



**BIOMASSA MICROBIANA E ATIVIDADE ENZIMÁTICA NA RIZOSFERA DE
GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum* Schum.) SOB MANEJO
DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO**

EUZANYR GOMES DA SILVA

**GARANHUNS
JULHO/2019**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

BIOMASSA MICROBIANA E ATIVIDADE ENZIMÁTICA NA RIZOSFERA DE
GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum* Schum.) SOB MANEJO
DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em PRODUÇÃO AGRÍCOLA da Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em PRODUÇÃO AGRÍCOLA.

Área de Concentração: Sistemas Agrícolas

EUZANYR GOMES DA SILVA

Orientador: Dra. Keila Aparecida Moreira

Co-orientador:

Dr. João Tiago Correia Oliveira

Dr. Márcio Vieira da Cunha

GARANHUNS

JULHO/2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

S586b Silva, Euzanyr Gomes da
Biomassa microbiana e atividade enzimática na rizosfera de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob manejo de irrigação na região do semiárido de Pernambuco / Euzanyr Gomes da Silva. - 2019.
49 f. : il.

Orientadora: Keila Aparecida Moreira.
Coorientador: João Tiago Correia Oliveira.
Coorientador: Márcio Vieira da Cunha.
Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós - Graduação em Produção Agrícola, Garanhuns, BR - PE, 2019.
Inclui referências.

1. Solos - Manejo 2. Solo e clima 3. Biomassa 4. Capim-elefante 5. Regiões áridas 6. Produção Agrícola I. Moreira, Keila Aparecida, orient. II. Oliveira, João Tiago Correia, coorient. III. Cunha, Márcio Vieira da, coorient. IV. Título

CDD 631.4

**BIOMASSA MICROBIANA E ATIVIDADE ENZIMÁTICA NA RIZOSFERA DE
GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*, Schum.) SOB MANEJO
DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO**

EUZANYR GOMES DA SILVA

Data da defesa: 26/07/2019

COMISSÃO EXAMINADORA

MEMBROS TITULARES

Dra. Keila Aparecida Moreira – (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE/ UAG)

Dra. Maria Camila de Barros Silva Leite – Examinador Externo
Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE/ UAG)

Dr. Carlos Alberto Fragoso de Souza – Examinador Externo
Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE/ UAG/PNPD)

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar...”

(Chico Xavier)

Agradecimentos

Sem dúvida essa parte é mais difícil da dissertação, passei horas e horas na frente do computador e a única coisa que conseguia era chorar, talvez porque a vida não se coloca em análise de regressão e não é pelo valor o que descobrimos a significância das pessoas na nossa trajetória.

Primeiramente quero agradecer a Deus e São Francisco de Assis que nunca me desamparam, e que me deram forças nas horas de desânimos, que me guiaram pelo melhor caminho e que me deram capacidade de concretizar este trabalho. Obrigada por tudo!

Aos maiores mercedores da minha gratidão, minha mãe Maria do Socorro, meu irmão Armindo Mourão, minha irmã Regina Mourão e meus sobrinhos que sempre me motivaram e entenderam a minha ausência, além de me mostrar o quanto era importante buscar pelos nossos sonhos, dedico incondicionalmente meus agradecimentos.

A minha vizinha Dona Dalva Vasconcellos, que foi como uma mãe para mim, sempre esteve presente e disposta a me ajudar e pela constante torcida para que eu alcance meus objetivos. Obrigada pela confiança em mim depositada.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Garanhuns, e a Pós Graduação em Produção Agrícola pelo acolhimento durante esses dois anos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Pernambuco – FACEPE, financiadora do Projeto de Pesquisa (IBPG – 0083-5.01/17).

A minha orientadora Profa. Dra. Keila Moreira, pelo conhecimento e esclarecimentos intelectuais, pela confiança em mim, pela paciência, dedicação e compreensão das minhas dificuldades e por me aceitar como sua orientanda. Muito obrigada por tudo e tenha certeza de que a senhora foi essencial para esta conquista na minha vida. Por ti tenho um imenso carinho e gratidão, que Deus continue abençoando você e sua família.

Aos meus co-orientadores Prof. Dr. Márcio Vieira por ter cedido área experimental de capim-elefante para realização desta pesquisa e Prof. Dr. João Tiago por ter me dado à oportunidade de trabalharmos juntos e por toda paciência que sempre teve.

Meus amigos Kaian Moreira e Rian Ribeiro que foram o melhor presente que a graduação me deu, mesmo longe nunca deixaram de se preocupar comigo e sempre disposto a me ajudar. Obrigada por tudo, amo vocês.

Carol Max e Klenna Lívia não têm palavras para agradecer vocês duas, foram essenciais no início dessa caminhada, sendo o meu alicerce e souberam lidar com esse meu jeito leonina de ser e fizeram entender o valor de uma amizade. Sentirei saudades e torço muito por vocês. Sucesso minhas manas e não poderia deixar de falar que formamos um belo trio.

Emília Brito e Wellington Leal, meus irmãos que a vida me deu, obrigada por serem responsáveis por colorir os meus dias e por dividirem comigo tanto carinho e alegrias.

Emília nesses últimos meses foi à pessoa que mais convivi, não bastou no laboratório e na academia, a vida se carregou para morarmos juntas por alguns meses, que foram de grande aprendizado. Ela fria e realista enquanto eu lindamente sentimental, ela calada e eu escandalosa, e por conta da personalidade opostas tivemos algumas desavenças que foram essenciais para o amadurecimento e fortalecimento dessa amizade. Só tenho que agradecer pela sua amizade e sempre estarei na torcida pelo seu crescimento profissional.

O Wellington, meu irmão gêmeo, um amigo que tive a honra de conhecer sua espiritualidade e ver a sua luz, um menino aparentemente frágil que mal ele sabia a força que tem e ver você vencendo todos os dias para mim é muito gratificante, tu és um exemplo a ser seguido pela sua garra e determinação. Admiro-te demais, por todas as suas conquistas e também pela sua perseverança diante das dificuldades. Obrigada pela sua amizade.

Iris Carolina e sua família por ter me acolhido, foi construída uma amizade que levarei para minha vida toda, uma amiga que sempre pude contar e compartilhou comigo melhores momentos que tive nesta cidade.

Aos amigos da Pós Graduação em Produção Agrícola Elaine Cristina, Alan França, Diego Andrade, Jefferson Lopes, Rafaela Lucena, Jaciele Bezerra, Ronielton, Carol Max, Klenna Lívia, Thayná Lima e José Gomes pela boa convivência, ajuda, aprendizado e companheirismo.

Aos amigos que fiz no laboratório de Biotecnologia Aline Julião, Edson Flávio, Emília Brito, Well Leal, Gleidson Costa, Jeyvson Queiroz, Alane Barbosa (minha bebezinha), obrigada pela amizade e ajuda no laboratório.

Aos meus amigos Geiza Oliveira, Diogo Paes, Fabiano, Jennifer Araújo e Thayná Torres pela amizade, conselhos e por torcerem por pelo meu sucesso.

Aos doutores Maria Camila e Carlos Fragoso, por fazerem parte da banca examinadora e por todas as contribuições dadas.

A Cidade das Flores, Garanhuns, que durante todos esses anos me proporcionou momentos de grande aprendizado e oportunidade de conhecer pessoas maravilhosas que foram fundamentais durante esta jornada.

A Churrascaria da Paz que foi o meu refúgio nesta cidade, onde eu tenho melhores lembranças e agradeço também o seu Toi sempre atencioso e paciente comigo.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para o êxito desta pesquisa.

RESUMO GERAL

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma das gramíneas mais difundidas e importantes no Brasil, sendo utilizada de diversas formas na alimentação animal, por possuir boa digestibilidade, além de apresentar alto potencial energético, principalmente, devido à elevada produção de biomassa. Possui boa adaptabilidade ao clima semiárido, embora apresente variação na produção ao longo dos anos. A prática de irrigação fornece estabilidade no rendimento da cultura, além de proporcionar melhores condições para atividade microbiana do solo. Os microrganismos do solo refletem como indicadores de qualidade, estando associados a diversos processos biogeoquímicos, além de apresentar sensibilidade às mudanças ambientais. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações em atributos biológicos da qualidade do solo no semiárido brasileiro, em razão da influência do manejo de irrigação em diferentes genótipos de *Pennisetum purpureum* e variações sazonais. O estudo foi realizado na fazenda experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no município de Garanhuns-PE. A área foi disposta em delineamento em blocos ao acaso, com esquema fatorial, os tratamentos consistiram na combinação de duas cultivares de capim-elefante (Elefante B e Mott), dois regimes de irrigação (com e sem irrigação) e dois períodos climáticos (seco e chuvoso), com três repetições. Foram realizadas duas coletas, nos meses de julho e dezembro de 2017, correspondendo ao período chuvoso e seco, respectivamente. Amostras de solo rizosférico foram coletadas à profundidade de 0-10 cm e posterior avaliação dos principais indicadores biológicos, como o carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS), o quociente metabólico (relação respiração/biomassa), e a atividade enzimática no solo. O carbono da biomassa microbiana e respiração basal tiveram maiores valores no genótipo Mott. O manejo de irrigação apresentou menores RBS no período chuvoso e no CBM foi significativo somente no genótipo Elefante B em ambas as épocas avaliadas. O quociente metabólico não diferiu entre os tratamentos. Com o uso de irrigação apresentou maiores atividades enzimáticas em ambas as épocas avaliadas, exceto para as atividades da urease e a FDA no período chuvoso. O genótipo Mott apresentou maiores atividades enzimáticas do solo, exceto na β -glucosidade e fosfatase ácida no período chuvoso. De acordo com os resultados obtidos, nos solos examinados o aumento do teor de água no solo, pelo manejo de irrigação por gotejamento no período seco, pode melhorar o potencial de ciclagem dos nutrientes auxiliando na manutenção da fertilidade biológica e química dos solos em agroecossistemas semiáridos. Genótipo Mott possui melhores atributos biológicos da qualidade do solo, disponibilizando melhores atividades microbianas independentemente das épocas avaliadas e de diferentes manejos de irrigação. A sazonalidade pode alterar a comunidade microbiana do solo, considerando a estrutura e funcionalidade. É de fundamental importância que trabalhos como este continuem sendo desenvolvidos, para entender se essas comunidades conseguem se adaptar a essas mudanças ambientais e se a partir dessa mudança as atividades enzimáticas se manterão no solo.

Palavras-chave: atividade microbiana; indicadores de qualidade; sazonalidade;

ABSTRACT

Elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum.) is one of the most widespread and important grasses in Brazil. It is used in various ways in animal feed because it has good digestibility and has high energy potential, mainly due to high biomass production. It has good adaptability to the semiarid climate, although it varies in production over the years. Irrigation provides stability in crop yield and provides better conditions for soil microbial activity. Soil microorganisms reflect as quality indicators, being associated with several biogeochemical processes, besides being sensitive to environmental changes. The present work aimed to evaluate the changes in biological attributes indicating soil quality in the Brazilian semiarid, due to the influence of irrigation management on different *Pennisetum purpureum* genotypes and seasonal variations. The study was carried out at the experimental farm of the University Federal Rural of Pernambuco, in Garanhuns-PE. The area was arranged in a randomized block design with factorial scheme. The treatments consisted of a combination of two elephant grass cultivars (Elephant B and Mott), two irrigation regimes (with and without irrigation) and two climatic periods (dry season and rainy), with three repetitions. Two collections were carried out in July and December 2017, corresponding to the rainy and dry season, respectively. Rhizospheric soil samples were collected at a depth of 0-10 cm. Key biological indicators such as microbial biomass carbon (CBM), soil basal respiration (RBS), metabolic quotient (respiration / biomass ratio), and soil enzymatic activity were evaluated. Microbial biomass carbon and basal respiration had higher values in the genotype Mott. Irrigation management presented lower RBS in the rainy season and CBM was significant only in the genotype Elephant B in both evaluated seasons. The metabolic quotient did not differ between treatments. The use of irrigation presented higher enzymatic activities in both evaluated periods, except for urease activity and FDA in the rainy season. The genotype Mott showed higher soil enzymatic activities, except for β -glucosidase and acid phosphatase in the rainy season. According to the results obtained, in the soils examined, the increase of soil water content by drip irrigation management in the dry period can improve the nutrient cycling potential, helping to maintain the biological and chemical fertility of soils in semiarid agroecosystems. Genotype Mott has better biological attributes in soil quality, providing better microbial activities regardless of the evaluated seasons and different irrigation managements. Seasonality may alter soil microbial community, considering structure and functionality. It is of fundamental importance that works like this continue to be developed, to understand if these communities can adapt to these environmental changes and if from this change the enzymatic activities will be kept in the soil.

