâmetro médio de agregados), a Biomassa e Atividade Microbiana (BAM) (respiração basal, carbono da biomassa microbiana e a atividade das enzimas fosfatase ácida, β -glicosidase, arilsulfatase e hidrólise de diacetato de fluoresceína) e a Estrutura da Comunidade Microbiana (ECM) que foi determinada pelo método EL-FAME e foram identificados os grupos microbianos: Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA), Fungos Saprófitos (FUN), Bactérias Gram-Positivas (BGP), Bactérias Gram-Negativas (BGN) e Actinomicetos (ACT). Os resultados mostraram que os sistemas de produção de grãos afetam de maneira diferente a BAM e a ECM, sendo que houve incrementos das enzimas e da respiração basal do solo nos tratamentos M+Ud, M+Ud/Ud/Ud e M+Ur/Ur/Ur, em contrapartida, incrementos do carbono da biomassa microbiana foram observados nos sistemas MM e M+Ud/S. Já em relação a ECM, os sistemas M+Ud/Ud/Ud e M+Ur/Ur/Ur proporcionaram maiores incrementos para os grupos microbianos FMA, FUN e BGN, enquanto que os tratamentos M+Ud, M+Ud/S e o MM promoveram maior abundância de BGP e ACT. A BAM e a ECM não tiveram relação com a QS. Diante dos resultados aqui encontrados, foi constatado que o uso de espécies de *Urochloa* e o seu maior tempo de permanência contínuo nos sistemas de produção de grãos proporciona mudanças na BAM e ECM nos solos dos Tabuleiros Costeiros.

Palavras-chave: Qualidade do Solo, Agricultura Conservacionista, Indicadores Microbiológicos.

* Comitê Orientador: Dr. Marcelo Ferreira Fernandes – UFS (Orientador), Dra. Viviane Talamini – Embrapa Tabuleiros Costeiros.

Vieira, Matheus Emannuel Oliveira. **Microbiological changes in a soil from Coastal Tablelands under different corn production systems integrated with *Urochloa* spp.** São Cristóvão: UFS, 2021. 41p. (Thesis - Master in Agriculture and Biodiversity).*

Microorganisms are agents that play important roles in the soil, such as decomposing organic matter and cycling nutrients. Despite this importance, there are few studies that evaluate the effect of different grain production systems in the functioning and structure of the soil microbial community in the Coastal Tablelands region. Therefore, this work aimed to evaluate how grain production systems affect the functioning and structure of the soil microbial community and their relationship with soil quality. For this purpose, soil samples were collected from 5 treatments: No-tillage corn monoculture (MM), corn planting intercropped with *Urochloa decumbens*/Soybean (M+Ud/S), corn intercropping with *Urochloa decumbens* (M+Ud), pasture with *Urochloa decumbens* (M+Ud/Ud/Ud) and pasture with *Urochloa ruziziensis* (M+Ur/Ur/Ur), both with 30 months. Through these samples, the Soil Quality (SQ) (soil organic matter, soil density, aggregate stability, mechanical resistance to penetration and average diameter of aggregates) were evaluated, Biomass and Microbial Activity (BAM) (basal respiration, carbon from microbial biomass and the activity of the enzymes acid phosphatase, β -glycosidase, arylsulfatase and fluorescein diacetate hydrolysis) and the Microbial Community Structure (ECM) which was determined by the method EL-FAME and microbial groups were identified: Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), Saprophytic Fungi (FUN), Gram-Positive Bacteria (BGP), Gram-Negative Bacteria (BGN) and Actinomycetes (ACT). Our results showed that grain production systems affect BAM and ECM differently, with increases in enzymes and basal soil respiration in treatments M+Ud, M+Ud/Ud/Ud and M+Ur/Ur/Ur, on the other hand, increases in microbial biomass carbon were observed in the MM and M+Ud/S systems. Regarding ECM, the M+Ud/Ud/Ud and M+Ur/Ur/Ur systems provided greater increases for the microbial groups FMA, FUN and BGN while the treatments M+Ud, M+Ud/S and o MM promoted greater abundance of BGP and ACT. BAM and ECM had no relationship with QS. Based on the results found here, it was found that the use of *Urochloa* species and their longer continuous permanence time in grain production systems provides changes in BAM and ECM in the soils of the Coastal Tableland.

Keywords: Soil Quality; Conservationist Agriculture; Microbiological Indicators.

*

* Advisory Committee: Dr. Marcelo Ferreira Fernandes – UFS (Advisor), Dra. Viviane Talamini – Embrapa Coastal Tablelands.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O solo é um ecossistema onde fatores bióticos e abióticos estão interagindo entre si em equilíbrio. Ao ser submetido a um sistema de produção de grãos esse equilíbrio é perturbado, acarretando mudanças nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Os solos da região dos Tabuleiros Costeiros são caracterizados por naturalmente apresentarem baixa fertilidade e ocorrência de horizontes com caráter coesos, que associado a sistemas como o cultivo convencional, sistema de produção mais empregado na região, levam a perdas significativas na qualidade desses solos e consequentemente na produtividade agrícola.

Essa região ao longo das últimas décadas vem vivenciando uma expansão no cultivo de grãos. Um exemplo é o SEALBA, que é uma área que abrange municípios localizados nos Tabuleiros Costeiros, mais precisamente no norte da Bahia, no litoral e agreste de Sergipe e na costa de Alagoas, os quais possuem características edafoclimáticas que favorecem o desenvolvimento de culturas agrícolas como a soja, além de apresentarem vantagens estratégicas como proximidade dos terminais portuários dos três estados. Além disso, estudos apontaram que os níveis de produtividade da soja cultivada nesta região foram superiores à média brasileira (PROCÓPIO *et al.*, 2014).

Deste modo, buscar sistemas de produção que sejam adaptados às características edafoclimáticas da região e promovam menores alterações na qualidade do solo e possibilitem as culturas expressarem o seu máximo potencial produtivo é de fundamental importância para o desenvolvimento agrícola dos Tabuleiros Costeiros.

Sistemas conservacionistas que promovem a rotação de culturas, que não revolvem o solo como o plantio direto ou a integração lavoura-pecuária, proporcionam a redução da resistência mecânica à penetração, da densidade do solo e o aumento da matéria orgânica do solo, da estabilidade de agregado e da atividade microbiana, acarretando em melhorias na qualidade dos solos.

A microbiota do solo desempenha importantes funções relacionadas com a qualidade do solo, como a decomposição da matéria orgânica e a estabilização de agregados. No entanto, apesar dessa importância e da expansão agrícola nos Tabuleiros Costeiros, há poucos estudos sobre os efeitos dos sistemas de produção de grãos no funcionamento e estrutura da microbiota do solo e suas relações com a qualidade do solo nesta região.

Por isso este trabalho tem como objetivo avaliar o funcionamento e estrutura da comunidade microbiana de um solo submetido a diferentes sistemas de produção de grãos na região dos Tabuleiros Costeiros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas de produções e a qualidade do solo

O solo é o ambiente do qual a maioria das plantas retiram nutrientes, água e estão fixadas. Assim o solo é de extrema importância para o desenvolvimento da agricultura, sendo essa uma das atividades humanas que mais provoca mudanças nas suas propriedades, modificando sua estrutura, composição química, microbiológica e influenciando a sua qualidade.

A Qualidade do Solo (QS) refere-se à capacidade que o solo apresenta de sustentar um agroecossistema ao longo do tempo, sem que haja comprometimento das suas funções ecológicas (GARRIGUES *et al.*, 2013; KIANI *et al.*, 2017). Em um ambiente de vegetação nativa, onde existe um equilíbrio na ciclagem de nutrientes na comunidade de organismos que ali estão estabelecidos e há poucas deformações na estrutura do solo, este consegue desempenhar de forma eficiente as suas funções (BONILLA-BEDOYA *et al.*, 2017; GEBREYESUS BRHANE, 2013; HEBB *et al.*, 2017). Porém, quando esse solo é submetido a um Sistema de Produção de Grãos (SPG) há uma ruptura nesse equilíbrio que provoca uma redução na sua qualidade (COLODEL *et al.*, 2018; DUVAL *et al.*, 2016).

O impacto causado na QS é dependente do tipo de SPG e do tempo de permanência desse SPG ao qual o solo foi submetido (MBUTHIA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015). Os sistemas de produção de grãos que não removem os resíduos vegetais, que tenham rotação de cultura, que não expõem o solo a agentes erosivos, como o Sistema de Plantio Direto (SPD) e/ou a Integração Lavoura-Pecuária (ILP), tendem a causar uma menor redução na qualidade do solo quando comparados aos que revolvem intensamente o solo, que não apresentam diversidade de culturas e há um menor aporte de resíduos vegetais, como por exemplo o Sistema de Cultivo Convencional (SCC) e as monoculturas (ASKARI e HOLDEN, 2015; MUÑOZ-ROJAS *et al.*, 2016; STAVI; BEL; ZAADY, 2016; TURMEL *et al.*, 2015).

A QS influencia a produtividade das culturas agrícolas, sendo que em solos onde há uma maior qualidade há também um incremento na produção das espécies cultivadas, assim como pode ocorrer o inverso (BERETTA-BLANCO PÉREZ e CARRASCO-LETELIER, 2019; LAROCA *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2018). Deste modo, estimar a QS é de fundamental importância para o estabelecimento de sistemas de produções agrícolas mais produtivos.

No entanto, quantificar a qualidade de um determinado solo é complicado devido ao fato de ela ser dependente de uma série de dados de propriedades químicas, físicas e microbiológicas, que em conjunto determinam o quanto o solo está cumprindo suas funções ecológicas ou como este solo está sendo afetado pelo SPG ao qual ele está submetido (CHENG *et al.*, 2016; KIANI *et al.*, 2017; RAIESI e KABIRI, 2016; VIDAL LEGAZ *et al.*, 2017; ZUBER *et al.*, 2017). Diferentes indicadores podem ser utilizados na avaliação da QS: a densidade do solo, a agregação, a macro e microporosidade, a resistência à penetração, a CTC, pH, a Matéria Orgânica do Solo (MOS), o funcionamento e a estrutura da comunidade microbiana (APARECIDA SIMON *et al.*, 2017; BISWAS *et al.*, 2017; BONGIORNO *et al.*, 2019; NATH e LAL, 2017).

2.2 Biomassa, funcionamento e estrutura da comunidade microbiana como indicadores de QS

Um indicador de QS pode ser definido como um parâmetro que possibilita a detecção de mudanças provocados pelos SPG nas funções desempenhadas pelo solo (OLIVER *et al.*, 2013). Os microrganismos do solo, por se adaptarem rápido a mudanças no uso do solo e desempenharem importantes funções no ecossistema do solo, como decomposição e acúmulo de MOS, ciclagem de nutrientes, dentre outras (BAHRAM *et al.*, 2018; DAÍ *et al.*, 2018; DELGADO-BAQUERIZO *et al.*, 2017), tem sido considerados bons indicadores de QS (BOUCHEZ *et al.*, 2016; KARIMI *et al.*, 2017).