Key-words: quality Indicators; microbial activity; soil moisture; seasonality;

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 – Mapa da nova delimitação do semiárido brasileiro.....	15

Capítulo 1

Figura 1 – Temperatura e precipitação no Município de Garanhuns-PE registrada no período de 2017.....	28
--	----

Lista de Tabelas

Capítulo 1	Pág.
Tabela 1 – Análise química do solo da área experimental, coletadas na profundidade de 0-20 cm.....	27
Tabela 2 – Análise biológica do solo sob o cultivo de <i>Pennisetum purpureum</i> , genótipos Elefante B e Mott, com e sem sistemas de irrigação, em diferentes períodos do ano, chuvoso (julho/2017) e seco (dezembro/2017).....	30
Tabela 3 – Atividade enzimática de solo o cultivo de <i>Pennisetum purpureum</i> , genótipos Elefante B e Mott, cultivados sob diferentes sistemas de irrigação, no período chuvoso (julho/2017) e seco (dezembro/2017).....	31

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÕES TEÓRICAS.....	15
2.1 Semiárido brasileiro	15
2.2 A cultura do capim-elefante.....	16
2.3 Indicadores biológicos da qualidade do solo	19
2.3.1 Carbono da biomassa microbiana (CBM).....	20
2.3.2 Respiração basal.....	21
2.3.3 Quociente metabólico (qCO ₂)	21
2.3.4 Atividades enzimáticas do solo	21
3 Efeito da umidade sob a biomassa microbiana e atividade enzimática do solo em diferentes genótipos de capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum) no semiárido do Brasil.....	24
Resumo.....	24
1 Introdução.....	25
2 Material e Métodos	26
2.1 Área de estudo e amostragem do solo	26
2.2 Carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente metabólico.....	28
2.3 Atividades enzimáticas do solo rizosférico.....	28
2.4 Análise estatística	29
3 Resultados	29
3.1 Carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente metabólico.....	29
3.2 Atividades enzimáticas do solo	30
4 Discussão.....	32
4.1 Carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente metabólico	32
4.2 Atividades enzimáticas do solo.....	34
5 Conclusões.....	36
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS	37
REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro abrange 18,27% do território nacional, possuindo uma área de 1.600.000 km², dos quais 980.000 km² pertencem ao semiárido nordestino (IBGE, 2017). Esta região é caracterizada pela grande variabilidade temporal e espacial da precipitação, com baixos níveis pluviométricos, em média 800 mm ano⁻¹, concentrados em uma única estação chuvosa, com elevadas temperaturas (média de 28° C), intensa radiação solar, média de 2800 h ano⁻¹, e solos rasos com baixa capacidade de retenção de umidade (CUNHA et al., 2015).

O clima representa fator de destaque do semiárido, principalmente devido a ocorrência das secas prolongadas, a falta de chuvas por longos períodos compromete o sucesso da atividade agrícola e pecuária, além disso, a região está suscetível a impactos ambientais, que vão desde a perda da biodiversidade até o processo de desertificação (SILVA et al., 2016). Assim, é necessário o uso de estratégias de manejo, sobretudo referente ao uso de espécies resistentes ao déficit hídrico e altas temperatura, como também a utilização de irrigação para complementar a demanda da cultura na época de estiagem (PINHEIRO et al., 2014).

Com essas variações climáticas o sistema de produção de forragem se torna uma alternativa viável e eficiente, por apresentar capacidade de produção em período de estiagem, além disso, é considerada como uma importante fonte de alimento, utilizada nos sistemas de produção de ruminantes (VIANA et al., 2018), sendo que a pecuária é uma das principais fontes de renda da região semiárida (SILVA et al., 2018).

Dentre as opções na produção de alimentos para animais no período de estiagem o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) tem sido adotado por muitos produtores, por ser uma gramínea que apresenta diferentes adaptações ambientais, elevado valor nutricional, além da aceitabilidade pelos animais (KANDEL et al., 2016) e ser utilizado na forma de capineiras, pastejo e na forma conservada, como feno e silagem (PEREIRA et al., 2008).

Apesar do capim-elefante apresentar boa adaptabilidade no semiárido nordestino, o sistema de produção de forragem se torna desuniforme ao longo do ano, com alta e baixa produção, diante disso, a prática de irrigação para suplementar a contribuição da precipitação natural, a fim de atender as necessidades hídricas da gramínea, promove melhor rendimento da cultura e, conseqüentemente, na atividade da microbiota do solo (BACK e DUFLOTH, 2014).

A atividade dos microrganismos no solo fornece funções importantes nos ecossistemas atuando como principais reguladores dos processos biogeoquímicos do solo, além disso, desempenha interação benéfica à planta como a fixação biológica de nitrogênio, crescimento de

raízes e teor de matéria orgânica no solo (SHTANGEEVA et al., 2019). A propriedade microbiota do solo a contribui para melhoria da qualidade do solo (ZHENG et al., 2019).

A qualidade do solo tem sido reconhecida como caráter indispensável para a sustentabilidade da agricultura, em razão da sua importância em ecossistemas naturais e agroecossistemas, uma vez que a qualidade destes recursos está diretamente relacionada ao seu potencial produtivo (DILLY et al., 2018). A qualidade do solo caracterizada pela capacidade de promover o crescimento de plantas e sustentar a produtividade da microbiota (ZHENG et al., 2019).

A qualidade do solo pode ser avaliada através das propriedades físicas, químicas e microbiológicas, dentre eles, os parâmetros microbiológicos do solo são muito sensíveis às mudanças ambientais e servem como indicadores de qualidade para áreas alteradas (DOMÍNGUEZ-HAYDAR et al., 2019). Os principais indicadores biológicos avaliados são a biomassa microbiana, que constitui a fração viva da matéria orgânica no solo, respiração basal do solo, que consiste na medição das funções metabólicas nas quais o dióxido de carbono (CO₂) é produzido e que pode indicar estresse ecológico e alto nível de produtividade do ecossistema, quociente metabólico é a relação respiração/biomassa e a atividade enzimática, consideradas “sensores” do estado microbiano e as condições físicas e químicas do solo (WESEMAEL et al., 2019).

As respostas das comunidades microbianas sob o efeito de estresse hídrico são bastante complexas, tendo em vista as mudanças no clima, esses grupos provavelmente poderão sofrer alterações na estrutura e função em relação aos impactos da alteração da umidade no solo (TAKETANI et al., 2015). Portanto, os microrganismos são de grande importância para a manutenção do equilíbrio biológico e nutricional dos solos, pois podem ser capazes de se adaptar em diferentes condições abióticas e bióticas. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar se em condições semiáridas a atividade da comunidade microbiana do solo seria afetada pelo efeito da irrigação e diferente genótipo de *Pennisetum purpureum*, a fim de selecionar genótipos que indique melhores atributos biológicos, além de verificar se a atividade microbiana apresenta modificações com o uso de irrigação e com a sazonalidade climática.

umidade do solo e, conseqüentemente, influenciando no desenvolvimento da vegetação. Esse conjunto de fatores ambientais leva às alterações das propriedades do solo, particularmente a atividade microbiana (MARTINS et al., 2018). De acordo com Chen et al. (2017) a presença de plantas afeta a composição da comunidade microbiana do solo e, está intimamente relacionado com os exsudatos das raízes e a matéria orgânica do solo que proporcionam o crescimento microbiano na rizosfera (BÖHME e BÖHME, 2006).

Nessa região as atividades agrícolas devem ser manejadas de maneira que o sistema de produção seja o mais sustentável possível, sendo essencial o uso de espécies adaptadas às condições climáticas (PINHEIRO et al., 2014). O manejo de irrigação é uma das alternativas para contornar problemas de escassez hídrica e promover o desenvolvimento agrícola, além contribuir com atividade microbiana do solo, mas deve ser planejada de forma a suplementar a contribuição da precipitação natural (BACK e DUFLOTH, 2014).

A resposta da comunidade microbiana sob a variação hídrica é bastante complexa, como o semiárido possui um período de seca prolongado, a primeira precipitação pode estimular grupos da comunidade do solo de modo a aumentar a decomposição do carbono orgânico e a taxa de dióxido de carbono (VARGAS et al., 2012). Em solos que a disponibilidade de água é baixa, as comunidades microbianas detêm de mecanismos adaptados a essas condições com uma diminuição em sua atividade (PLACELLA et al., 2012).

Os fatores climáticos influenciam na população microbiana presente no solo, contudo, as diversidades de plantas podem acarretar uma expressiva alteração tanto na atividade quanto na biomassa desse microrganismo (MOLINA-MONTENEGRO et al., 2016).

2.2 A cultura do capim-elefante

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) originário do continente Africano, mais especificamente da África Tropical (PEREIRA et al., 2017), foi introduzido no Brasil em meados dos anos 20, com estacas procedentes de Cuba, essa gramínea apresentou excelente adaptação ao clima brasileiro, tendo sido rapidamente disseminada por todo o País (MACHADO et al., 2017). É considerada como importante fonte de alimentação de rebanhos por apresentar elevado valor nutricional e palatabilidade (VIANA et al., 2018).

Com o tempo a classificação da gramínea capim-elefante passou por diversas alterações e estando atualmente inserida à classe Monocotyledonae, família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Paniceae, gênero *Pennisetum*, espécies *P. purpureum* (PEREIRA et al., 2008).

Pennisetum purpureum é caracterizada por apresentar espécies vigorosas, de porte variável, com ciclo vegetativo perene, crescimento cespitoso, colmos cilíndricos, folhas de comprimento e largura variáveis, e sistema radicular profundo (MENEZES et al., 2016; COLLAZZO et al., 2017). As inflorescências, embora apresentem aparência de espigas, são classificadas como panículas espiciformes (PEREIRA et al., 2008). Possui alta eficiência fotossintética, com mecanismo de fixação de gás carbônico denominado C₄ (MEGEGOL et al., 2014), responde bem às temperaturas relativamente altas (30-35° C) com tolerância à baixas temperaturas, em torno de 10° C, e a precipitação entre 800 a 4000 mm (VIANA et al., 2005).

De acordo com Sainju et al. (2017), o capim-elefante é uma planta que exige alta fertilidade do solo em decorrência de seu elevado potencial de produção de fitomassa. Ressalta também a exigência por topografia plana ou com pouca declividade, e solo bem drenado, haja vista que essa gramínea não tolera solos encharcados. As sementes de capim-elefante apresentam baixa germinação e vigor devido à depressão por endogamia, por esse motivo, é propagado vegetativamente, utilizando segmentos de colmos (PEREIRA et al., 2008).

Kandel et al. (2016) afirmam que a espécie apresenta grande número de cultivares que se diferenciam quanto a morfologia, ao ciclo vegetativo, a composição química e produtividade. Uma vez que essa espécie apresenta grande variação de caracteres morfológicos entre os diferentes ecótipos (MACHADO et al., 2017). Pereira (1993) agrupou essa variabilidade dentro do germoplasma de capim-elefante em cinco grupos distintos:

- **Grupo Cameroon:** representado pelas cultivares Cameroon Piracicaba, Vruckwona, Capim Cana D'África, IAC Campinas e Guaçú IZ-2. Os exemplares deste grupo apresentam touceiras densas, porte ereto, colmos grossos, predominância de perfilhos basais, folhas largas, florescimento tardio ou ausente;
- **Grupo Napier:** representado pelas cultivares Napier, Mineiro, Taiwan A-146, Gigante de Pinda e Turrialba. Esse grupo é caracterizado por apresentar touceiras abertas, colmos grossos, folhas largas e florescimento intermediário;
- **Grupo Merker:** caracterizado por apresentar cultivares de porte baixo, colmos finos, folhas finas, menores e mais numerosas e florescimento precoce. Entre suas cultivares estão Merker, Merker Comum, Merker Pinda, Merker México e Merkeron, Elefante B;
- **Grupo Anão:** a cultivar Mott é a principal representante desse grupo, apresentando porte baixo (até 1,5 m de altura), internódios curtos e elevada relação folha/caule;

- **Grupo dos Híbridos Interespecíficos:** corresponde as cultivares resultantes do cruzamento entre espécies de *Pennisetum*, como *P. purpureum* e *P. americanum* (L.) Leeke. Como características, as cultivares desse grupo apresentam florescimento precoce, esterilidade das sementes, como por exemplo, os cultivares Pusa Gigante Napier, Bana Grass, Mineiro x 23A, Mineiro x 293DA, HV 241, Hexaplóide e Paraíso;

A região Nordeste do Brasil apresenta condições naturais favoráveis à produção de forragem, porém a instabilidade climática, com índices pluviométricos irregulares, amplos períodos de seca e má distribuição das chuvas, característica das regiões áridas e semiáridas, influenciam na disponibilidade e qualidade da forragem (MAGALHÃES et al., 2018). No estado de Pernambuco o cultivo do capim-elefante nas áreas de maior limitação hídrica do Agreste é realizado predominantemente em baixadas, vazante ou sob irrigação (SANTOS et al., 2011).

Cunha et al. (2007) trataram bem a situação ao avaliar as características estruturais e morfológicas de cinco genótipos de capim-elefante (E 08 A.D., Venezuela, HV-241, Elefante B e Hexaplóide) sob pastejo no período de seca na Zona da Mata de Pernambuco, os resultados mostraram que há diferenças na estrutura e morfologia dos genótipos de *Pennisetum* sp. sob pastejo no período seco do ano, onde os genótipos CE 08 A. D. e Elefante B destacaram-se como promissores, porém, dando ênfase, que a produção da pastagem em todos os genótipos estudados foi comprometida pelo alongamento dos colmos e pelo acúmulo de material morto. Lima Junior et al. (2012) afirmaram que, embora o capim-elefante tolere curtos períodos de seca, sua produção deve ser reduzida ou nula quando prevalece o déficit hídrico, no entanto, capim-elefante apresenta capacidade de recuperação logo após o início das chuvas.

Santos et al. (2011) estudaram o comportamento de quatro genótipos de *Pennisetum* sp. (Australiano 903-77, Cameroon, Roxo de Botucatu e HV 241) submetidos a quatro níveis de estresse hídrico (0, 7, 14 e 21 dias sem irrigação), os autores observaram que os níveis de estresse estudados não levou nenhum dos quatro clones a morte, no entanto, ressaltaram os efeitos da deficiência hídrica neste experimento destacando a redução de números de perfilhos basais e desidratação após 21 dias sem irrigação, todavia, apesar das alterações observadas, os genótipos apresentaram recuperação ao final do estresse.

O uso da irrigação nas condições de semiárido é uma técnica imprescindível para reduzir a deficiência na produção de forragem no período de déficit hídrico, no entanto deve ser planejada de forma a suplementar a contribuição da precipitação natural (BACK e DUFLOTH, 2014). Além da utilização da irrigação, a fim de não restringir o seu potencial de produção, são necessários

outros insumos (MOCHEL FILHO et al., 2016), dentre esses, destaca-se o nitrogênio pelo efeito positivo na produtividade das gramíneas (ANTONIEL et al., 2016).

A redução na fertilidade dos solos no semiárido tem se agravado ao longo dos anos expondo essas regiões a um intenso processo de degradação dos solos pela disseminação de práticas agrícolas inadequadas (BIRTHAL et al., 2015). O uso e manejo inadequados do solo, além de contribuírem para emissão de gases do efeito estufa, ainda trazem problemas relacionados à sustentabilidade em razão da degradação da matéria orgânica do solo, alterando negativamente os seus atributos físicos e químicos, bem como sua biodiversidade (COSTA et al., 2015).

O capim-elefante, como as demais plantas com metabolismo C_4 , contribui significativamente como fonte alternativa de incorporação de nutrientes ao sistema solo-planta, com os processos biológicos, por atuar como uma fonte de energia e carbono de fácil obtenção, contendo diversas substâncias que auxiliam no desenvolvimento populacional dos microrganismos nos processos de compostagem (HAO et al., 2019).

2.3 Indicadores biológicos da qualidade do solo

O solo é a base fundamental dos sistemas agrícolas e a degradação das suas propriedades tem ocasionado redução da capacidade de sustentação da produção vegetal e estimulando o interesse pelo conhecimento da qualidade do solo (DROBNIK et al., 2018). O termo qualidade do solo tem sido reconhecido como caráter indispensável para a sustentabilidade da agricultura, em razão da importância em ecossistemas naturais e agroecossistemas, uma vez que a qualidade destes recursos está diretamente relacionada ao seu potencial produtivo (DILLY et al., 2018).

A qualidade do solo tem sido conceituada como a capacidade de um solo de funcionar dentro dos limites do uso do solo e ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais (DORAN e PARKIN, 1994). Esta definição reflete a complexidade e especificidade que o solo exercer na natureza, como a capacidade do solo de promover o crescimento de plantas, regular e compartimentalizar o fluxo de água, promover a ciclagem de elementos na biosfera e servir como tampão ambiental na degradação de compostos prejudiciais (BÜNEMANN et al., 2018).

Para permitir uma estimativa da qualidade do solo são utilizados indicadores de ordem física, química e biológica, que veem mostrando grande potencial de diferenciação da qualidade do solo em áreas sob influência antrópica (DOMÍNGUEZ-HAYDAR et al., 2019). Dentre os indicadores de qualidade do solo, a avaliação das propriedades biológicas merece grande atenção, pois as atividades microbianas no solo constituem inúmeros processos e funções, como a

decomposição de resíduos, ciclagem de nutrientes, sínteses de substâncias húmicas, agregação e degradação da matéria orgânica (KRÜGER et al., 2018).

Os indicadores biológicos têm sido frequentemente indicados para avaliação da qualidade do solo, devido a sua sensibilidade e a habilidade de responder rapidamente às mudanças ambientais (OBADÉ et al., 2019). Dentre os indicadores biológicos comumente utilizados para avaliação do funcionamento microbiológico do solo destacam-se o carbono da biomassa microbiana, respiratória microbiana, a relação respiração/biomassa denominado quociente metabólico e a atividade enzimáticas do solo (WESEMAEL et al., 2019).

2.3.1 Carbono da biomassa microbiana (CBM)

A biomassa microbiana é considerada a parte viva da matéria orgânica do solo, sendo parcialmente composto por diversas espécies de microrganismos que atuam como agentes decompositores de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes e manutenção da estrutura do solo (ZHAO et al., 2017). O carbono da biomassa microbiana (CBM) representa, em média, 1 a 5% da porção viva da matéria orgânica do solo (JENKINSON e LADD, 1981).

O teor de carbono da biomassa microbiana pode ser indicativo do potencial da disponibilidade de nutrientes para os vegetais, podendo estar relacionado à qualidade do solo e, conseqüentemente, à produtividade ecológica (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002), o que torna o conhecimento sobre os níveis de CBM importante para a conservação da matéria orgânica e servindo como sensível indicador de alterações provocadas no ambiente (ZHAO et al., 2016)

A quantidade e a composição da biomassa podem ser influenciadas por diversos fatores, como os efeitos do clima, tipo de solos, práticas agrícolas, diversidade vegetal, e também interferem diretamente a biomassa e a umidade, temperatura, pH do solo (ZHAO et al., 2017; CHEN et al., 2018; BHOPLÉ et al., 2019). A influência das plantas sobre a biomassa microbiana pode ser atribuída ao efeito seletivo da rizosfera (BROECKLING et al., 2018; ZHANG et al., 2011, RAVINDRAN e YANG, 2015) ou por meio das fontes de carbono derivados dos resíduos vegetais (BARGALI et al., 2018).

A determinação do CBM não fornece indicações sobre a atividade dos microrganismos do solo, sendo necessário avaliar simultaneamente atributos que possam medir o estado metabólico da comunidade microbiana do solo (MENDES et al., 2012), como por exemplo respiração basal, o quociente metabólico e a atividade de enzimas do solo.

2.3.2 Respiração basal

A respiração basal do solo é frequentemente incluída em programas de monitoramento e é usada como indicador para avaliar a qualidade do solo (BAKSHANDEH et al., 2019). Consiste na avaliação das funções metabólicas nas quais ocorre produção de dióxido de carbono (CO_2), devido à respiração de raízes das plantas ou provenientes de microrganismos do solo (LEWANDOWSKI et al., 2019).

A elevada taxa respiratória pode ser considerada característica desejável, podendo indicar aumento na atividade da biomassa microbiana e rápida mudança da matéria orgânica em nutrientes para as plantas, como também, indicar um distúrbio ecológico com alta produtividade do ecossistema (ISLAM e WEIL, 2000). A respiração microbiana, assim como outras atividades metabólicas, pode ser influenciada por diversos fatores abióticos e bióticos como umidade do solo, temperatura, disponibilidade de nutrientes, quantidade de carbono orgânico e qualidade da matéria orgânica (YANG et al., 2019).

2.3.3 Quociente metabólico ($q\text{CO}_2$)

O quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) é a relação entre respiração basal do solo por unidade de CBM, tem sido utilizado para avaliar a eficiência do uso de substratos pelos microrganismos do solo sendo utilizado como indicador sensível de estresse quando a biomassa microbiana é afetada (JIA e LIU, 2017).

O uso do $q\text{CO}_2$ como indicador de mudanças da qualidade do solo está baseado na teoria bioenergética dos ecossistemas descrita por Odum (1969), onde durante estresse na biomassa microbiana, ocorre maior direcionamento de energia para a manutenção celular, em substituição o crescimento, de forma que proporções de carbono da biomassa serão perdidas como dióxido de carbono.

Baixos valores de $q\text{CO}_2$ supostamente refletem um ambiente estável ou próximo ao estado de equilíbrio, em contrapartida, valores elevados são indicativos de ecossistemas jovens, submetidos a alguma condição de estresse (KABIRI et al., 2016). Nessa situação, ocorre maior gasto de energia para manutenção da comunidade microbiana e os microrganismos tendem a consumir mais substrato para sobreviver (ADROVER et al., 2017).

2.3.4 Atividades enzimáticas do solo

Enzimas são definidas como moléculas de natureza predominantemente proteica, catalisadoras de reações químicas, aumentando a velocidade destas reações (BALOTA et al., 2013). Os organismos decompositores de matéria orgânica do solo são considerados as principais

fontes de atividade enzimática no solo (GHOSH et al., 2019). As enzimas extracelulares mineralizam nutrientes a partir da matéria orgânica (DOTANIYA et al., 2019), a reciclagem de nutrientes é fundamental na disponibilidade de nutrientes às plantas e os microrganismos, além de manter a biodiversidade da comunidade microbiana edáfica (SHI et al., 2019).