A respiração basal, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, enzimas excretadas pela microbiota do solo são análises que estão relacionadas à Biomassa e atividade microbiana (BAM), que tem sido utilizada para avaliar o impacto nas mudanças do uso do solo nos microrganismos (GARAU *et al.*, 2019; ZHAO *et al.*, 2018). No entanto, há evidências de que pode ocorrer equívocos ao utilizar a BAM para avaliar sistemas de produção de grãos a longo prazo, pelo fato deste ser sensível a mudanças rápidas como a inserção de uma nova planta de cobertura no sistema (LAGOMARSINO *et al.*, 2011; MOGHIMIAN *et al.*, 2017).

Com o avanço da tecnologia, novos métodos têm sido propostos para avaliar as alterações provocados pelos SPG na microbiota do solo, como o sequenciamento do DNA do solo e a análise de ácidos graxos de fosfolipídios (BÜNEMANN *et al.*, 2018). Estes métodos possibilitam a caracterização da comunidade microbiana do solo e assim avaliar como as mudanças no uso do solo afetam as comunidades de microrganismos ali presentes (COSTANTINI *et al.*, 2016).

A análise de ácidos graxos está baseada no fato de que há a predominância de tipos específicos de ácidos graxos nas membranas fosfolipídicas de grupos microbianos. Esta especificidade permite que lipídios presentes nas membranas possam ser utilizados na identificação destes grupos (WILLERS; JANSEN VAN RENSBURG; CLAASSENS, 2015; ZELLES, 1999). Dentre os métodos desenvolvidos para avaliar os ácidos graxos das membranas estão o Ácidos Graxos de Fosfolipídios (PLFA) e o Ácidos Graxos de Ligação Éster (EL-FAME). Ambos os métodos extraem ácidos graxos de amostras de solos e os convertem em FAMES usando um reagente alcalino, porém o EL-FAME tem a vantagem de ser mais rápido e mais barato (BUYER *et al.*, 2010; SCHUTTER e DICK, 2000). O uso de biomarcadores de grupos microbianos para avaliar mudanças na estrutura da comunidade microbiana dos solos tem demonstrado bons resultados ao avaliar o efeito de SPG na microbiota do solo (MUÑOZ-ROJAS; ERICKSON; MARTINI *et al.*, 2016; RANKOTH *et al.*, 2019).

A compreensão de como os sistemas de produção de grãos afetam a biomassa, funcionamento e a estrutura da comunidade microbiana do solo e as relações que estes têm com a qualidade do solo permite um melhor gerenciamento dos sistemas de produção agrícolas, de maneira que otimize a sua exploração e cause um menor comprometimento das suas funções ecológicas, proporcionando uma maior produtividade das lavouras.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APARECIDA SIMON, C.; SILVESTINI CORDEIRO, M.; FERREIRA DE LIMA, S.; DA, M.; BRASIL, M.; HENRIQUE DE DAVID, C.; ANDRADE, V. Microbial Activity in a Soil With Cover Crops in Succession With Maize in a No-Tillage System. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 92, p. 198–207, 2017.
- ASKARI, M. S.; HOLDEN, N. M. Quantitative soil quality indexing of temperate arable management systems. **Soil and Tillage Research**, v. 150, p. 57–67, 2015.
- BAHRAM, M. *et al.* Structure and function of the global topsoil microbiome. **Nature**, v. 560, n. 7717, p. 233–237, 2018.
- BERETTA-BLANCO, A.; PÉREZ, O.; CARRASCO-LETELIER, L. Soil quality decrease over 13 years of agricultural production. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 3, 2019.
- BISWAS, S.; HAZRA, G. C.; PURAKAYASTHA, T. J.; SAHA, N.; MITRAN, T.; SINGHA ROY, S.; BASAK, N.; MANDAL, B. Establishment of critical limits of indicators and indices of soil quality in rice-rice cropping systems under different soil orders. **Geoderma**, v. 292, p. 34–48, 2017.
- BONGIORNO, G.; BÜNEMANN, E. K.; OGUEJIOFOR, C. U.; MEIER, J.; GORT, G.; COMANS, R.; MÄDER, P.; BRUSSAARD, L.; GOEDE, R. DE. Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. **Ecological Indicators**, v. 99, n. September 2018, p. 38–50, 2019.
- BONILLA-BEDOYA, S.; LÓPEZ-ULLOA, M.; VANWALLEGHEM, T.; HERRERA-MACHUCA, M. Á. Effects of Land Use Change on Soil Quality Indicators in Forest Landscapes of the Western Amazon. **Soil Science**, v. 182, n. 4, p. 128–136, 2017.
- BOUCHEZ, T. *et al.* Molecular microbiology methods for environmental diagnosis. **Environmental Chemistry Letters**, v. 14, n. 4, p. 423–441, 2016.
- BÜNEMANN, E. K. *et al.* Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, n. September 2017, p. 105–125, 2018.
- BUYER, J. S.; TEASDALE, J. R.; ROBERTS, D. P.; ZASADA, I. A.; MAUL, J. E. Factors affecting soil microbial community structure in tomato cropping systems. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 5, p. 831–841, 2010.
- CHENG, J.; DING, C.; LI, X.; ZHANG, T.; WANG, X. Soil quality evaluation for navel orange production systems in central subtropical China. **Soil and Tillage Research**, v. 155, p. 225–232, 2016.
- COLODEL, J. R.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUZA, M. F. P.; CARVALHO, M. A. C. DE; DALCHIAVON, F. C. Atributos físicos e biológicos de Argissolo Vermelho-Amarelo Amazônico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 287–297, 2018.
- COSTANTINI, E. A. C.; BRANQUINHO, C.; NUNES, A.; SCHWILCH, G.; STAVI, I.; VALDECANTOS, A.; ZUCCA, C. Soil indicators to assess the effectiveness of restoration

strategies in dryland ecosystems. **Solid Earth**, v. 7, n. 2, p. 397–414, 2016.

DAI, G. *et al.* Large-Scale Distribution of Molecular Components in Chinese Grassland Soils: The Influence of Input and Decomposition Processes. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 123, n. 1, p. 239–255, 2018.

DELGADO-BAQUERIZO, M.; ELDRIDGE, D. J.; OCHOA, V.; GOZALO, B.; SINGH, B. K.; MAESTRE, F. T. Soil microbial communities drive the resistance of ecosystem multifunctionality to global change in drylands across the globe. **Ecology Letters**, v. 20, n. 10, p. 1295–1305, 2017.

DUVAL, M. E.; GALANTINI, J. A.; MARTÍNEZ, J. M.; LÓPEZ, F. M.; WALL, L. G. Sensitivity of different soil quality indicators to assess sustainable land management: Influence of site features and seasonality. **Soil and Tillage Research**, v. 159, p. 9–22, 2016.

GARAU, G.; MORILLAS, L.; ROALES, J.; CASTALDI, P.; MANGIA, N. P.; SPANO, D.; MEREU, S. Effect of monospecific and mixed Mediterranean tree plantations on soil microbial community and biochemical functioning. **Applied Soil Ecology**, v. 140, n. April, p. 78–88, 2019.

GARRIGUES, E.; CORSON, M. S.; ANGERS, D. A.; WERF, H. M. G. VAN DER; WALTER, C. Development of a soil compaction indicator in life cycle assessment. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 7, p. 1316–1324, 2013.

GEBREYESUS BRHANE. Soil Quality Indicators Response to Land Use and Soil Management Systems in Northern Ethiopia's Catchment. **Land Degrad. and Develop.**, v. 27, n. 2, p. 438–448, 2013.

HEBB, C.; SCHODERBEK, D.; HERNANDEZ-RAMIREZ, G.; HEWINS, D.; CARLYLE, C. N.; BORK, E. Soil physical quality varies among contrasting land uses in Northern Prairie regions. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 240, p. 14–23, 2017.

KARIMI, B.; MARON, P. A.; CHEMIDLIN-PREVOST BOURE, N.; BERNARD, N.; GILBERT, D.; RANJARD, L. Microbial diversity and ecological networks as indicators of environmental quality. **Environmental Chemistry Letters**, v. 15, n. 2, p. 265–281, 2017.

KIANI, M.; HERNANDEZ-RAMIREZ, G.; QUIDEAU, S.; SMITH, E.; JANZEN, H.; LARNEY, F. J.; PUURVEEN, D. Quantifying sensitive soil quality indicators across contrasting long-term land management systems: Crop rotations and nutrient regimes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 248, n. July, p. 123–135, 2017.

LAGOMARSINO, A.; BENEDETTI, A.; MARINARI, S.; POMPILI, L.; MOSCATELLI, M. C.; ROGGERO, P. P.; LAI, R.; LEDDA, L.; GREGO, S. Soil organic C variability and microbial functions in a Mediterranean agro-forest ecosystem. **Biology and Fertility of Soils**, v. 47, n. 3, p. 283–291, 2011.

LAROCA, J. V. DOS S.; SOUZA, J. M. A. DE; PIRES, G. C.; PIRES, G. J. C.; PACHECO, L. P.; SILVA, F. D. DA; WRUCK, F. J.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, L. S.; SOUZA, E. D. DE. Soil quality and soybean productivity in crop-livestock integrated system in no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1248–1258, 2018.

MBUTHIA, L. W.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; DEBRYUN, J.; SCHAEFFER, S.; TYLER,

D.; ODOI, E.; MPHESHEA, M.; WALKER, F.; EASH, N. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 89, p. 24–34, 2015.

MOGHIMIAN, N.; HOSSEINI, S. M.; KOOCH, Y.; DARKI, B. Z. Impacts of changes in land use/cover on soil microbial and enzyme activities. **Catena**, v. 157, n. February, p. 407–414, 2017.

MUÑOZ-ROJAS, M.; ERICKSON, T. E.; DIXON, K. W.; MERRITT, D. J. Soil quality indicators to assess functionality of restored soils in degraded semiarid ecosystems. **Restoration Ecology**, v. 24, p. S43–S52, 2016.

MUÑOZ-ROJAS, M.; ERICKSON, T. E.; MARTINI, D.; DIXON, K. W.; MERRITT, D. J. Soil physicochemical and microbiological indicators of short, medium and long term post-fire recovery in semi-arid ecosystems. **Ecological Indicators**, v. 63, p. 14–22, 2016.

NATH, A. J.; LAL, R. Effects of Tillage Practices and Land Use Management on Soil Aggregates and Soil Organic Carbon in the North Appalachian Region, USA. **Pedosphere**, v. 27, n. 1, p. 172–176, 2017.