As enzimas têm sido consideradas como indicadores de qualidade do solo, devido reação rápida às mudanças causadas pelos diversos usos e manejo do solo (INNANGI et al., 2017) bem como a degradação de moléculas poluentes (SANCHEZ-HERNANDEZ et al., 2017), além de exercerem ação de catalisadores em diversas reações nos ciclos biogeoquímicos (AKHTAR et al., 2018).

As atividades enzimáticas do solo são fortemente influenciadas pelas propriedades físico-químicas, como o pH, temperatura, umidade, textura, mineralogia, disponibilidade e composição de carbono (DOTANIYA et al., 2019). Ahmed et al. (2019) afirmam que a sazonalidade também exerce forte influência sobre a atividade das enzimas, uma vez que as mudanças climáticas modificam a estrutura da comunidade microbiana.

Análises de atividades enzimáticas podem ser utilizadas para avaliar resultados práticos em diversas situações, abrangendo o sistema solo-planta, incluindo aspectos relativos à fertilidade, remediação de solos contaminados e estudos de impacto de manejos e da qualidade dos solos agrícolas (TABATABAI, 1994). Bandick e Dick (1999) afirmaram que as análises de atividades enzimáticas são capazes de apontar o potencial de ciclagem de nutrientes, nitrificação, oxidação e outros processos essenciais de um solo.

Vários estudos reportaram incrementos na atividade das principais enzimas relacionadas aos ciclos do carbono e nutrientes, como a atividade da fosfatase, urease, β -glucosidase, arilsulfatase e atividade de hidrólise do diacetato de fluoresceína (TABATABAI E BREMNER, 1969; CHÁVEZ et al., 2012; SINGHANIA et al., 2013; CORDERO et al., 2019).

A β -glucosidase é uma das enzimas mais importante do solo, atua hidrolisando os oligossacarídeos e a celobiose promovendo a produção da glicose (SINGHANIA et al., 2013). Essa enzima participa do ciclo do carbono, atuando na etapa inicial da degradação de compostos orgânicos e no último passo da degradação de celulose (ADAMCZYK et al., 2014). De acordo com Tabatabai (1994), a atividade da β -glucosidase pode ser afetada por vários fatores, dentre os quais se destacam a qualidade e quantidade de material celulolítico, bem como as variações físico-químicas do solo.

As fosfatases mais estudadas pertencem ao grupo das fosfomonoesterases e são classificadas como ácidas (pH 6,5) ou alcalinas (pH 11) (TABATABAI e BREMNER, 1969). A classe de enzimas fosfatases participam da ciclagem do fósforo (P) catalisando a hidrólise de fósforo orgânico à fósforo inorgânico ésteres de fosfatos, disponibilizando-o, assim, às plantas e microrganismos (ADAMCZYK et al., 2014).

A arilsulfatase está envolvida no metabolismo do ciclo do enxofre sendo responsável pela hidrólise das ligações do tipo éster de sulfato, liberando de íons sulfato na solução do solo (TABATABAI, 1994; YADA et al., 2015). A atividade das arilsulfatase é amplamente distribuída em inúmeros tipos de solos e vem sendo usada como indicadora indireta da presença de fungos no solo, uma vez que somente os fungos possuem ésteres de sulfato (BANDICK e DICK, 1999).

A urease participa do ciclo do nitrogênio, estando envolvida na hidrólise de ureia em dióxido de carbono e amônia, que pode ser assimilado por microrganismos e plantas (ALIZADEH et al., 2017). A análise da atividade de urease no solo pode fornecer uma indicação do potencial do solo em converter nitrogênio orgânico em mineral, dando início ao processo de mineralização (CORDERO et al., 2019). Menor atividade desta enzima pode estar atribuída a baixos teores de nitrogênio no solo (CARNEIRO et al., 2013). A urease do solo é altamente resistente à degradação ambiental, isso ocorra devido ao fato de ficarem protegidas da ação de outras proteases (ZENG et al., 2019).

Outra avaliação da atividade heterotrófica do solo é a determinação da atividade de hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA). Este substrato é hidrolisado por diversas enzimas do solo, como as proteases, lipases e esterases que são liberadas em grande quantidade pelos decompositores primários, como bactérias e fungos, servindo como indicador da atividade da biomassa do solo (CHÁVEZ et al., 2012).

É importante reconhecer sobre as atividades enzimáticas do solo em regiões semiáridas, pois ajudam a esclarecer a dinâmica dos ciclos biogeoquímicos que são altamente importantes, pois são afetadas por mudanças antropogênicas na cobertura do solo, bem como as condições climáticas (SILVA et al., 2019). Assim, a atividade enzimática do solo desempenha um papel significativo na influência da dinâmica do solo e funções microbianas, possuindo a capacidade de entender melhor a integridade do solo a respeito à resistência as perturbações provocadas nestas regiões (ZENG et al., 2019).

3 Efeito da umidade sob a biomassa microbiana e atividade enzimática do solo em diferentes genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) no semiárido do Brasil¹

Resumo

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) é uma das gramíneas mais difundidas e importantes no Brasil, sendo utilizada de diversas formas na alimentação animal, por possuir boa digestibilidade, além de apresentar alto potencial energético, principalmente, devido à elevada produção de biomassa. Possui boa adaptabilidade ao clima semiárido, embora apresente variação na produção ao longo dos anos. A prática de irrigação fornece estabilidade no rendimento da cultura, além de proporcionar melhores condições para atividade microbiana do solo. Os microrganismos do solo refletem como indicadores de qualidade, estando associados a diversos processos biogeoquímicos, além de apresentar sensibilidade às mudanças ambientais. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações em atributos biológicos indicadores da qualidade do solo no semiárido brasileiro, em razão da influência do manejo de irrigação em diferentes genótipos de *Pennisetum purpureum* e variações sazonais. O estudo foi realizado na fazenda experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no município de Garanhuns-PE. A área foi disposta em delineamento em blocos ao acaso, com esquema fatorial, os tratamentos consistiram na combinação de duas cultivares de capim-elefante (Elefante B e Mott), dois regimes de irrigação (com e sem irrigação) e dois períodos climáticos (seco e chuvoso), com três repetições. Foram realizadas duas coletas, nos meses de julho e dezembro de 2017, correspondendo ao período chuvoso e seco, respectivamente. Amostras de solo rizosférico foram coletadas à profundidade de 0-10 cm. Avaliados os principais indicadores biológicos, como o carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS), o quociente metabólico (relação respiração/biomassa), e a atividade enzimática no solo. O carbono da biomassa microbiana e respiração basal tiveram maiores valores no genótipo Mott. O manejo de irrigação apresentou menores RBS no período chuvoso e no CBM foi significativo somente no genótipo Elefante B em ambas as épocas avaliadas. O quociente metabólico não diferiu entre os tratamentos. O uso de irrigação apresentou maiores atividades enzimáticas em ambas as épocas avaliadas, exceto na atividade ureásica e FDA no período chuvoso. O genótipo Mott apresentou maiores atividades enzimáticas do solo, exceto na β -glucosidade e fosfatase ácida no período chuvoso. De acordo com os resultados obtidos, nos solos examinados o aumento do teor de água no solo, pelo manejo de irrigação por gotejamento no período seco, pode melhorar o potencial de ciclagem dos nutrientes auxiliando na manutenção da fertilidade biológica e química dos solos em agroecossistemas semiáridos. Genótipo Mott possui melhores atributos biológicos na qualidade do solo, disponibilizando melhores atividades microbianas independentemente das épocas avaliadas e de diferentes manejos de irrigação. A sazonalidade pode alterar a comunidade microbiana do solo, considerando a estrutura e funcionalidade. É de fundamental importância que trabalhos como este continuem sendo desenvolvidos, para entender se essas comunidades conseguem se adaptar a essas mudanças ambientais e se a partir dessa mudança as atividades enzimáticas se manterão no solo.

Palavras-chave: Atividade microbiana; Elefante B; Mott; Sazonalidade.

¹ A ser submetido para publicação

1 Introdução

As consequências das condições climáticas, devido ao aquecimento global, intensificou o ciclo hidrológico, levando mudanças aos regimes de precipitação e aumento das temperaturas (REN et al., 2018), tal fato já é suficiente para causar maiores níveis de evapotranspiração, intensificando os períodos de secas, além da redução da biodiversidade e impactos em diversas regiões do planeta.

As variabilidades temporais e espaciais das precipitações pluviométricas estabelecem uma característica marcante do clima da região Nordeste do Brasil, em particular sobre a região semiárida, em que a irregularidade das chuvas e aos baixos índices pluviométricos limitam o desenvolvimento das atividades agrícolas (SILVA et al., 2017). Diante destas adversidades, característica de regiões semiáridas, agricultores buscam alternativas para minimizar o déficit hídrico, utilizando técnicas de irrigação, afim de não comprometer o potencial da sua produção, pois a insuficiência de água é um fator limitante para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável (BACK e DUFLOTH, 2014).

Estudos realizados visando o efeito das alterações climáticas sobre a microbiota do solo demonstraram que a sazonalidade pode afetar as comunidades microbianas do solo (LI et al., 2018; BAUBIN et al., 2019; LIU et al., 2019). Os microrganismos desempenham funções essenciais nos processos de ciclagem de nutrientes e contribuem para a manutenção do equilíbrio dinâmico entre a cobertura vegetal e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (UPTON et al., 2019). Neste contexto, os microrganismos do solo são considerados bioindicadores da qualidade do solo, devido à sensibilidade às mudanças ambientais.

Alterações no equilíbrio do ambiente edáfico podem alterar a taxa de decomposição da matéria orgânica e, conseqüentemente, a ciclagem de nutrientes (SILVA et al., 2019). Nesse contexto, a quantificação do carbono da biomassa, respiração basal e suas relações como, quociente metabólico, além da atividade enzimática têm sido utilizadas para estudar os processos de ciclagem e transformação de nutrientes (DURENKAMP et al., 2016), bem como avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo e qualidade ambiental.

Mudanças ambientais como a umidade, a temperatura e o pH afetam a biomassa e atividade microbiana do solo, além desses fatores, existem espécies de culturas que contribuem para o conteúdo microbiano do solo em decorrência dos exsudatos radiculares que possui efeito que proporciona condições para o crescimento microbiano, assim determinando a estrutura e os padrões de diversidades das comunidades de microrganismos do solo. As gramíneas com a qualidade das propriedades bioquímicas do solo através de um aumento na abundância de fungos e bactérias

(BRANDAN et al., 2017) e, conseqüentemente, elevando a atividade microbiana e a disponibilidade de nutrientes.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) contribui significativamente como fonte alternativa de incorporação de nutrientes ao sistema solo-planta, com os processos biológicos, por atuar como uma fonte de energia e carbono de fácil obtenção, contendo diversas substâncias que auxiliam o desenvolvimento populacional dos microrganismos de processos de compostagem (HAO et al., 2019). Na região do semiárido, o cultivo da gramínea adapta-se bem as condições climáticas, além disso, tem sido adotado por muitos produtores por apresentar características favoráveis para alimentação dos rebanhos bovinos com elevado valor nutricional e com grande aceitabilidade pelos animais (KANDEL et al., 2016).

Muitos estudos avaliam a biomassa microbiana e as atividades enzimáticas do solo sobre as diversidades de plantas, alterações climáticas e o manejo do solo, especialmente no semiárido. No entanto, ainda é escasso estudos sobre os atributos biológicos do solo em plantio de genótipos de *Pennisetum purpureum* submetidos a diferentes manejos de irrigação no semiárido. Portanto, determinar como a umidade em diferentes genótipos de capim-elefante no semiárido influencia os atributos biológicos do solo.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influencia do manejo de irrigação em diferentes genótipos de *Pennisetum purpureum* e variações sazonais em atividades enzimáticas e a biomassa microbiana no semiárido brasileiro.

2 Material e Métodos

2.1 Área de estudo e amostragem do solo

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, Pernambuco, no Nordeste do Brasil (08^o58'28" S, 36^o27'11" O, altitude de 896 m). O clima, de acordo com a classificação Koppen-Geiger, é do tipo mesotérmico tropical (Cs'a) com estação seca no verão e chuvosa no inverno (ALVARES et al., 2013). A precipitação média anual é de 897 mm, concentrada nos meses de maio a agosto e temperatura média anual de 21,1^o C (BORGES JÚNIOR et al., 2012).

Os genótipos de capim-elefante foram estabelecidos em abril de 2016, antes da implantação experimental foram coletadas amostras de solo a 0-20 cm de profundidade e posteriormente analisados, tendo as características químicas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental, coletadas na profundidade de 0-20 cm.

pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³								%
		Ca	Mg	Na	K	Al	H	SB	CTC	
5,40	2,0	0,95	0,95	0,04	0,12	0,25	5,27	2,1	7,6	27

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases.

De acordo com a análise química do solo e as exigências da cultura, foi realizada correção com 500 kg ha⁻¹ de calcário calcítico com antecedência de 60 dias ao plantio com o intuito de elevar a saturação de base (V) de 27% para 70%, além de adubação nitrogenada (100 kg ha⁻¹) e potássica (80 kg ha⁻¹) na ocasião da implantação do experimento.

O estudo foi realizado em tratamentos selecionados de um ensaio de campo, disposta em delineamento em blocos ao acaso, utilizando dois genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), Elefante B e Mott, constituída com a presença e ausência de irrigação.

O manejo de irrigação foi por gotejamento, cuja vazão média foi de 1,5 L h⁻¹, utilizando-se como fonte de água um manancial localizado próxima à área experimental. Durante o inverno a irrigação foi manejada em turno de rega variável, levando em consideração a precipitação, durante o verão a irrigação foi realizada diariamente por duas horas. No período chuvoso de cada ano, todas as parcelas receberam adição equivalente de adubação nitrogenada (100 kg ha⁻¹) e potássica (80 kg ha⁻¹).

Temperatura média do ar e precipitação pluvial acumulada ao longo do período de estudo pode ser observada na figura 1 (INMET, 2017). Amostras de solo rizosférico foram colhidas em julho de 2017 (estação chuvosa) e dezembro de 2017 (período seco), as amostras compostas foram homogêneas a partir de 10 subamostras de todas as parcelas do genótipo Elefante B e Mott de diferentes manejos de irrigação, todas as amostragens foram realizadas em triplicada. As amostras foram acondicionadas em caixa de isopor e transportadas para o Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa da Unidade Acadêmica de Garanhuns, Laboratório de Biotecnologia da UFRPE.

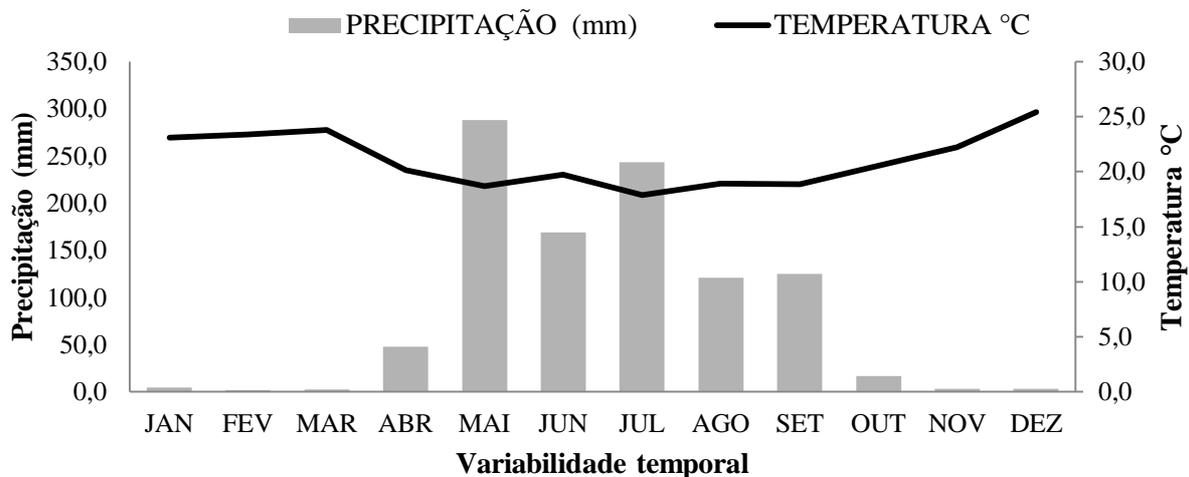


Figura 1. Temperatura e precipitação no Município de Garanhuns - PE registrada no período de 2017. Fonte: INMET, (2017).

2.2 Carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente metabólico

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo método de extração por fumigação com clorofórmio, de acordo com Vance et al. (1987) e Tate et al. (1988), seguido da extração com $0,5 \text{ mol L}^{-1} \text{ K}_2\text{SO}_4$ e a quantificação foi realizada pelo método colorimétrico (BARLETT e ROSS, 1988), os resultados foram expressos em mg g^{-1} de C no solo.

A respiração basal do solo (RBS) foi quantificada pelo CO_2 evoluído a partir de 30 g de solo, incubado durante 72 horas, extraído com solução de NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e titulado com HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ (ISERMEYER, 1952), os resultados foram expressos em $\text{mg C} - \text{CO}_2$.

O quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi estabelecido como sendo os valores resultantes da razão entre a RBS e o CBM, expresso em micrograma^{-1} de C- CO_2 por CBM por dia (ANDERSON e DOMSCH, 1993).

2.3 Atividades enzimáticas do solo rizosférico

As amostras de solo foram mantidas congeladas e posteriormente analisadas quanto às atividades enzimáticas, β -glucosidase, urease, fosfatase alcalina e ácida, arilsulfatase e a hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA).

As determinações das atividades enzimáticas foram baseadas a partir da análise colorimétrica dos produtos liberados por cada enzima, quando a amostra do solo foi submetida às condições padrões de incubação com substrato adequado.

A estimativa da atividade enzimática total foi avaliada após o método de hidrólise com diacetato de fluoresceína (CHEN et al., 1988) com 3-6-diacetilfluoresceína como substrato. A atividade enzimática envolvida no ciclo do C, β -glucosidase, foi determinada de acordo com a

metodologia proposta por Eivazi e Tabatabai (1988), utilizando p -nitrofenil- β -D-glucosídeo como substrato. As atividades enzimáticas envolvidas no ciclo do fósforo, fosfatase alcalina e ácida, foram determinadas de acordo com Eivazi e Tabatabai (1977), com p -nitrofenil fosfato; a atividade enzimática arilsulfatase que envolve o ciclo do enxofre, foi conduzida de acordo com Tabatabai e Bremner (1972), com p -nitrofenil sulfato, e a urease atividade enzimática envolvida no ciclo do N, foi determinada de acordo com Kandeler e Gerber (1988), utilizando ureia como substrato.

A absorvância dos produtos foi mensurada em por espectrofotômetro (Libra S22, Biochrom, Cambridge, Inglaterra), a leitura da atividade fosfatase ácida e fosfatase alcalina foi a 400 nm, β -glucosidase e arilsulfatase foram 410 nm, FDA em 490 nm e a leitura da atividade da urease a 690 nm.

As atividades de β -glucosidase foram expressas em $\mu\text{g PNG g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, fosfatase ácida e fosfatase alcalina foram expressas em $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, arilsulfatase foram expressas em $\mu\text{g PNS g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, urease em $\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ e FDA foram expressas em $\mu\text{g hidrolisados g}^{-1}$ de solo do produto formado.

2.4 Análise estatística

Os dados das variáveis biológicas foram avaliados pela análise de variância (ANOVA), utilizando o programa estatístico Software R (v.3.4.3). As diferenças estatísticas entre as médias foram comparadas pelo teste Tukey, adotando nível de significância de 5%.

3 Resultados

3.1 Carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente metabólico

No período chuvoso apresentou a menor biomassa no solo sob o genótipo de Elefante B, sem irrigação (Tabela 2). De acordo com nossos resultados houve redução da respiração basal em solo sob irrigação no período chuvoso, tendo os maiores índices observados no genótipo Mott. No período seco, o carbono da biomassa microbiana do solo e a respiração basal, apresentaram maiores índices no solo cultivado com genótipo Mott, em ambas as condições de manejo de irrigação. Entretanto, o quociente metabólico não diferiu entre os tratamentos.

Com relação à sazonalidade constatou-se que a respiração basal do solo, nas áreas submetidas à irrigação, foi maior no período seco, enquanto as áreas com restrição hídrica apresentaram diferenças significativas nos solos cultivados pelo genótipo Elefante B, apresentando menor respiração no período seco. Quanto ao carbono da biomassa microbiana no solo, frente à sazonalidade, demonstrou diferenças significativas no solo sob o genótipo Mott, apresentou maior

biomassa no período seco tanto com e sem irrigação, entretanto o quociente metabólico não diferiu entre os períodos avaliados (Tabela 2).

Tabela 2. Análise biológica do solo sob o cultivo de *Pennisetum purpureum*, genótipos Elefante B e Mott, com e sem sistemas de irrigação, em diferentes períodos do ano, chuvoso (julho/2017) e seco (dezembro/2017).

Genótipos de capim-elefante	Período chuvoso					
	Com irrigação			Sem irrigação		
	C da biomassa	Respiração	Coefficiente metabólico	C da biomassa	Respiração	Coefficiente metabólico
Elefante B	13,280Aa ^a	7,285Bb ^b	2,754Aa ^a	8,1365Bb ^a	12,274Ba ^a	2,007Aa ^a
Mott	11,522Aa ^b	11,658Ab ^b	3,415Aa ^a	15,456Aa ^b	18,325Aa ^a	3,003Aa ^a
Genótipos de capim-elefante	Período seco					
	C da biomassa	Respiração	Coefficiente metabólico	C da biomassa	Respiração	Coefficiente metabólico
	Elefante B	15,834Ba ^a	15,687Ba ^a	3,302Aa ^a	7,619Bb ^a	8,020Bb ^b
Mott	20,690Aa ^a	22,858Aa ^a	3,683Aa ^a	22,858Aa ^a	19,334Aa ^a	3,222Aa ^a

C da biomassa: Carbono da biomassa (mg por C g de solo); Respiração basal do solo (mg C – CO₂); Quociente metabólico (mg CO₂/C/dia); Letra maiúsculas comparam os genótipos de capim-elefantes entre si, dentro de cada período do ano. Letra minúsculas compara os sistemas de irrigação, dentro de cada período do ano. Letras exponenciais comparam os genótipos entre os períodos do ano. Letras semelhantes não diferem pelo Teste de Tukey a 5%.

3.2 Atividades enzimáticas do solo

A atividade da β -glucosidase apresentou maior resposta frente ao genótipo Elefante B, sob irrigação no período chuvoso (Tabela 3), entretanto, para o período seco, não houve diferença significativa entre os tratamentos. A atividade da β -glucosidase foi influenciada pelos diferentes períodos do ano, o solo coletado no período chuvoso apresentou maior atividade quando comparado aos índices observados no período seco.

Tabela 3. Atividade enzimática de solo o cultivo de *Pennisetum purpureum*, genótipos Elefante B e Mott, cultivados sob diferentes sistemas de irrigação, no período chuvoso (julho/2017) e seco (dezembro/2017).