OLIVER, D. P.; BRAMLEY, R. G. V.; RICHES, D.; PORTER, I.; EDWARDS, J. Review: Soil physical and chemical properties as indicators of soil quality in Australian viticulture. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 19, n. 2, p. 129–139, 2013.

PROCÓPIO, S., de O.; CARVALHO, H., W., L.; PACHECO, P., E.; TEODORO, A. V.; TALAMINI, V.; JUNIOR, L., R., N.

RAIESI, F.; KABIRI, V. Identification of soil quality indicators for assessing the effect of different tillage practices through a soil quality index in a semi-arid environment. **Ecological Indicators**, v. 71, p. 198–207, 2016.

RANKOTH, L. M.; UDAWATTA, R. P.; GANTZER, C. J.; JOSE, S.; VEUM, K.; DEWANTO, H. A. Cover crops on temporal and spatial variations in soil microbial communities by phospholipid fatty acid profiling. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 4, p. 1693–1703, 2019.

SCHUTTER, M. E.; DICK, R. P. Comparison of Fatty Acid Methyl Ester (FAME) Methods for Characterizing Microbial Communities. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 5, p. 1659–1668, 2000.

SILVA, D. M. N. DA; VENTURIM, C. H. P.; VALORY CAPUCHO, M. E. O.; OLIVEIRA, F. L. DE; SÁ MENDONÇA, E. DE. Impact of soil cover systems on soil quality and organic production of yacon. **Scientia Horticulturae**, v. 235, n. July 2017, p. 407–412, 2018.

SILVA, G. F. DA; SANTOS, D.; SILVA, A. P. DA; SOUZA, J. M. DE. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 25–35, 2015.

STAVI, I.; BEL, G.; ZAADY, E. Soil functions and ecosystem services in conventional, conservation, and integrated agricultural systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, n. 2, 2016.

TURMEL, M. S.; SPERATTI, A.; BAUDRON, F.; VERHULST, N.; GOVAERTS, B. Crop residue management and soil health: A systems analysis. **Agricultural Systems**, v. 134, p. 6–16, 2015.

VIDAL LEGAZ, B.; MAIA DE SOUZA, D.; TEIXEIRA, R. F. M.; ANTÓN, A.; PUTMAN, B.; SALA, S. Soil quality, properties, and functions in life cycle assessment: an evaluation of models. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 502–515, 2017.

WILLERS, C.; JANSEN VAN RENSBURG, P. J.; CLAASSENS, S. Microbial signature lipid biomarker analysis - an approach that is still preferred, even amid various method modifications. **Journal of Applied Microbiology**, v. 118, n. 6, p. 1251–1263, 2015.

ZELLES, L. Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterisation of microbial communities in soil: A review. **Biology and Fertility of Soils**, v. 29, n. 2, p. 111–129, 1999.

ZHAO, F.; WANG, J.; ZHANG, L.; REN, C.; HAN, X.; YANG, G.; DOUGHTY, R.; DENG, J. Understory plants regulate soil respiration through changes in soil enzyme activity and microbial C, N, and P stoichiometry following afforestation. **Forests**, v. 9, n. 7, p. 1–14, 2018.

ZUBER, S. M.; BEHNKE, G. D.; NAFZIGER, E. D.; VILLAMIL, M. B. Multivariate assessment of soil quality indicators for crop rotation and tillage in Illinois. **Soil and Tillage Research**, v. 174, n. July, p. 147–155, 2017.

4. ARTIGO 1

RESPOSTAS DA BIOMASSA, FUNCIONAMENTO E ESTRUTURA DA COMUNIDADE MICROBIANA A SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS EM UM ARGISSOLO DOS TABULEIROS COSTEIROS.

RESUMO

Um dos desafios da agricultura moderna é encontrar soluções sustentáveis para melhorar a qualidade do solo. Como os micróbios do solo participam de importantes processos associados à Qualidade do Solo (QS), avaliar como eles são afetados pelos sistemas de produção de grãos é essencial para entender as mudanças na QS. Neste estudo, analisamos Mudanças na Biomassa e Atividade Microbiana (MBA), incluindo carbono da biomassa microbiana, respiração basal e a atividade das enzimas fosfatase ácida, β -glucosidase, arilsulfatase e hidrólise de diacetato de fluoresceína, bem como alterações na estrutura da comunidade microbiana (ECM) usando o método de éster metílico de ácido graxo ligado a éster (EL-FAME) entre cinco sistemas de produção de grãos sob plantio direto: monocultura de milho (MM), milho consorciado com *Urochloa decumbens* (M + Ud), M + Ud com rotação anual de soja (M + Ud / S), M + Ud mantendo a pastagem nos dois anos seguintes (M + Ud / Ud / Ud), e o milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* mantendo a pastagem nos dois anos seguintes (M + Ur / Ur / Ur). Além disso, também investigamos possíveis correlações entre QS e MBA ou MCS. O MBA e o ECM responderam de forma diferente aos sistemas de produção de grãos estudados, onde o MBA foi mais afetado pelo tempo de residência da *Urochloa*, enquanto o MCS foi alterado nos sistemas onde a pastagem tinha maior tempo de residência. Entre as variáveis microbianas avaliadas, o FDA foi o único significativamente correlacionado com a QS

Palavras-chave: Qualidade do solo, Plantio Direto, Rotação de Culturas, Ecologia Microbiana.

ABSTRACT

Título: Biomass, functioning and structure of the microbial community answers to grain production systems in a from Util Coastal Tablelands .

One of the modern agriculture challenges is to find sustainable solutions to improve soil quality. As soil microbes participate in important processes associated with soil quality (SQ), assessing how they are affected by grain production systems is essential to understanding changes in SQ. In this study, we analyze Changes in Biomass and Microbial Activity (MBA), including carbon from microbial biomass, basal respiration, and the activity of acid phosphatase, β -glucosidase, arylsulfatase and fluorescein diacetate hydrolysis enzymes, as well as changes in microbial community structure (ECM) using the fatty acid-bound methyl ester method ester (EL-FAME) between five grain production systems under no-tillage: corn monoculture (MM), corn intercropped with *Urochloa decumbens* (M + Ud), M + Ud with annual soybean rotation (M + Ud / S) , M + Ud keeping pasture for the next two years (M + Ud / Ud / Ud), and corn intercropped with *Urochloa ruziziensis* maintaining pasture for the next two years (M + Ur / Ur / Ur). In addition, we also investigate possible correlations between SQ and MBA or MCS. The MBA and ECM responded differently to the studied grain production systems, where the MBA was more affected by *Urochloa* residence time, while the MCS was changed in systems where pasture had longer residence time. Among the microbial variables evaluated, the FDA was the only one significantly correlated with the SQ.

Keywords: Soil quality, No-till, Crop Rotation, Microbial Ecology.

4.1. Introdução

O aumento da população mundial tem pressionado a busca por sistemas de produções de grãos que proporcionem aumentos na produtividade, explorem menos áreas e causem menos prejuízos ao meio ambiente (Roesch-Mcnally, Arbuckle e Tyndall, 2018). Neste cenário a exploração do solo por parte dos sistemas de produções tem que ser efetuada de modo que proporcione melhorias em sua qualidade.

A Qualidade do Solo (QS) é um conceito relacionado à capacidade que o solo possui em desempenhar suas funções ecológicas sem comprometimento do ecossistema no qual está inserido (Bünemann *et al.*, 2018). Por se correlacionar com diferentes propriedades do solo, o estudo dos impactos causados pelos sistemas de produções na QS é complexo, tendo que ser avaliado um conjunto de indicadores químicos, físicos e biológicos do solo (Bai *et al.*, 2018). Estes indicadores devem ser sensíveis às mudanças no uso do solo, porém não podem ser facilmente alterados ao ponto de que uma mínima alteração no solo possa modificá-lo.

Desse modo, a Matéria Orgânica do Solo (MOS), assim como propriedades físicas como: Diâmetro Médio de Agregados (DMA), a Estabilidade de Agregados (EA), Densidade do solo (Ds) e a Resistência Mecânica à Penetração (RMP) tem sido utilizados para avaliar a QS, pelo fato destes atributos desempenharem importantes funções no solo (Lopes *et al.*, 2021). A MOS influencia diretamente propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo, além de ser um agente importante no sequestro de carbono (C) (Bongiorno *et al.*, 2019; Reeves, 1997). Já um solo que apresenta resiliência física sofre menos impactos com as variações climáticas, tem um maior poder de retenção de água e permite uma melhor aeração do solo (Nouri *et al.*, 2019).

A adoção de sistemas mais conservacionistas que usam rotação de culturas e o não revolvimento do solo como o Plantio Direto (PD) e a Integração Lavoura-Pecuária (ILP), tem resultado em melhorias na QS (Laroca *et al.*, 2018; Sant-anna *et al.*, 2017). Além disso, o uso de espécies do gênero *Urochloa* nestes sistemas intensifica estas melhorias, já que o emprego desse gênero proporciona aumentos nos estoques de carbono orgânico do solo, reduz a

densidade do solo, melhora a estabilidade de agregados e estimula a atividade microbiana (Bonetti *et al.*, 2018; Moraes Rego *et al.*, 2020; Sousa *et al.*, 2020).

Os microrganismos presentes no solo tem papel fundamental na decomposição da MOS, na ciclagem de nutrientes e na estabilidade de agregados (Balezientene, 2012; Schlöter *et al.*, 2018), por isso a Biomassa e Atividade Microbiana (BAM) tem sido utilizada como um indicador da qualidade do solo (Juhos *et al.*, 2019; Luján Soto, Cuéllar Padilla e Vente, 2020). Entretanto, este é um indicador instável, onde mudanças no uso do solo em curto prazo provocam alterações (Paz-Ferreiro e Fu, 2016). Em contrapartida, a estrutura da comunidade microbiana (ECM) tem demonstrado ser um indicador que melhor identifica os efeitos dos sistemas de manejo no solo a longo prazo (Hartmann *et al.*, 2015; Kang *et al.*, 2018). No entanto, mais estudos são necessários para uma melhor compreensão de como o funcionamento e a estrutura da microbiota do solo respondem aos sistemas de produção e suas relações com a QS.