Genótipos de capim-elefante	β -glucosidade ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ solo h^{-1})			
	Período chuvoso		Período seco	
	Com irrigação	Sem irrigação	Com irrigação	Sem irrigação
Elefante B	21,710Aa ^a	17,280Ab ^a	10,897Aa ^b	5,900Ab ^b
Mott	17,796Ba ^a	11,903Ba ^a	8,997Aa ^b	5,347Ab ^b
Fosfatase ácida ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ solo h^{-1})				
Elefante B	17,797Aa ^a	11,833Ab ^a	7,547Ba ^b	2,270Ab ^b
Mott	4,903Ba ^b	2,577Bb ^b	10,480Aa ^a	4,330Ab ^a
Fosfatase alcalina ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ solo h^{-1})				
Elefante B	13,380Aa ^a	8,826Ab ^a	8,570Aa ^b	2,687Ab ^b
Mott	10,037Aa ^a	8,763Ab ^a	7,690Aa ^b	2,127Ab ^b
Ariilsulfatase ($\mu\text{g PNS g}^{-1}$ solo h^{-1})				
Elefante B	19,726Aa ^b	12,366Ab ^b	37,693Ba ^a	18,116Bb ^a
Mott	20,216Aa ^b	13,263Ab ^b	42,763Aa ^a	24,396Ab ^a
Urease ($\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1}$ solo h^{-1})				
Elefante B	14,880Bb ^b	17,226Ba ^b	26,500Ba ^a	24,300Bb ^a
Mott	18,353Ab ^b	21,586Aa ^b	29,950Aa ^a	26,043Ab ^a
FDA ($\mu\text{g hidrolisados g}^{-1}$ de solo)				
Elefante B	28,063Aa ^b	27,356Ba ^a	45,176Ba ^a	23,730Bb ^b
Mott	29,286Ab ^b	37,733Aa ^a	51,750Aa ^a	28,350Ab ^b

Letra maiúsculas comparam os genótipos de capim-elefantes entre si, dentro de cada período do ano. Letra minúsculas compara os sistemas de irrigação, dentro de cada período do ano. Letras exponenciais comparam os genótipos entre os períodos do ano. Letras semelhantes não diferem pelo Teste de Tukey a 5%.

Para a fosfatase ácida observou-se, no solo com irrigação, maiores índices de atividade, independentemente do período do ano. Verificou-se que no período chuvoso o solo sob o genótipo Elefante B demonstrou maior atividade, resultados estes que protelam o período seco. Também foi demonstrado que no período de estiagem ocorreu redução de atividade no solo sob a o capim Elefante B e aumento significativo da fosfatase ácida no solo sob o capim Mott.

Enquanto para a fosfatase alcalina, apresentou diferenças significativas apenas nos manejos de irrigação, nas duas épocas avaliadas. Verificou-se que, independentemente do período avaliado, o solo com irrigação apresentou melhores atividades alcalinas, tendo sido observado os maiores índices no período chuvoso quando comparadas ao de seca.

A atividade da arilsulfatase variou significativamente entre o solo sob o diferente genótipo de capim-elefante no período seco, e as áreas com o manejo de irrigação apresentou maiores níveis de atividade desta enzima. Também foi observado o efeito dos períodos sobre a atividade enzimática da arilsulfatase, sendo superior no período seco.

Com relação à atividade da urease, os ensaios exibiram diminuição na sua atividade em solos com irrigação quando comparados aos tratamentos sem irrigação durante o período chuvoso, além disso, nossos resultados demonstram que houve diferença significativa nos períodos de

amostragem, com maior atividade durante o período seco. Os tratamentos com irrigação no período seco obtiveram efeito significativo sob a atividade enzimática. O solo cultivado com o genótipo Mott apresentou melhores atividades em todos os tratamentos.

A FDA, durante o período de chuva, sob manejo de irrigação, indicou diferença da atividade no solo cultivado com genótipo Mott, sendo observado maior valor de atividade da FDA na ausência da irrigação. No período seco, a atividade da FDA apresentou diferença significativa dentre os solos com diferentes manejos de irrigação e genótipos, tendo maiores atividades da FDA observadas com a presença de irrigação.

Quando comparamos o solo sob os genótipos observamos que o genótipo Mott foi que apresentou maiores valores de FDA. Ao analisar a atividade em diferentes períodos do ano foi observado que a presença da irrigação possui influencia apenas no período seco.

4 Discussão

4.1 Carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente microbiano

O teor de carbono da biomassa microbiana pode ser indicativo do potencial da disponibilidade de nutrientes para os vegetais, podendo estar relacionado à qualidade do solo (MORUGÁN-CORONADO et al., 2019). A biomassa microbiana se torna mais eficiente, quando menos dióxido de carbono (CO_2) é perdido para a atmosfera e maior a taxa de carbono é incorporada à biomassa microbiana, resultando em menores valores de quociente metabólico (WANG et al., 2019).

Os fatores como teor de umidade, tipo de solo, temperatura, pH, diversidade vegetal e práticas de manejo agrícolas, influenciam na biomassa microbiana do solo (BASTIDA et al., 2017). A umidade do solo pode afetar as características da comunidade microbiana através da difusão e disponibilidade do substrato, suprimento de oxigênio alterando o potencial da água dentro das células microbianas (AHMED et al., 2019). A umidade do solo desempenha um papel importante ao nível de carbono da biomassa microbiana do solo, Kader et al. (2017) relataram forte correlação entre a umidade do solo e o carbono da biomassa microbiana.

Os resultados demonstraram que a irrigação teve efeito significativo no carbono da biomassa microbiana em solo sob o genótipo Elefante B. Conforme Bargali et al. (2018), a biomassa microbiana, em diferentes culturas sob o mesmo manejo no solo apresenta comportamentos variáveis, sugerindo que ocorrência de alterações de temperatura e de umidade modifica as propriedades, como a qualidade e quantidade dos substratos, e conseqüentemente, a comunidade

microbiana apresenta uma resposta diferente de acordo com sua sensibilidade e resiliência (OU et al., 2019).

Em solos cultivados com genótipo Mott, independentemente do período de avaliação e dos diferentes manejos de irrigação, não apresentou diferenças significativas, sendo observado valores superiores ao solo sob o genótipo Elefante B, indicando maior fornecimento de carbono no solo dando, desta maneira, sustentação a proliferação microbiana, refletindo no aumento do carbono da biomassa. De acordo com Böhme e Böhme (2006), o sistema radicular da planta pode contribuir para o conteúdo de carbono microbiano, em decorrência da rizodeposição, o benefício é resultante da abundância do sistema radicular que proporciona maior disponibilidade de substrato orgânico para a microbiota. De acordo com Bargali et al. (2018) o conteúdo de carbono da biomassa microbiana é afetado pelos diferentes genótipos devido às diferenças de qualidade e quantidade de exsudatos radiculares fornecido para o solo.

As variações sazonais também apresentam influência na biomassa microbiana, de acordo com os resultados deste estudo, verificou-se o efeito significativo durante as estações do ano, com baixo teor de carbono microbiano durante o período chuvoso e aumento durante a estação seca no solo sob o genótipo Mott. Chen et al. (2018) sugerem que este resultado é devido ao crescimento de fungos, já que em condições de temperaturas elevadas e altas taxas de umidade favorecem com aumento das comunidades contribuindo, assim, com maiores valores de biomassa microbiana. Smith et al. (2002) também sugeriram para esses resultados foi em decorrência devido que a microbiota nessas áreas apresentarem espécies adaptadas e ou tolerantes a essas condições, de modo que permita manter a comunidade microbiana do solo.

Em relação à respiração basal do solo, que é o método mais utilizado para quantificar a atividade metabólica nos solos, avaliada através da liberação de CO₂ pela respiração dos microrganismos (YANG et al., 2019), os resultados mostram diferença significativas entre os manejos de irrigação em cada época da coleta, sendo que o menor valor observado no inverno em solo com irrigação, no verão não foi observado diferenças significativas entre o manejo de irrigação em solo sob o genótipos Mott. Considerando a época de amostragem, foi observado que maiores valores de respiração foram no genótipo Mott em ambos os manejos de irrigação quando comparados com o genótipo Elefante B.

A maior liberação de CO₂, expressa pela respiração basal, em solo com o genótipo Mott pode ser em função da constante incorporação de resíduos, promovendo aumento da biomassa microbiana e da atividade biológica sobre esse material, resultando na liberação de CO₂

(KAISERMANN, 2013). Portanto, o maior teor de carbono microbiano encontra-se positivamente relacionado com a liberação de CO₂.

O aumento da taxa de respiração basal indica que a biomassa microbiana está atuando na decomposição da matéria orgânica no solo, com imobilização de nutrientes em sua biomassa e liberação de partes destes constituintes para a solução do solo (BAKHSHANDEH et al., 2019). Liu et al. (2019) observaram que a respiração do solo aumenta com a umidade do solo, mas a umidade excessiva reduz a respiração, tendo como hipótese, que o excesso de água pode reduzir a concentração de oxigênio do solo e dificultar a aeração do mesmo. Os autores relatam, ainda, que durante o período seco a respiração aumenta após adição de água no solo, corroborando com os resultados do presente trabalho.

Resultados similares foram expostos por González-Ubierna e Lai (2019), corroborando com os resultados do presente estudo, onde afirmam que as práticas de irrigação contribuem para o aumento da taxa de respiração do solo quando aplicada no verão, sugerindo que esse resultado está relacionado à disponibilidade de água no solo, pois um solo com baixo teor de água tem tendências a reduzir sua respiração microbiana, o estresse hídrico faz com que o microrganismo diminua sua atividade metabólica.

A relação entre a respiração por unidade de carbono da biomassa microbiana do solo permite estimar o quociente metabólico do solo (qCO₂), que estima a eficiência do uso de substratos pelos microrganismos, podendo ser utilizado como sensível indicador de estresse (ADROVER et al., 2017).

Kabiri et al. (2016) relataram menores valores de qCO₂ em solos áridos e semiáridos, diminuíram o qCO₂, principalmente, devido à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente na utilização de recursos do ecossistema, por outro lado, o aumento dos valores são indicativos de maior gasto de energia para manutenção da comunidade microbiana e os microrganismos tendem a consumir mais substrato para sobreviver (GHOSH et al., 2019). No entanto, o resultado encontrado neste estudo não apresentou diferença significativas do qCO₂ nos tratamentos avaliados, desse modo, a respiração e a biomassa microbiana exibiram a mesma eficiência metabólica.

4.2 Atividades enzimáticas do solo

As atividades enzimáticas no solo têm sido consideradas como potenciais indicadoras da fertilidade do solo (PUISSANT et al., 2018), devido a reação rápida às mudanças causadas pelo manejo do solo e variações ambientais (INNANGI et al., 2017). As enzimas no solo são fortemente influenciadas pelas propriedades físico-químicas do solo, como o pH, temperatura, umidade,

textura, mineralogia, disponibilidade e composição de carbono (DOTANIYA et al., 2019). A sazonalidade também exerce forte influência sobre a atividade das enzimas, uma vez que, as mudanças climáticas modificam a estrutura da comunidade microbiana (AHMED et al., 2019).

Os resultados obtidos neste estudo indicaram que às condições climáticas, ocasionadas pelos diferentes períodos sazonais e umidade do solo, influenciaram diretamente nas atividades enzimáticas. De acordo com Li et al. (2018), as mudanças nas condições ambientais do solo, como a umidade e temperatura, está correlacionada com mudanças das atividades enzimáticas e das comunidades microbianas, e conseqüentemente, da ciclagem de nutrientes.

Observou-se que área submetida à baixa disponibilidade de água apresentou redução na atividade da β -glucosidase, sugerindo que houve menor decomposição da matéria orgânica, uma vez que, a atividade desta enzima está correlacionada com o teor de matéria orgânica do solo. De acordo com Taketani et al. (2015) a restrição do teor de água pode estar relacionada com a redução, pois em solo seco existe uma tendência na diminuição da atividade microbiana e, como consequência, a atividade enzimática é desacelerada.