Por isso este trabalho teve como objetivo avaliar como a BAM e a ECM respondem a diferentes sistemas de manejo em PD e suas possíveis relações com a QS na região dos Tabuleiros Costeiros. Para tal finalidade, foram testadas as seguintes hipóteses: (1) - O tempo de permanência contínua da *Urochloa decumbens* no sistema altera a BAM e o ECM; (2) - A inserção da soja no sistema de rotação de milho com *Urochloa decumbens* altera a BAM e ECM; (3) - As diferentes espécies de *Urochloa* provocam diferentes respostas da BAM e ECM.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Área de estudo

O solo em estudo foi oriundo de um experimento instalado no município de Nossa Senhora das Dores- SE, na Fazenda Experimental “Jorge Sobral”, coordenadas da área são 10° 27'S e 37°11'O, da Embrapa Tabuleiros Costeiros desde o ano de 2009. O solo em questão é um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (Santos *et al.*, 2013), com relevo ondulado e textura argilosa; a precipitação média anual da região é 1150 mm, onde cerca de 70% das chuvas ocorrem entre os meses de abril a agosto e a temperatura média anual é de 26°C.

O experimento foi disposto em um delineamento em blocos ao acaso composto por 14 tratamentos com parcelas de 400 m², destes foram estudados os tratamentos do Plantio Direto em Monocultura de Milho (MM), Plantio Direto e consórcio de Milho com *Urochloa decumbens* (M+Ud), Plantio Direto e rotação de Milho + *Urochloa decumbens*/Soja (M+Ud/S), pasto de *Urochloa decumbens* (M+Ud/Ud/Ud) e pasto de *Urochloa ruziziensis* (M+Ur/Ur/Ur). A cultivar de milho plantada foi a DKB 177 PRO3, numa densidade de 70.000 sementes por hectare, já no caso da soja foi semeada a cultivar FT 4280 IPRO para uma população de plantas de 320.000 plantas por hectare. Para ambas as culturas o espaçamento empregado foi de 0,5 m entre linhas e o plantio foi realizado nos dias 03 e 04 de junho de 2020. No M+Ud o milho é semeado anualmente juntamente com *U. decumbens*, sendo esta misturada a caixas de fertilizantes e posicionadas no sulco abaixo das sementes de milho. A adubação das culturas foi feita com base na análise de solo, segundo recomendações técnicas, sendo que foram aplicados 150kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P e 116 kg ha⁻¹ de K no pré-plantio e 150 kg ha⁻¹ de N em cobertura nos tratamentos MM, M+Ud e M+Ud/S, nos sistemas com cultivo de soja não houve aplicação de adubos nitrogenados, mas a inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum*. O controle de plantas infestantes foi feito por meio da aplicação do herbicida glifosato, sendo aplicados 4 L ha⁻¹ antes do plantio e 2 L kg ha⁻¹ 30 dias após a emergência das plantas. Os tratamentos com pastagem foram instalados no ano de 2018, na Tabela 1 está apresentado o histórico dos sistemas de produção de grãos do ano de 2017 a 2020.

Para o teste da hipótese 1 foi considerado o tempo em que a *Urochloa decumbens* permaneceu continuamente nos sistemas MM (0 meses), M+Ud (9 meses) e M+Ud/Ud/Ud (30 meses).

4.2.2. Amostragem e análise da Matéria Orgânica (MOS) e propriedades físicas do solo

Em 15 de agosto de 2020 foram feitas coletas de amostras de solo deformadas e indeformadas na camada de 0-10 cm, para análises das propriedades físicas e químicas, respectivamente. Das propriedades físicas foram avaliadas a densidade, a porosidade, umidade, a resistência à penetração, o Diâmetro Médio de Agregados (DMA) e a Estabilidade de Agregados em Água (EAA).

Por meio do método do anel volumétrico foi determinada a densidade do solo com base na relação massa/volume. Para isso, o solo coletado com o anel volumétrico foi pesado e depois colocado em uma estufa a 105°C por 24 horas e novamente pesado, por fim foi referenciado em relação ao volume do anel (equação 1) (Blake e Hartge, 1986).

A resistência à penetração foi determinada com o auxílio de um penetrógrafo Falker, modelo penetroLOG, a partir de 10 pontos aleatorizados em cada parcela na camada de 0-10 cm (Tormena e Roloff, 1996). O DMA e a EAA foram determinados utilizando-se o método descrito por Kemper e Chepil (1965), e modificado por Carpenedo e Mielniczuk (1990) e Silva & Mielniczuk (1997), no qual as amostras de solos indeformadas foram passadas na peneira de 8 mm e 4 mm. Do material que ficou retido nesta peneira foram pesados 50 g e colocados em um conjunto de peneiras com aberturas que variavam de 4 mm a 0, 125 mm e agitados em um agitador mecânico vibratório, da marca Produtest (Brasil), durante 5 min a 90 rpm. Com a massa de solo em cada classe da peneira foi calculado o DMA por meio da expressão:

$$\sum_{i=1}^R (x_i \cdot w_i)$$

onde, w_i = massa de cada classe em gramas; e x_i = diâmetro médio das classes expressa em mm.

A EAA foi feita pelo peneiramento úmido de frações de solo com classe de diâmetro de 1 a 2 mm. Para tal, 25 g de solos foram pré-umedecidos por capilaridade e transferidos para a peneira de 1 mm, em equipamento de peneiramento úmido da marca Marconi. O processo de peneiramento foi realizado com ajustes de amplitude de oscilação de 3,8 cm, 30 oscilações por min, durante 5 min. Após este processo as amostras foram colocadas para secar em estufa de ventilação de ar forçada a 105°C, por 24 h, depois pesadas e adicionados 50 ml de solução de NaOH 1 M para promover a dispersão dos agregados, sob agitação durante 2h, em equipamento oscilatório com rotação de 200 rpm. Uma vez obtida a dispersão dos agregados, as amostras foram vertidas sobre a peneira de 1 mm de malha e lavadas para remoção do material disperso. A massa da fração areia retida na peneira foi então determinada após sua coleta e secagem a 105°C por 24h. A EAA foi determinada pela razão entre a massa seca de agregados retidos após peneiramento úmido e a massa total de amostra utilizada, após descontar a massa de areia (> 1 mm) de ambas.

As amostras de solo deformadas, obtidas a partir da coleta de seis pontos dentro de cada parcela do experimento formando uma amostra composta por parcela, foram passadas em uma peneira de 2 mm, secas ao ar e utilizadas na análise da MOS destes solos. O teor de Matéria Orgânica (MOS) foi estimado pelo método da oxidação por via úmida com dicromato de potássio (Walkley e Black, 1934).

4.2.3. Análises da Biomassa e atividade microbiana (BAM)

Em dezembro de 2020, após a colheita do milho e da soja, foi feita uma coleta de amostras deformadas do solo para a realização das análises da estrutura e atividade microbiana.

As amostras utilizadas para avaliar a atividade microbiana foram passadas por uma peneira de 2 mm, secas ao ar e armazenadas entre 4-5°C até o momento das análises; foram estimadas a Respiração Basal do Solo (RESP), o Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), as atividades das enzimas: β -glicosidase (β -GLI), Fosfatase ácida (FA), Arilsulfatase (ARLIS) e hidrolase de diacetato de fluoresceína (FDA) e analisada a estrutura da comunidade microbiana.

Para RESP foram pesados 32 gramas de solo e a umidade foi ajustada para 80% da capacidade de campo, esse solo foi armazenado em potes de vidro hermeticamente fechados juntamente com frascos de vidros com 5 ml de NaOH (1M) por 10 dias na ausência de luz a 25°C. Após este período o carbono foi quantificado por meio da titulação do NaOH com HCl (0,1 M) (Jenkinson e Powelson, 1976).

O CBM foi determinado pelo método proposto por Vance *et al.* (1987), onde a biomassa microbiana é determinada pela diferença entre os valores do C orgânico extraído nas amostras fumigadas (F) e nas Não Fumigadas (NF). Para tal, foram pesados 10 g de solo, na capacidade de campo, constituindo duas amostras F e de NF, a fumigação das amostras F foi feita na presença de clorofórmio e a leitura do C da biomassa microbiana foi realizada em espectrofotômetro a 495 nm.

Para quantificação das enzimas β -glicosidase, fosfatase ácida e arilsulfatase empregou-se a metodologia proposta por Tabatabai (1994), a qual está baseada na determinação por calorimetria do p-nitrofenol liberado por estas enzimas em 0,4 g de solo, que foi incubado com uma solução tamponada de substratos específicos para cada enzima por 1 hora a 37°C. Após a incubação foi realizada a leitura em espectrofotômetro em absorbância de 410 nm. Foi utilizada uma curva padrão de valores conhecidos de p-nitrofenol (0, 10, 20, 30, 40 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$) para determinar a quantidade deste composto liberada nas amostras. Os resultados foram expressos em $\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ solo}$.

Para a análise da Hidrólise de Diacetado de Fluoresceína (FDA) foram pesados 1 g de solo de cada amostra em Erlenmeyer de 125 ml, aos quais foram adicionados 20 mL de tampão fosfato (6,0 mM, pH 7,6) e agitadas por 15 min. Após esse período foi adicionado 100 μL de fluoresceína sódica e agitadas por 2 h e 30 min a 25°C, em seguida foi transferido para um eppendorf de 1 ml a suspensão do solo e foi adicionado 1 mL de acetona e centrifugado por 5 min a 6000 rpm. Depois disso foi realizada a leitura em absorbância de 490nm. Neste caso também foi utilizado uma curva padrão de valores conhecidos de fluoresceína hidrolisada (0 μg 100 μg , 200 μg , 300 μg , 400 μg e 500 μg) para determinar a quantidade deste composto liberada nas amostras. Os resultados foram expressos em $\mu\text{g fluoresceína h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ solo}$.

4.2.4. Estrutura da Comunidade Microbiana e Grupos Microbianos (GM)

A estrutura da comunidade microbiana foi investigada como proposto por Schutter e Dick (2000), no qual utiliza-se a reação da metonólise alcalina branda diretamente nas amostras de solo. Para tal, foram pesados 3 g de solo, na capacidade de campo, em tubos de vidro de centrífuga, nestes foram adicionados 15 ml de KOH (0,2 mol L⁻¹) preparado em metanol e foram agitados em vórtex por 15 s. Em seguida, os tubos foram submetidos a banho maria por 1 h a 37°C e a cada 10 min os tubos foram agitados. Após o banho maria foi adicionado 3 mL de ácido acético (1 M), agitadas e acrescentado 10 mL de hexano. Depois as amostras foram centrifugadas por 10 min (480g). Em seguida foi feita a remoção do hexano e as amostras foram secas com N₂ ultrapuro. Os ácidos graxos foram ressuspensos e transferidos para tubos de cromatógrafo âmbar e feita a análise em cromatógrafo gasoso equipado com uma coluna capilar (5% bifenil- 95% dimetilpolisiloxano, 25 M) e detector de ionização de chama, programado para promover um incremento de 5°C por min, desde 120°C a 270°C. As temperaturas do injetor e do detector foram de 250°C e 280°C, respectivamente. Uma curva padrão preparada a partir de uma solução de éster metílico de ácido tridecanoico (Supelco) foi usada para converter áreas cromatográficas em nanomoles de FAMES e os resultados foram expressos em porcentagem de mols (%MOL) de carbono.

Os FAMES que possuíam massas menores que 4% da massa do FAME 16:0 foram excluídos da matriz de dados. Foram utilizados como biomarcadores para bactérias Gram-positivas (BG+) os ésteres metílicos de ácidos graxos 15: 0i, 15: 0a, 16: 0i, 17: 0i e 17: 0a, já para as bactérias Gram-negativas (BG-) foram usados os 17: 0cy e 18: 1 ω 7c 16: 0 10-Me, 17: 0 10-Me e 18: 0 10-M para actinomicetos (ACT), 16: 1 ω 5c para fungos micorrízicos

arbusculares (FMA) e os 18:1 ω 9c e 18:2 ω 6c para fungos saprófitos (FUN) (Kaiser *et al.*, 2010, Willers *et al.*, 2015; Zelles, 1999).

4.2.5. Análises estatísticas

Os dados foram descritos fisicamente por um Escalonamento Multidimensional não Métrico (NMDS) baseado em matriz de distâncias de Sorensen (Sokal, 1979, Mccune e Grace, 2002). Para tal, os dados foram normalizados pelo total dentro de cada variável para ser contabilizada as diferenças nas unidades das variáveis e foram elaboradas três matrizes, uma denominada Biomassa e atividade microbiana (BAM), composta pelas variáveis β -GLI, ARILS, FA, FDA, RESP e o CBM), outra formada pela matéria orgânica do solo (MOS), a EAA, o DMG, a Ds e a RPM intitulada de Qualidade do Solo (QS) e a última a da Estrutura da Comunidade Microbiana (ECM), constituída pelos FAMES F15:0i, F15:0a, F15:0, F16:0i, F16:1 ω 7c, F16:1 ω 5c, F16:0, F16:0 10Me, F17:0i, F17:0a, F17:0cy, F17:0, F17:0 10Me, F18:2 ω 6c, F18:1 ω 9c, F18:1 ω 7c, F18:0 10Me. A ordenação foi feita no programa PC-ORD v. 6.04 (McCune e Mefford, 1999) no modo piloto automático na opção médio, o número de dimensões que foram interpretadas foram escolhidas com base nos critérios de tensão de estabilidade de soluções gráficas.

As correlações de Pearson entre as pontuações das amostras e biomarcadores dos grupos de microrganismos, funcionamento microbiano e a qualidade do solo foram realizadas para poder caracterizar as mudanças na estrutura da comunidade microbiana e em seu funcionamento nos diferentes sistemas de produção de grãos. Testes multivariados de médias foram empregados para testar as hipóteses do efeito da permanência contínua da *Urochloa decumbens*, e da inserção da cultura da soja nos sistemas de manejos, assim como para avaliar se houve diferença na comunidade microbiana e em seu funcionamento nos solos cultivados com espécies diferentes de *Urochloa* (Mielke e Berry, 2007). Testes de Mantel (Mantel, 1967) foram realizados com intuito de verificar se há correlações entre as matrizes BAM, ECM e QS, assim como os componentes da BAM e os marcadores de grupos microbianos com a qualidade do solo.

4.3. Resultados

4.3.1. Biomassa e atividade microbiana (BAM)

Uma solução gráfica de duas dimensões foi selecionada pela análise de ordenação NMDS, a qual representou 88,8% da variabilidade total dos dados da BAM, sendo 56,8% desta variabilidade associada ao eixo 1 e 32% ao eixo 2 (Figura 1).

Houve uma concentração dos centroides dos tratamentos que não havia a presença do cultivo de *Urochloa*, no momento da coleta, à esquerda do eixo 1, enquanto que os tratamentos que havia a presença de uma espécie desse gênero localizaram-se à direita do mesmo eixo, sendo que o M+Ur/Ur/Ur situou-se mais acima no eixo 2 quando comparado aos demais tratamentos.

A presença da *Urochloa decumbens* influenciou o funcionamento da microbiota do solo, porém o tempo de permanência desta não teve efeito semelhante, pois os sistemas M+Ud e PASTO Ud não diferiram entre si, mas diferiram do MM. O sistema M+Ud também diferiu do M+Ud/S, indicando que a inserção da soja no sistema também provocou mudanças na BAM. Já entre as espécies de *Urochloa* não foram observadas diferenças.

Existiu um incremento na atividade das enzimas e da respiração basal do solo nos sistemas onde havia a presença de uma das espécies forrageiras (Tabela 1), sendo que a RESP, a ARILS, FDA e a FA tiveram uma maior associação com as pastagens e a β -GLI com os tratamentos onde haviam a presença da *Urochloa* spp. Interessante que o CBM foi único que teve uma correlação negativa com o eixo 1, tendo forte relação com os sistemas onde não havia braquiárias presentes.

O teste de Mantel não identificou nenhuma correlação entre as matrizes BAM e a QS ($r=0,03$; $p=0,74$), entretanto a FDA foi o único componente da matriz BAM que teve relação com a qualidade do solo ($r=0,22$; $p=0,07$).

4.3.2 Estrutura da comunidade e grupos microbianos

A ordenação NMDS resultou em uma solução gráfica unidimensional que representou 95% da variabilidade dos dados da Estrutura da Comunidade Microbiana (ECM) (Figura 2).

As variações na ECM das amostras, da esquerda para a direita deste gráfico, caracterizaram-se por incrementos relativos em biomarcadores de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA), Bactérias Gram-Negativas (BGN) e Fungos Saprófitos (FUN), já os marcadores das Bactérias Gram-Positivas (BGP), Actinomicetos (ACTIN) e do stress microbiano (17:cy/16:1ω7c) tiveram incrementos no sentido inverso aos demais (Tabela 2).

Houve uma concentração dos centroides dos tratamentos M+Ur/Ur/Ur e M+Ud/Ud/Ud à direita do gráfico, enquanto que os demais se concentraram à esquerda. Ao contrário da BAM o tempo de permanência da pastagem no sistema teve influência na ECM, onde o pasto com *Urochloa decumbens* diferiu dos sistemas M+Ud e MM e estes não diferiram entre si. A mudança para o cultivo da soja não implicou em mudanças na ECM já que os tratamentos M+Ud não diferiram do M+Ud/S, também não houve diferença entre as espécies de *Urochloa*.

O teste de Mantel não detectou correlações entre a ECM e a QS ($r=0,04$; $p=0,64$), nem entre os biomarcadores de GM e a QS.

4.4. Discussão

Nossos resultados demonstram que os diferentes sistemas de produção de grãos provocam mudanças na biomassa, no funcionamento e na estrutura microbiana do solo. Em relação às hipóteses aqui testadas, foi observado que o tempo de permanência da *Urochloa decumbens* alterou a ECM mas não provocou alterações na BAM (1), já o inverso ocorreu com a inserção da soja no sistema M+Ud, que provocou modificações na BAM e não modificou a ECM (2), a BAM e a ECM responderam de mesma forma às diferentes espécies de *Urochloa* (3). A seguir discutimos como a biomassa, o funcionamento e a estrutura microbiana do solo responderam aos diferentes SPG.

4.4.1. O emprego da *Urochloa* sp. nos sistemas de produção de grãos proporciona maior atividade microbiana do solo

A presença da *Urochloa* influenciou a biomassa e atividade microbiana de modo que onde estava presente houve incrementos na respiração basal do solo e na atividade das enzimas.

A β -glicosidase é uma enzima que participa do ciclo do carbono (C) atuando no estágio final da degradação da celulose (polímero β -1,4-D-glicose) (Eriksson e Wood, 1985), de modo que sistemas de manejo que proporcionam uma maior deposição de resíduos vegetais e consequentemente um aumento na MOS, como as pastagens, promovem maiores concentrações desta enzima e o emprego do consórcio entre culturas, como no M+Br implicam no aumento das quantidades de β -GLI (Chen *et al.*, 2019; Delelegn *et al.*, 2017; Mariscal-Sancho, Ball e Mckenzie, 2018; Sarto *et al.*, 2020a).

O fato da fosfatase ácida ter uma maior correlação com os tratamentos M+Ud/Ud/Ud e M+Ur/Ur/Ur do que nos demais, pode ser devido a estes sistemas não terem recebido adubação fosfatada nos 30 meses de condução das pastagens. Estudos vêm apontando uma relação inversa entre a adubação fosfatada no solo e atividade da FA, onde solos que não receberam a aplicação de fósforo inorgânico, como nos tratamentos aqui estudados, tiveram maior atividade desta enzima (Rengel e Marschner, 2005; Rosolem, Merlin e Bull, 2014; Sarto *et al.*, 2020b), a presença de níveis mais altos de fósforo inorgânico provoca uma redução no estímulo da produção de fosfatase por parte dos microrganismos (Sinsabaugh *et al.*, 1993).

Já o maiores incrementos na atividade da arilsulfatase nos tratamentos com braquiárias cultivadas aqui encontrados corroboram com os trabalhos de Aparecida Simon *et al.* (2017) e Lisboa *et al.* (2012) que também observaram aumento da presença desta enzima em solos com pastagem e pousio com gramíneas, respectivamente. O maior teor de MOS que estes sistemas tendem a ter proporciona maiores concentrações desta enzima no solo (Borase *et al.*, 2020; Mendes *et al.*, 2003; Zaninetti, Moreira e Moraes, 2016).

Diferente das demais enzimas, a FDA é um ensaio que representa diferentes enzimas como as lipases, proteases e esterases, as quais participam na decomposição de diferentes substratos de carbono ((Bandick e Dick, 1999; Schnürer e Rosswall, 1982). Sistemas de manejos que proporcionam uma cobertura do solo continuam com um maior aporte de resíduo vegetais no solo, como os M+Ud/Ud/Ud e M+Ur/Ur/Ur que causam incrementos destas enzimas no solo (Alagele *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2018). Este ensaio foi o único dos componentes da BAM que teve correlação com a QS. A FDA tem demonstrado ter correlações positivas com a MOS e a estabilidade de agregados (Ghosh *et al.*, 2016; Thind, 2015), além de ter sido encontrada em maiores quantidades em sistemas mais conservacionistas corroborando com a correlação aqui encontrada (Choudhary *et al.*, 2021; Lal *et al.*, 2019; Saurabh *et al.*, 2021).

A atividade microbiana tem íntima relação com a respiração basal do solo, onde a inibição de enzimas no solo, que agem principalmente na decomposição da MOS, causa uma diminuição da RESP (Ameloot *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2018; Liang *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2014). De modo semelhante os tratamentos aqui estudados, MM e M+U/S tiveram menores incrementos na atividade das enzimas e consequentemente menores incrementos na respiração basal do solo.