Os resultados obtidos sugerem que as atividades da fosfatase ácida e alcalina foram influenciadas pela umidade do solo, por apresentar melhor atividade no período chuvoso e na presença de irrigação. Baldrian et al. (2008) relataram que a atividade das fosfatases ácida e alcalina são sensíveis as alterações sazonais, apresentando maior atividade no período de chuva e menores em solos muito secos, tal fatores são tidos como comuns, devido à redução no metabolismo dos microrganismos e transporte de nutrientes (AHMED et al., 2019).

A atividade da arilsulfatase pode ser utilizada como indicador direto da presença de fungos no solo, esse microrganismo são os únicos presentes na biomassa microbiana a possuir ésteres de sulfato, os quais são substratos para atividade dessa enzima (BANDICK e DICK, 1999). Durante o período seco com irrigação, foi observado maiores níveis de atividade desta enzima, podendo ser atribuído a esse comportamento, as condições de umidade e temperatura, favoráveis a estes microrganismos (BRIDGES et al., 2019).

Silva et al. (2012) avaliaram a atividade enzimática no solo de áreas agrícolas, florestais e pastagens durante períodos úmido e seco, e relataram comportamento semelhante ao observado neste estudo, com maior atividade de arilsulfatase em períodos secos.

A urease pode ser produzida por plantas e microrganismos (principalmente por bactérias) e está diretamente relacionada ao ciclo do nitrogênio (N), responsável por hidrolisar a ureia, liberando CO₂ e amônia no solo (ALIZADEH et al., 2017). Weitao et al. (2018) observaram uma correlação

negativa entre a atividade da urease com a umidade do solo. Os autores observaram que a taxa da atividade da urease foi menor frente a maiores índices de umidade do solo.

Em solos secos a taxa de hidrólise da ureia foi baixa, à medida que a umidade se eleva até alcançar 20%, a hidrólise da ureia foi alta e pouco se altera (BREMNER et al., 1978). A atividade da urease depende da umidade do solo, além disso, a elevação da temperatura e do pH no solo, associados ao conteúdo de material orgânico, aumenta a atividade dessa enzima (GRYTA et al., 2019).

Uma das formas de se avaliar mudanças biológicas ocorridas no solo é a determinação da atividade enzimática total no solo, avaliada através da FDA. Este substrato é hidrolisado por diversas enzimas no solo, como proteases, lipases e esterases de microrganismos biologicamente ativos, qualificando-os como uma medida da atividade microbiana total do solo (CHÁVEZ et al., 2011).

A quantidade de fluoresceína hidrolisada está relacionada à maior quantidade de enzimas liberadas pelos microrganismos, o que pode estar diretamente associado com a abundância de matéria orgânica do solo (BARBIERI et al., 2019). Verificou-se que a coleta realizada no período seco a FDA foi superior em comparação à realizada no período chuvoso, estes resultados corroboram com os encontrados por Pereira et al. (2004) e Barbieri et al. (2019) onde também obtiveram valores para hidrólise de FDA superiores em solos no período seco.

5 Conclusões

A atividade microbiana do solo sofreu alterações positivas, como aumento da biomassa microbiana e os ciclos biogeoquímicos quando irrigado, frente ao tratamento sem irrigação, onde o manejo com irrigação no período seco mostrou fator importante a ser considerada nos atributos biológicos do solo.

Os microrganismos do solo da região do semiárido demonstrou ser pouco influenciado com as mudanças climáticas, contudo, maior atividade é observada no período chuvoso.

O genótipo Mott constitui uma das alternativas para qualidade do solo do semiárido, favorece a biomassa e a atividade microbiana do solo, apresenta maior complexidade nos atributos biológicos com microrganismos tolerantes às mudanças climáticas.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A umidade do solo pela influência do manejo de irrigação altera as atividades microbianas. O aumento do teor de água do solo, por sistemas de irrigação por gotejamento em períodos chuvosos, pode contribuir com a redução da respiração do solo e a atividade da urease.

O uso do genótipo de capim-elefante, Mott, contribui com a qualidade do solo, apresentou melhores atividades microbianas do solo do semiárido, indicando melhor genótipo.

É de fundamental importância que trabalhos como este continuem sendo desenvolvidos, para entender se essas comunidades conseguem se adaptar a essas mudanças ambientais e se a partir dessa mudança as atividades enzimáticas se manterão no solo.

REFERÊNCIAS

ADAMCZYK, Bartosz *et al.* Potential activities of enzymes involved in N, C, P and S cycling in boreal forest soil under different tree species. **Pedobiologia**, v. 57, n. 2, p. 97-102, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2013.12.003>. Acesso em: 21 junho 2019.

ADROVER, Maria; MOYÀ, Gabriel; VADELL, Jaume. Seasonal and depth variation of soil chemical and biological properties in alfalfa crops irrigated with treated wastewater and saline groundwater. **Geoderma**, v. 286, p. 54-63, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.10.024>. Acesso em: 21 junho 2019.

AFZAL, Imran *et al.* Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. **Microbiological Research**, v. 221, p. 36-49, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.02.001>. Acesso em: 21 junho 2019

AHMED, Iftekhar U. *et al.* Soil moisture integrates the influence of land-use and season on soil microbial community composition in the Ethiopian highlands. **Applied Soil Ecology**, v. 135, p. 85-90, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.11.010>. Acesso em: 21 junho 2019

AKHTAR, Kashif *et al.* Changes in soil enzymes, soil properties, and maize crop productivity under wheat straw mulching in Guanzhong, China. **Soil and Tillage Research**, v. 182, p. 94-102, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.05.007>. Acesso em: 21 junho 2019

ALIZADEH, Hossein *et al.* Urease producing microorganisms under dairy pasture management in soils across New Zealand. **Geoderma Regional**, v. 11, p. 78-85, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2017.10.003>. Acesso em: 21 junho 2019

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 21 junho 2019

ANDERSON, Traute-Heidi; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90140-7](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90140-7). Acesso em: 21 junho 2019

ANTONIEL, Laísa Scotti *et al.* Irrigação no teor de proteína bruta de duas espécies de pastagens. **Revista Irriga**, v. 1, n. 1, p. 248-259, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p248-259>. Acesso em: 21 junho 2019

BACK, Álvaro José; DUFLOTH, Jorge Homero. Necessidade de irrigação em pastagens na região de Sombrio, SC. **Tecnologia e Ambiente**, v. 20, p. 270-282, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18616/ta.v20i0.1762>. Acesso em: 16 maio 2019

BAKSHANDEH, Esmail; FRANCAVIGLIA, Rosa; RENZI, Gianluca. A cost and time-effective method to evaluate soil microbial respiration for soil quality assessment. **Applied Soil Ecology**, v. 140, p. 121-125, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.04.023>. Acesso em: 16 maio 2019.

- BALDRIAN, Petr *et al.* Enzyme activities and microbial biomass in topsoil layer during spontaneous succession in spoil heaps after brown coal mining. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, n. 9, p. 2107-2115, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.02.019>. Acesso em: 24 maio 2019.
- BALOTA, Elcio L. *et al.* Enzimas e seu papel na qualidade do solo. **Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, p. 189-249, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288482294_Enzimas_e_seu_papel_na_qualidade_do_solo. Acesso em: 24 maio 2019.
- BANDICK, Anna K.; DICK, Richard P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, n. 11, p. 1471-1479, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00051-6). Acesso em: 25 junho 2019.
- BARBIERI, Mirian *et al.* Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 121-130, 2019. DISPONÍVEL EM: <https://doi.org/10.19084/RCA17068>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/17025>. Acesso em: 24 abril 2019.
- BARGALI, Kiran *et al.* Effect of vegetation type and season on microbial biomass carbon in Central Himalayan forest soils, India. **Catena**, v. 171, p. 125-135, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.07.001>. Acesso em: 30 abril 2019.
- BARTLETT, Richmond J.; ROSS, DONALD S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, n. 4, p. 1191-1192, 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.07.001>. Acesso em: 30 abril 2019.
- BASTIDA, F. *et al.* Combined effects of reduced irrigation and water quality on the soil microbial community of a citrus orchard under semi-arid conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 104, p. 226-237, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.10.024>. Acesso em: 30 abril 2019.
- BAUBIN, C. *et al.* Seasonal and spatial variability in total and active bacterial communities from desert soil. **Pedobiologia**, v. 74, p. 7-14, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2019.02.001>. Acesso em: 30 abril 2019.
- BHOPLE, Parag *et al.* Variations in soil and microbial biomass C, N and fungal biomass ergosterol along elevation and depth gradients in Alpine ecosystems. **Geoderma**, v. 345, p. 93-103, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.03.022>. Acesso em: 30 abril 2019.
- BIRTHAL, Pratap S. *et al.* Is Indian Agriculture becoming resilient to droughts? Evidence from rice production systems. **Food Policy**, v. 56, p. 1-12, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.07.005>. Acesso em: 24 junho 2019.
- BÖHME, Livia; BÖHME, Frank. Soil microbiological and biochemical properties affected by plant growth and different long-term fertilisation. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, n. 1, p. 1-12, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.08.001>. Acesso em: 24 abril 2019.

BORGES JÚNIOR, J. C. F. et al. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.

BRANDAN, Carolina Pérez *et al.* Influence of a tropical grass (*Brachiaria brizantha* cv. Mulato) as cover crop on soil biochemical properties in a degraded agricultural soil. **European Journal of Soil Biology**, v. 83, p. 84-90, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.10.009>. Acesso em: 24 abril 2019.

BREMNER, J. M. Nitrogen Total. In: SPARKS, D. L. (Ed). *Methods of soil analysis: Part 3*. Madison: American Society of Agronomy, 1996. p. 1085-1121

BRIDGES, Kathleen M. *et al.* Quantifying soil health in a topographically diverse warm-season perennial pasture over-seeded with a mix of cool-season annuals. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 282, p. 58-68, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.016>. Acesso em: 24 abril 2019.

BROECKLING, Corey D. *et al.* Root exudates regulate soil fungal community composition and diversity. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 74, n. 3, p. 738-744, 2008. Disponível em: <https://aem.asm.org/content/74/3/738>. Acesso em: 24 abril 2019.

BÜNEMANN, Else K. *et al.* Soil quality—A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 105-125, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>. Acesso em: 24 abril 2019.

CALABI-FLOODY, Marcela *et al.* Smart fertilizers as a strategy for sustainable agriculture. In: **Advances in Agronomy**, v.147, p.119-157, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.10.003>. Acesso em: 30 junho 2019.

CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone *et al.* Atributos indicadores de qualidade em solos de cerrado no entorno do Parque Nacional das Emas, Goiás. **Bioscience Journal**, v.29, n.6, p.1857-1868, 2013. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22098>. Acesso em: 30 junho 2019.

CHÁVEZ, Luis Fernando *et al.* Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1254-1261, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000020>. Acesso em: 30 junho 2019.

CHEN, Hao *et al.* Seasonal changes of soil microbial C, N, P and associated nutrient dynamics in a semiarid grassland of north China. **Applied Soil Ecology**, v. 128, p. 89-97, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.04.008>. Acesso em: 30 junho 2019.

CHEN, W.; HOITINK, H. A. J.; MADDEN, L. V. Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, v. 78, n. 11, p. 1447-1450, 1988. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1988Articles/Phyto78n11_1447.PDF. Acesso em: 30 junho 2019.