Em contrapartida, o CBM teve uma associação com os sistemas nos quais não haviam a presença da *Urochloa*. A estação no qual o solo é coletado influencia os resultados do CBM, sendo que se coletado em períodos de seca pode favorecer um aumento do carbono da biomassa (Lopes *et al.*, 2021; Schaeffer *et al.*, 2017). Nos sistemas MM e M+Ud/S, os quais no verão há pouca cobertura do solo, são mais sensíveis às variações na umidade do solo, o que pode ter contribuído para a ocorrência desta associação (Coelho *et al.*, 2013; Shen *et al.*, 2018).

4.4.2. Resposta da estrutura da comunidade microbiana aos sistemas de produção de grãos.

A comunidade microbiana do solo sofre modificações ao longo do histórico de uso do solo (Ashworth *et al.*, 2017; Jangid *et al.*, 2011). No presente estudo o maior tempo de permanência contínua da *Urochloa* nos sistemas de produção influenciou a estrutura da comunidade microbiana.

Estudos têm demonstrado que as pastagens modificam a ECM, proporcionando incrementos em todos os grupos microbianos quando comparado à floresta em primeiro estágio de regeneração (Pedrinho *et al.*, 2019). Em bactérias totais (BGP+BGN), fungos e fungos micorrízicos arbusculares quando comparado aos sistemas de rotações chili/milho e melancia/milho (Flores-Rentería *et al.*, 2020) e em BGN, FMA quando comparado a plantio direto de milho em monocultura e plantio direto de milho em consórcio com feijão guandu (Lopes e Fernandes, 2020). De modo semelhante, os sistemas M+Ud/Ud/Ud e M+Ur/Ur/Ur aqui avaliados proporcionaram incrementos nos FMA, FUN e BGN. Sistemas de produção de grãos que favorecem acúmulo da MOS e sofrem com menos perturbações tendem a possuírem maiores abundâncias dos grupos microbianos (Arantes *et al.*, 2020; Hartman *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2019; Moitinho *et al.*, 2020; Wang, Wang e Wu, 2016; Xia *et al.*, 2019).

Em contrapartida, nossos resultados mostraram que incrementos nos grupos de ACT e BGP não foram relacionados aos sistemas com pastagens, mas aos tratamentos MM, M+Ud e M+Ud/S, assim como o marcador de stress. Este resultado corrobora com resultados encontrados por Brennan & Acosta-Martinez (2017), que ao compararem sistemas de manejo com e sem cobertura vegetal no inverno, identificaram associação entre os ACT e BGP com os

sistemas sem cobertura vegetal. Os sistemas MM e M+Ud/S também ficam sem cobertura vegetal no período mais seco e o stress à seca pode modular a comunidade bacteriana aumentando a relação BGP/BGN (Nazih *et al.*, 2001; Uhlířová *et al.*, 2005), este fato pode estar relacionado à resistência inerente proporcionado pela parede celular das BGP e ACT (Schimel *et al.*, 2007).

Os grupos microbianos assim como os FAMES não tiveram correlação com a QS, apesar de ter havido diferenças nos incrementos dos grupos nos diferentes sistemas aqui avaliados.

4.5. Conclusões

Nossos resultados mostraram que a presença da *Urochloa* e o tempo em que esta permaneceu continuamente nos sistemas de produções de grãos na região dos Tabuleiros Costeiros promoveu respostas da biomassa, atividade e da estrutura da comunidade microbiana do solo, respectivamente. Também observamos que a mudança do sistema de milho cultivado em consórcio com a *U. decumbens* para o cultivo de soja provocou maiores alterações na biomassa e atividade microbiana, quando comparado à estrutura da comunidade microbiana do solo e que não houve diferenças no funcionamento e nem na estrutura da comunidade microbiana de um solo cultivado com diferentes espécies de *Urochloa*.

Vimos que os grupos microbianos respondem de maneiras diferentes aos stress impostos pelos diferentes sistemas de produção de grãos e que a estrutura microbiana do solo tem uma maior resiliência a mudanças nos sistemas de produções de grãos quando comparado à biomassa e atividade microbiana.

Neste trabalho não foi observada relação entre o funcionamento e estrutura da comunidade microbiana com a qualidade do solo, esta somente teve correlação com o ensaio de Hidrólise de Diacetato de Fluoresceína, porém mais estudos devem ser desenvolvidos para uma melhor compreensão das relações da estrutura e funcionamento da comunidade microbiana e a qualidade do solo.

4.6. Referências Bibliográficas

ALAGELE, S. M.; ANDERSON, S. H.; UDAWATTA, R. P.; VEUM, K. S.; RANKOTH, L. M. Effects of Conservation Practices on Soil Quality Compared with a Corn–Soybean Rotation on a Claypan Soil. n. July, 2019.

AMELOOT, N.; SLEUTEL, S.; CASE, S. D. C.; ALBERTI, G.; MCNAMARA, N. P.; ZAVALLONI, C.; VERVISCH, B.; DELLE VEDOVE, G.; NEVE, S. DE. C mineralization and microbial activity in four biochar field experiments several years after incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 78, p. 195–203, 2014.

APARECIDA SIMON, C.; SILVESTRINI CORDEIRO, M.; FERREIRA DE LIMA, S.; DA, M.; BRASIL, M.; HENRIQUE DE DAVID, C.; ANDRADE, V. Microbial Activity in a Soil With Cover Crops in Succession With Maize in a No-Tillage System. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 92, p. 198–207, 2017.

ARANTES, A. C. C.; COTTA, S. R.; CONCEIÇÃO, P. M. DA; MENECHIN, S. P.; MARTINELLI, R.; PRÓSPERO, A. G.; BOARETTO, R. M.; ANDREOTE, F. D.; MATTOS-JR, D.; AZEVEDO, F. A. DE. Implication of Urochloa spp. intercropping and conservation agriculture on soil microbiological quality and yield of tahiti acid lime in long term orchard experiment. **Agriculture (Switzerland)**, v. 10, n. 11, p. 1–22, 2020.

ASHWORTH, A. J.; DEBRUYN, J. M.; ALLEN, F. L.; RADOSEVICH, M.; OWENS, P. R. Microbial community structure is affected by cropping sequences and poultry litter under long-term no-tillage. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 114, p. 210–219, 2017.

BAI, Z. *et al.* Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 265, n. May, p. 1–7, 2018.

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**, v. 21, n. 5, p. 1153–1159, 2012.

BANDICK, A. K.; DICK, R. P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, n. 11, p. 1471–1479, 1999.

BLAKE, G. R., & HARTGE, K. H. (1986). Bulk density. Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods, 5, 363–375.

BONETTI, J. DE A.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. DE; CARNEIRO, M. A. C.; CAETANO, J. O. Soil physical and biological properties in an integrated crop-livestock system in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1239–1247, 2018.

BONGIORNO, G.; BÜNEMANN, E. K.; OGUEJIOFOR, C. U.; MEIER, J.; GORT, G.; COMANS, R.; MÄDER, P.; BRUSSAARD, L.; GOEDE, R. DE. Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. **Ecological Indicators**, v. 99, n. September 2018, p. 38–50, 2019.

BORASE, D. N.; NATH, C. P.; HAZRA, K. K.; SENTHILKUMAR, M.; SINGH, S. S.; PRAHARAJ, C. S.; SINGH, U.; KUMAR, N. Long-term impact of diversified crop rotations

- and nutrient management practices on soil microbial functions and soil enzymes activity. **Ecological Indicators**, v. 114, n. September 2018, p. 106322, 2020.
- BRENNAN, E. B.; ACOSTA-MARTINEZ, V. Cover cropping frequency is the main driver of soil microbial changes during six years of organic vegetable production. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 109, p. 188–204, 2017.
- BÜNEMANN, E. K. *et al.* Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, n. September 2017, p. 105–125, 2018.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99–105, jan./abr. 1990.
- CHEN, J. *et al.* **Differential responses of carbon-degrading enzyme activities to warming: Implications for soil respiration.** [s.l: s.n.]. v. 24, 2018.
- CHEN, J.; CHEN, D.; XU, Q.; FUHRMANN, J. J.; LI, L.; PAN, G.; LI, Y.; QIN, H.; LIANG, C.; SUN, X. Organic carbon quality, composition of main microbial groups, enzyme activities, and temperature sensitivity of soil respiration of an acid paddy soil treated with biochar. **Biology and Fertility of Soils**, v. 55, n. 2, p. 185–197, 2019.
- CHOUDHARY, M.; MEENA, V. S.; PANDAY, S. C.; MONDAL, T.; YADAV, R. P.; MISHRA, P. K.; BISHT, J. K.; PATTANAYAK, A. Long-term effects of organic manure and inorganic fertilization on biological soil quality indicators of soybean-wheat rotation in the Indian mid-Himalaya. **Applied Soil Ecology**, v. 157, n. January 2020, p. 103754, 2021.
- COELHO, M. E. H.; FREITAS, F. C. L.; CUNHA, J. L. X. L.; SILVA, K. S.; GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, J. B. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 369–378, 2013.
- COSTEIROS, EMBRAPA TABULEIROS; SANTIAGO, A. D.; COSTEIROS, EMBRAPA TABULEIROS; LARGO, R.; PLANTAS, D.; COSTEIROS, EMBRAPA TABULEIRO. Desempenho e Recomendação de Cultivares de Soja BRS para a região dos Tabuleiros Costeiros do Sealba. n. Figura 1, p. 1–18, 2017.
- DELELEGN, Y. T.; PURAHONG, W.; BLAZEVIC, A.; YITAFERU, B.; WUBET, T.; GÖRANSSON, H.; GODBOLD, D. L. Changes in land use alter soil quality and aggregate stability in the highlands of northern Ethiopia. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–12, 2017.
- ERIKSSON, K.-E.; WOOD, T. M. Biodegradation of Cellulose. **Biosynthesis and Biodegradation of Wood Components**, n. 1985, p. 469–503, 1985.
- FLORES-RENTERÍA, D.; SÁNCHEZ-GALLÉN, I.; MORALES-ROJAS, D.; LARSEN, J.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, J. Changes in the Abundance and Composition of a Microbial Community Associated with Land Use Change in a Mexican Tropical Rain Forest. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, n. 3, p. 1144–1155, 2020.
- GHOSH, B. N.; MEENA, V. S.; ALAM, N. M.; DOGRA, P.; BHATTACHARYYA, R.; SHARMA, N. K.; MISHRA, P. K. Impact of conservation practices on soil aggregation and the carbon management index after seven years of maize-wheat cropping system in the Indian Himalayas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 216, p. 247–257, 2016.

HARTMAN, K.; HEIJDEN, M. G. A. VAN DER; WITTWER, R. A.; BANERJEE, S.; WALSER, J. C.; SCHLAEPPI, K. Cropping practices manipulate abundance patterns of root and soil microbiome members paving the way to smart farming. **Microbiome**, v. 6, n. 1, p. 1–14, 2018.

HARTMANN, M.; FREY, B.; MAYER, J.; MÄDER, P.; WIDMER, F. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. **ISME Journal**, v. 9, n. 5, p. 1177–1194, 2015.

JANGID, K.; WILLIAMS, M. A.; FRANZLUEBBERS, A. J.; SCHMIDT, T. M.; COLEMAN, D. C.; WHITMAN, W. B. Land-use history has a stronger impact on soil microbial community composition than aboveground vegetation and soil properties. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 10, p. 2184–2193, 2011.

JENKINSON, D.S. & POWLSON, D.S. (1976) - The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, vol. 8, n. 3, p. 209–213. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(76\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0038-0717(76)90005-5).

JUHOS, K.; CZIGÁNY, S.; MADARÁSZ, B.; LADÁNYI, M. Interpretation of soil quality indicators for land suitability assessment – A multivariate approach for Central European arable soils. **Ecological Indicators**, v. 99, n. November 2018, p. 261–272, 2019.

KAISER, C.; FRANK, A.; WILD, B.; KORANDA, M.; RICHTER, A. Negligible contribution from roots to soil-borne phospholipid fatty acid fungal biomarkers 18:2 ω 6,9 and 18:1 ω 9. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 9, p. 1650–1652, 2010.

KANG, H.; GAO, H.; YU, W.; YI, Y.; WANG, Y.; NING, M. Changes in soil microbial community structure and function after afforestation depend on species and age: Case study in a subtropical alluvial island. **Science of the Total Environment**, v. 625, p. 1423–1432, 2018.

LAL, B.; GAUTAM, P.; NAYAK, A. K.; PANDA, B. B.; BIHARI, P.; TRIPATHI, R.; SHAHID, M.; GURU, P. K.; CHATTERJEE, D.; KUMAR, U.; MEENA, B. P. Energy and carbon budgeting of tillage for environmentally clean and resilient soil health of rice-maize cropping system. **Journal of Cleaner Production**, v. 226, p. 815–830, 2019.

LAROCA, J. V. DOS S.; SOUZA, J. M. A. DE; PIRES, G. C.; PIRES, G. J. C.; PACHECO, L. P.; SILVA, F. D. DA; WRUCK, F. J.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, L. S.; SOUZA, E. D. DE. Soil quality and soybean productivity in crop-livestock integrated system in no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1248–1258, 2018.

LI, Y.; NIE, C.; LIU, Y.; DU, W.; HE, P. Soil microbial community composition closely associates with specific enzyme activities and soil carbon chemistry in a long-term nitrogen fertilized grassland. **Science of the Total Environment**, v. 654, p. 264–274, 2019.

LIANG, G.; WU, H.; HOUSSOU, A. A.; CAI, D.; WU, X.; GAO, L.; WANG, B.; LI, S. Soil respiration, glomalin content, and enzymatic activity response to straw application in a wheat-maize rotation system. **Journal of Soils and Sediments**, v. 18, n. 3, p. 697–707, 2018.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. DA; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 36, n. 1, p. 45–55, 2012.

LOPES, L. D.; FERNANDES, M. F. Changes in microbial community structure and physiological profile in a kaolinitic tropical soil under different conservation agricultural practices. **Applied Soil Ecology**, v. 152, n. February, p. 103545, 2020.

LOPES, L. D.; FONTES JUNIOR, R. C.; PACHECO, E. P.; FERNANDES, M. F. Shifts in microbial and physicochemical parameters associated with increasing soil quality in a tropical Ultisol under high seasonal variation. **Soil and Tillage Research**, v. 206, n. September 2020, p. 104819, 2021.

LUJÁN SOTO, R.; CUÉLLAR PADILLA, M.; VENTE, J. DE. Participatory selection of soil quality indicators for monitoring the impacts of regenerative agriculture on ecosystem services. **Ecosystem Services**, v. 45, n. July, p. 101157, 2020.

MARISCAL-SANCHO, I.; BALL, B.; MCKENZIE, B. Influence of Tillage practices, organic manures and extrinsic factors on β -glucosidase activity: The final step of cellulose hydrolysis. **Soil Systems**, v. 2, n. 2, p. 1–13, 2018.

MANTEL, NATHAN. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer research**, v. 27, n. 2 Part 1, p. 209-220, 1967.

MCCUNE B, GRACE JB (2002) **Analysis of ecological communities**. MjM Software Design, Gleneden Beach, OR.

MCCUNE B, MEFFORD MJ (1999) PC-ORD **Multivariate analysis of ecological data**, 40th edn. MjM Software Design, Gleneden Beach, OR, USA.

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**, v. 27, n. 3, p. 435–443, 2003.

MIELKE, PAUL W., AND KENNETH J. BERRY. *Permutation methods: a distance function approach*. **Springer Science & Business Media**, 2007.

MOITINHO, M. R.; FERNANDES, C.; TRUBER, P. V.; MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; SILVA BICALHO, E. DA. Arbuscular mycorrhizal fungi and soil aggregation in a no-tillage system with crop rotation. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 183, n. 4, p. 482–491, 2020.

MORAES REGO, C. A. R. DE; OLIVEIRA, P. S. R. DE; PIANO, J. T.; ROSSET, J. S.; EGEWARTH, J. F.; MATTEI, E.; SAMPAIO, M. C.; LÓPEZ DE HERRERA, J. Organic Matter Fractions and Carbon Management Index in Oxisol Under Integrated Agricultural Production Systems. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 3, p. 237, 2020.

NAZIH, N.; FINLAY-MOORE, O.; HARTEL, P. G.; FUHRMANN, J. J. Whole soil fatty acid methyl ester (FAME) profiles of early soybean rhizosphere as affected by temperature and matric water potential. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 4–5, p. 693–696, 2001.

NOURI, A.; LEE, J.; YIN, X.; TYLER, D. D.; SAXTON, A. M. Thirty-four years of no-tillage and cover crops improve soil quality and increase cotton yield in Alfisols, Southeastern USA. **Geoderma**, v. 337, n. May 2018, p. 998–1008, 2019.

- PAZ-FERREIRO, J.; FU, S. Biological Indices for Soil Quality Evaluation: Perspectives and Limitations. **Land Degradation and Development**, v. 27, n. 1, p. 14–25, 2016.
- PEDRINHO, A.; MENDES, L. W.; MERLOTI, L. F.; CASSIA DA FONSECA, M. DE; SOUZA CANNAVAN, F. DE; TSAI, S. M. Forest-to-pasture conversion and recovery based on assessment of microbial communities in Eastern Amazon rainforest. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 95, n. 3, 2019.
- REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil and Tillage Research**, v. 43, n. 1–2, p. 131–167, 1997.
- RENGEL, Z.; MARSCHNER, P. Nutrient availability and management in the rhizosphere: Exploiting genotypic differences. **New Phytologist**, v. 168, n. 2, p. 305–312, 2005.
- ROESCH-MCNALLY, G. E.; ARBUCKLE, J. G.; TYNDALL, J. C. Barriers to implementing climate resilient agricultural strategies: The case of crop diversification in the U.S. Corn Belt. **Global Environmental Change**, v. 48, n. May 2017, p. 206–215, 2018.
- ROSOLEM, C. A.; MERLIN, A.; BULL, J. C. L. Soil phosphorus dynamics as affected by Congo grass and P fertilizer. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 4, p. 309–315, 2014.
- SANT-ANNA, S. A. C. DE; JANTALIA, C. P.; SÁ, J. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Changes in soil organic carbon during 22 years of pastures, cropping or integrated crop/livestock systems in the Brazilian Cerrado. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, n. 1, p. 101–120, 2017.
- SARTO, M. V. M.; BORGES, W. L. B.; BASSEGIO, D.; PIRES, C. A. B.; RICE, C. W.; ROSOLEM, C. A. Soil microbial community, enzyme activity, C and N stocks and soil aggregation as affected by land use and soil depth in a tropical climate region of Brazil. **Archives of Microbiology**, v. 202, n. 10, p. 2809–2824, 2020a.
- SARTO, M. V. M.; BORGES, W. L. B.; SARTO, J. R. W.; PIRES, C. A. B.; RICE, C. W.; ROSOLEM, C. A. Soil microbial community and activity in a tropical integrated crop-livestock system. **Applied Soil Ecology**, v. 145, n. May 2019, p. 103350, 2020b.
- SAURABH, K. *et al.* Soil & Tillage Research Influence of tillage based crop establishment and residue management practices on soil quality indices and yield sustainability in rice-wheat cropping system of Eastern Indo-Gangetic Plains. **Soil & Tillage Research**, v. 206, n. October 2020, p. 104841, 2021.
- SCHAEFFER, S. M.; HOMYAK, P. M.; BOOT, C. M.; ROUX-MICHOLLET, D.; SCHIMEL, J. P. Soil carbon and nitrogen dynamics throughout the summer drought in a California annual grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 115, p. 54–62, 2017.
- SCHIMEL, J.; BALSER, T.; WALLENSTEIN, M. Microbial Stress-Response Physiology and Its Implications. **Ecology**, v. 88, n. 6, p. 1386–1394, 2007.
- SCHLOTTER, M.; NANNIPIERI, P.; SØRENSEN, S. J.; ELSAS, J. D. VAN. Microbial indicators for soil quality. **Biology and Fertility of Soils**, v. 54, n. 1, 2018.
- SCHUTTER, M. E.; DICK, R. P. Comparison of Fatty Acid Methyl Ester (FAME) Methods for Characterizing Microbial Communities. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64,

n. 5, p. 1659–1668, 2000.

SHEN, Y.; MCLAUGHLIN, N.; ZHANG, X.; XU, M.; LIANG, A. Effect of tillage and crop residue on soil temperature following planting for a Black soil in Northeast China. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1–9, 2018.

SILVA, I. F. & MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:313-319, 1997.

SINGH, G.; BHATTACHARYYA, R.; DAS, T. K.; SHARMA, A. R.; GHOSH, A.; DAS, S. Soil & Tillage Research Crop rotation and residue management effects on soil enzyme activities, glomalin and aggregate stability under zero tillage in the Indo-Gangetic Plains. **Soil & Tillage Research**, v. 184, n. July, p. 291–300, 2018.

SINSABAUGH, R. L.; ANTIBUS, R. K.; LINKINS, A. E.; MCCLAUGHERTY, C. A.; RAYBURN, L.; REPERT, D.; WEILAND, T. Wood Decomposition: Nitrogen and Phosphorus Dynamics in Relation to Extracellular Enzyme Activity. **Ecology**, v. 74, n. 5, p. 1586–1593, 1993.

SOKAL RR (1979) Testing statistical significance of geographic variation patterns. **System Zool** 28:627–632.

SOUSA, H. M.; CORREA, A. R.; SILVA, B. D. M.; OLIVEIRA, S. D. S.; CAMPOS, D. T. D. S.; WRUCK, F. J. Dynamics of soil microbiological attributes in integrated crop-livestock systems in the cerrado-amazonônia ecotone. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 1, p. 9–20, 2020.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: Weaver, R.W.; Angle, S.; Bottomley, P.S.; Bezdicsek, D.; Smith, S.; Tabatabai, A.; Wollum, A. (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2: Microbiological and Biochemical Properties*. Inc. Madison: **Soil Science Society of America**. 1994. p. 778-833.

THIND, S. S. H. S. Soil enzyme activities with biomass ashes and phosphorus fertilization to rice – wheat cropping system in the Indo- Gangetic plains of India. p. 391–400, 2015.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.333-339, 1996.

UHLÍŘOVÁ, E.; ELHOTTOVÁ, D.; TRÍSKA, J.; ŠANTRŮČKOVÁ, H. Physiology and microbial community structure in soil at extreme water content. **Folia Microbiologica**, v. 50, n. 2, p. 161–166, 2005.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. E JENKINSON, D. S. (1987) – An extraction method for measuring microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, vol. 19, n. 6, p. 703-707. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6).

WALKLEY, ALDOUS; BLACK, I. Armstrong. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, v. 37, n. 1, p. 29-38, 1934.

WANG, P.; WANG, Y.; WU, Q. S. Effects of soil tillage and planting grass on arbuscular mycorrhizal fungal propagules and soil properties in citrus orchards in southeast China. **Soil and Tillage Research**, v. 155, p. 54–61, 2016.

WILLERS, C.; JANSEN VAN RENSBURG, P. J.; CLAASSENS, S. Microbial signature lipid biomarker analysis - an approach that is still preferred, even amid various method modifications. **Journal of Applied Microbiology**, v. 118, n. 6, p. 1251–1263, 2015.

XIA, X.; ZHANG, P.; HE, L.; GAO, X.; LI, W.; ZHOU, Y.; LI, Z.; LI, H.; YANG, L. Effects of tillage managements and maize straw returning on soil microbiome using 16S rDNA sequencing. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 61, n. 6, p. 765–777, 2019.

ZANINETTI, R. A.; MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Amarelo na conversão de floresta primária para seringais na Amazônia. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1061–1068, 2016.

ZELLES, L. Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterisation of microbial communities in soil: A review. **Biology and Fertility of Soils**, v. 29, n. 2, p. 111–129, 1999.

ZHANG, B.; LI, Y.; REN, T.; TIAN, Z.; WANG, G.; HE, X.; TIAN, C. Short-term effect of tillage and crop rotation on microbial community structure and enzyme activities of a clay loam soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 50, n. 7, 2014.

.

Tabela 2- Histórico dos sistemas de produções de grãos do experimento instalado na fazenda Experimental “Jorge Sobral” do ano de 2017 e 2020.

Ano/Sistemas de Produções	MM	M+Ud	M+Ud/S	M+Ud/Ud/Ud	M+Ur/Ur/Ur
2017	M	M+Ud	M+Ud	M+Ud	M+Ur
2018	M	M+Ud	S	Ud	Ur
2019	M	M+Ud	M+Ud	Ud	Ur
2020	M	M+Ud	S	Ud	Ur

M (Maize), M+Ud (Maize in consortium with *Urochloa decumbens*), S (Soybean), Ud (*Urochloa decumbens*) and Ur (*Urochloa ruziziensis*).

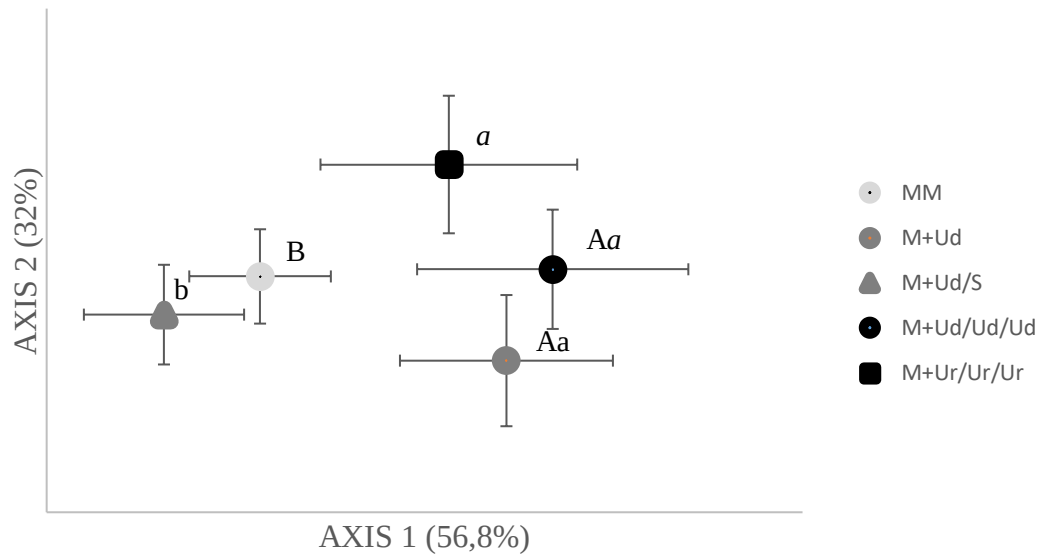


Figura 1- Gráfico NMDS do Biomassa e atividade microbiana (BAM) em amostras de solo sob diferentes sistemas de manejo do solo, Milho em Monocultivo (MM), Milho em consórcio com *Urochloa decumbens* (M+Ud), Milho em consórcio com *Urochloa decumbens*/Soja (M/Ud/S), Pasto com *Urochloa decumbens* (M+Ud/Ud/Ud) e Pasto *Urochloa ruziziensis* (M+Ur/Ur/Ur). Letras maiúsculas comparam o efeito da permanência contínua da *Urochloa decumbens* no Biomassa e atividade microbiana (BAM), letras minúsculas avaliam se a inserção da cultura da soja provocou mudanças nos BAM e letras minúsculas em itálico comparam se as espécies de *Urochloa* diferem na BAM pelos Procedimentos de Permutação Multirresposta (MRPP) ($p < 0,01$). Barras horizontais e verticais indicam ± 1 S.D. a partir de centroides das médias dos tratamentos ao longo dos eixos 1 e 2, respectivamente.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson (r) dos componentes da BAM aos eixos 1 e 2.

	AXIS 1	AXIS 2
RESP	0,44*	0,79**
CBM	-0,73**	0,61**
β -GLI	0,96**	-0,09
ARILS	0,55**	0,45*
FDA	0,19 ^{ns}	0,43*
FA	-0,05 ^{ns}	0,61**

RESP (Respiração Basal do Solo), CBM (Carbono da Biomassa Microbiano), β -GLI (Beta Glicosidase), ARILS (Arilsulfatase), FDA (Hidrolase de Diacetato de Fluoresceína), FA (Fosfatase Ácida) (* $r > 0,41$ significativo a 5%, ** $r > 0,52$ significativo a 1%).

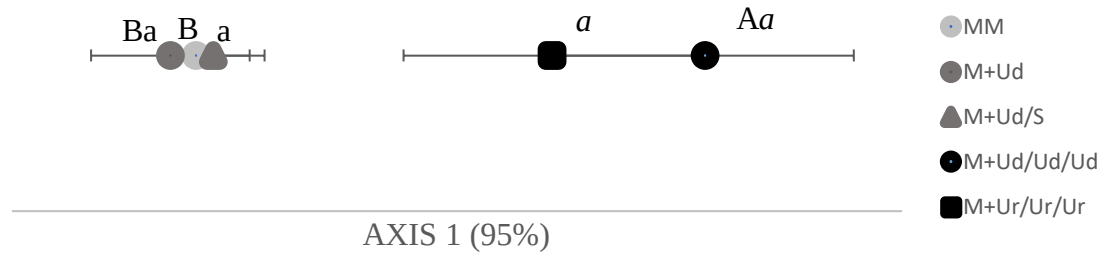


Figura 2- Gráfico de NMDS dos FAMES (com exceção do 19cy, que foi retirado para melhor representação gráfica dos dados) em amostras de solo sob diferentes sistemas de manejo do solo, Milho em Monocultivo (MM), Milho em consórcio com *Urochloa decumbens* (M+Ud), Milho em consórcio com *Urochloa decumbens*/Soja (M/Ud/S), Pasto com *Urochloa decumbens* (M+Ud/Ud/Ud) e Pasto com *Urochloa ruziziensis* (M+Ur/Ur/Ur). Letras maiúsculas comparam o efeito da permanência contínua da *Urochloa decumbens* na composição dos grupos de microrganismos no solo, letras minúsculas avaliam se a inserção da cultura da soja provocou mudanças dos GM e letras minúsculas em itálico comparam se as espécies de *Urochloa* diferem quanto a ECM pelos Procedimentos de Permutação Multirresposta (MRPP) ($p < 0,01$). Barras horizontais e verticais indicam ± 1 S.D. a partir de centroides ao longo do eixo 1.

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os biomarcadores de Grupos Microbianos e a razão de estresse (17cy / 16: 1ω7c), ao longo do eixo 1.

	AXIS 1
BGP	-0,92**
ACT	-0,79**
FMA	0,94**
BGN	0,54**
BGNcy	0,47*
FU	0,43*
17:cy/16:1ω7c	-0,76**

BGP (Bactérias Gram-Positivas), ACT (Actinomicetos), FMA (Fungos Micorrízicos Arbusculares), BGN (Bactérias Gram-Negativas) FUN (Fungos Saprófitos), 17:cy/16:1ω7c (marcado stress microbiano) (* r> 0,41 significativo a 5% ,** r> 0,52 significativo a 1%).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação de sistemas de produção de grãos que causem menos prejuízos à qualidade do solo é de fundamental importância frente a expansão agrícola que a região dos Tabuleiros Costeiros está vivenciando. Neste sentido, este trabalho contribui ao demonstrar que o uso de *Urochloa*, bem como o seu maior tempo de permanência contínua nos sistemas, proporciona melhorias no funcionamento e na estrutura da comunidade microbiana.

Associado a isso, também houve uma contribuição para uma melhor compreensão de como os grupos microbianos respondem aos diferentes usos do solo. O emprego do ensaio da hidrólise de diacetato de fluoresceína como indicador de qualidade do solo na região dos Tabuleiros Costeiros é promissor, mas estudos adicionais são necessários para certificar a sua utilidade.