- CHEN, Yong-Liang *et al.* Plant diversity represents the prevalent determinant of soil fungal community structure across temperate grasslands in northern China. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 110, p. 12-21, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.02.015>. Acesso em: 30 junho 2019
- COLLAZZO, G. C. *et al.* A detailed non-isothermal kinetic study of elephant grass pyrolysis from different models. **Applied Thermal Engineering**, v. 110, p. 1200-1211, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.09.012>. Acesso em: 30 junho 2019.
- CORDERO, Irene; SNELL, Helen; BARDGETT, Richard D. High throughput method for measuring urease activity in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 134, p. 72-77, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.03.014>. Acesso em: 30 junho 2019.
- COSTA, Nídia Raquel *et al.* Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 852-863, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140269>. Acesso em: 30 junho 2019
- CUNHA, A. P. M. *et al.* Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian semiarid region. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 214, p. 494-505, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.09.010>. Acesso em: 30 junho 2019
- CUNHA, Márcio Vieira da *et al.* Structural and morphological characteristics of *Pennisetum* sp. genotypes under grazing during the dry period. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 540-549, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000300004>. Acesso em: 30 junho 2019
- DILLY, Oliver; POMPILI, Letizia; BENEDETTI, Anna. Soil micro-biological indicators separated land use practices in contrast to abiotic soil properties at the 50 km scale under summer warm Mediterranean climate in northern Italy. **Ecological Indicators**, v. 84, p. 298-303, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.013>. Acesso em: 30 junho 2019
- DOMÍNGUEZ-HAYDAR, Yamileth *et al.* Evaluation of reclamation success in an open-pit coal mine using integrated soil physical, chemical and biological quality indicators. **Ecological Indicators**, v. 103, p. 182-193, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.015>. Acesso em: 14 julho 2019
- DORAN, John W.; PARKIN, Timothy B. Defining and assessing soil quality. **Defining soil quality for a sustainable environment**, n. definingsoilqua, p. 1-21, 1994. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/sssaspecialpubl/definingsoilqua/1>. Acesso em: 14 julho 2019
- DOTANIYA, M. L. *et al.* Role of soil enzymes in sustainable crop production. *In: Enzymes in Food Biotechnology*. Academic Press, 2019. p. 569-589. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813280-7.00033-5>. Acesso em: 14 julho 2019
- DROBNIK, Thomas *et al.* Soil quality indicators—From soil functions to ecosystem services. **Ecological Indicators**, v. 94, p. 151-169, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.052>. Acesso em: 14 julho 2019

DURENKAMP, Mark *et al.* Nanoparticles within WWTP sludges have minimal impact on leachate quality and soil microbial community structure and function. **Environmental Pollution**, v. 211, p. 399-405, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.12.063>. Acesso em: 16 julho 2019.

EIVAZI, F.; TABATABAI, M. A. Phosphatases in soils. **Soil biology and Biochemistry**, v. 9, n. 3, p. 167-172, 1977. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(77\)90070-0](https://doi.org/10.1016/0038-0717(77)90070-0). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0038071777900700>. Acesso em: 16 fevereiro 2019.

EIVAZI, F.; TABATABAI, M.A. Glucosidases and galatosidases in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.20, p.601–606, 1988. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(88\)90141-1](https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90141-1). Acesso em: 16 julho 2019.

GHOSH, Avijit *et al.* Soil enzymes and microbial elemental stoichiometry as bio-indicators of soil quality in diverse cropping systems and nutrient management practices of Indian Vertisols. **Applied Soil Ecology**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.06.007>. Acesso em: 16 julho 2019.

GONZÁLEZ-UBIARNA, Sergio; LAI, Roberto. Modelling the effects of climate factors on soil respiration across Mediterranean ecosystems. **Journal of Arid Environments**, v. 165, p. 46-54, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.02.008>. Acesso em: 16 julho 2019.

GRYTA, Agata; FRĄC, Magdalena; OSZUST, Karolina. Community shift in structure and functions across soil profile in response to organic waste and mineral fertilization strategies. **Applied Soil Ecology**, v. 143, p. 55-60, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.05.032>. Acesso em: 16 julho 2019.

HAO, Minmin *et al.* Shifts in microbial community and carbon sequestration in farmland soil under long-term conservation tillage and straw returning. **Applied Soil Ecology**, v. 136, p. 43-54, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.12.016>. Acesso em: 16 julho 2019.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio.html>. Acesso em 01 de julho de 2019.

INMET-INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. **BDMEP**, 2017. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 20 de janeiro de 2019.

INNANGI, Michele *et al.* Effects of olive pomace amendment on soil enzyme activities. **Applied Soil Ecology**, v. 119, p. 242-249, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.015>. Acesso em: 26 julho 2019.

ISERMEYER, H. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. **Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde**, v. 56, n. 1-3, p. 26-38, 1952.

ISLAM, K. R; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 55, n. 1, p. 69-78, 2000. Disponível em: <http://www.jswnonline.org/content/55/1/69.short>. Acesso em: 30 junho 2019.

JENKINSON, D. S. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. **Soil Biochemistry**, v. 5, p. 415-471, 1981. Disponível em: <https://ci.nii.ac.jp/naid/10004974726/>. Acesso em: 24 julho 2019.

JIA, Guomei; LIU, Xiao. Soil microbial biomass and metabolic quotient across a gradient of the duration of annually cyclic drainage of hillslope riparian zone in the three gorges reservoir area. **Ecological Engineering**, v. 99, p. 366-373, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.063>. Acesso em: 30 julho 2019.

KABIRI, Vida; RAIESI, Fayez; GHAZAVI, Mohammad Ali. Tillage effects on soil microbial biomass, SOM mineralization and enzyme activity in a semi-arid Calcixerepts. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 232, p. 73-84, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.022>. Acesso em: 30 julho 2019.

KADER, M. A. et al. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. **Soil and Tillage Research**, v. 168, p. 155-166, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.063>. Acesso em: 30 julho 2019.

KAISERMANN, Aurore *et al.* Agricultural management affects the response of soil bacterial community structure and respiration to water-stress. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 66, p. 69-77, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.07.001>. Acesso em: 17 junho 2019.

KANDEL, Raju *et al.* Assessment of genetic diversity in Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) using microsatellite, single-nucleotide polymorphism and insertion-deletion markers from pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.). **Plant Molecular Biology Reporter**, v. 34, n. 1, p. 265-272, 2016. Disponível em: [10.1007/s11105-015-0918-2](https://doi.org/10.1007/s11105-015-0918-2). Acesso em: 17 junho 2019.

KANDELER, Ellen; GERBER, H. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. **Biology and Fertility of Soils**, v. 6, n. 1, p. 68-72, 1988. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00257924>. Acesso em: 17 junho 2019.

KRÜGER, Inken *et al.* Defining a reference system for biological indicators of agricultural soil quality in Wallonia, Belgium. **Ecological Indicators**, v. 95, p. 568-578, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.08.010>. Acesso em: 29 junho 2019.

LEWANDOWSKI, Tera E. *et al.* Do biological legacies moderate the effects of forest harvesting on soil microbial community composition and soil respiration. **Forest Ecology and Management**, v. 432, p. 298-308, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.020>. Acesso em: 29 junho 2019.

LI, Fusheng *et al.* Partial root-zone irrigation enhanced soil enzyme activities and water use of maize under different ratios of inorganic to organic nitrogen fertilizers. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 2, p. 231-239, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.09.014>. Acesso em: 29 junho 2019.

LI, Guanlin *et al.* Precipitation affects soil microbial and extracellular enzymatic responses to warming. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 212-221, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.02.014>. Acesso em: 29 junho 2019.

LI, WeiLiu *et al.* Effect of nitrogen fertilizer on the growth, herbage bio-energy yield and nitrogen utilization of *Pennisetum glaucum* × *P. purpureum* on arid infertile hill land in South China. **Acta Prataculturae Sinica**, v. 27, n. 3, p. 144-153, 2018. . Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183129212>. Acesso em: 29 junho 2019.

LIMA JUNIOR, Isaac Ferreira de *et al.* Uso de diferentes aditivos em silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **PUBVET**, v. 6, p. Art. 1429-1435, 2012. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/uploads/f52845b417f74a21031fb37b588f658b.pdf>. Acesso em: 30 junho 2019.

LIU, Yanchun *et al.* Responses of soil respiration to spring drought and precipitation pulse in a temperate oak forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 268, p. 289-298, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.01.029>. Acesso em: 29 junho 2019.

MACHADO, Juarez Campolina *et al.* Elephant grass ecotypes for bioenergy production via direct combustion of biomass. **Industrial Crops and Products**, v. 95, p. 27-32, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.014>. Acesso em: 15 julho 2019.

MAGALHÃES, João Avelar *et al.* Produção e composição química de variedades de cana-de-açúcar com fins forrageiros sob irrigação e adubação. **PUBVET**, v. 12, p. 136, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n12a230.1-10>. Acesso em: 15 julho 2019.

MARTINS, Minella A. *et al.* Improving drought management in the Brazilian semiarid through crop forecasting. **Agricultural Systems**, v. 160, p. 21-30, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.11.002>. Acesso em: 15 julho 2019.

MARTUSCELLO, J. A. *et al.* Características produtivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, n. 252, p. 565-570, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/495/49549091014.pdf>. Acesso em: 15 julho 2019.

MENDES, Ieda de Carvalho *et al.* Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types. **Plant and Soil**, v. 359, n. 1-2, p. 183-195, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-012-1195-6>. Acesso em: 29 junho 2019.

MENEGOL, Daiane *et al.* Potential of a *Penicillium echinulatum* enzymatic complex produced in either submerged or solid-state cultures for enzymatic hydrolysis of elephant grass. **Fuel**, v. 133, p. 232-240, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.05.003>. Acesso 12 julho 2019.

MENEZES, Bruna Rafaela da Silva *et al.* Comportamento Per se de híbridos de capim-elefante para fins energéticos. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 1, p. 73-85, 2016. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6294750>. Acesso em: 20 junho 2019.

MOCHEL FILHO, William de JE *et al.* Produtividade e composição bromatológica de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 81-88, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA14154>. Acesso em 20 junho 2019.

MOREIRA, Fátima Maria de Souza; SIQUEIRA, José Oswaldo. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Editora Ufla, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.09.003>. Acesso em: 30 junho 2019

MOLINA-MONTENEGRO, Marco A. *et al.* Nurse effect and soil microorganisms are key to improve the establishment of native plants in a semiarid community. **Journal of Arid Environments**, v. 126, p. 54-61, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.10.016>. Acesso em 20 junho 2019.

MORUGÁN-CORONADO, Alicia *et al.* The effect of moisture on soil microbial properties and nitrogen cyclers in Mediterranean sweet orange orchards under organic and inorganic fertilization. **Science of The Total Environment**, v. 655, p. 158-167, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.174>. Acesso em 20 junho 2019.

OBADÉ, Vincent de Paul. Integrating management information with soil quality dynamics to monitor agricultural productivity. **Science of The Total Environment**, v. 651, p. 2036-2043, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.106>. Acesso em 29 junho 2019.

ODUM, Eugene P. The strategy of ecosystem development. *In: The Ecological Design and Planning Reader*. Island Press, Washington, DC, 2014. p. 203-216. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.5822/978-1-61091-491-8_20. Acesso em: 2 julho 2019.

OU, Yang *et al.* Identification of the alteration of riparian wetland on soil properties, enzyme activities and microbial communities following extreme flooding. **Geoderma**, v. 337, p. 825-833, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.10.032>. Acesso em: 5 junho 2019.

PEREIRA, A.V. Escolha de variedade de capim-elefante. *In: Simpósio sobre manejo de pastagem*, 10, Piracicaba. **Anais Piracicaba: ESALQ**, 1993. p.47-62.

PEREIRA, Antonio Vander *et al.* Diversidade genética entre acessos de capim-elefante obtida com marcadores moleculares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1216-1221, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ana_Luisa_Azevedo/publication/250039924_Diversidade_genetica_entre_acessos_de_capim-elefante_obtida_com_marcadores_moleculares/links/00463529ccb860dd52000000/Diversidade-genetica-entre-acessos-de-capim-elefante-obtida-com-marcadores-moleculares.pdf. Acesso em: 29 maio 2019.

PEREIRA, Antônio Vander; LÉDO, Francisco José da Silva; MACHADO, Juarez Campolina. BRS Kurumi and BRS Capiapu-New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 59-62, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1c9>. Acesso em: 20 maio 2019.

PEREIRA, Sônia Valéria *et al.* Atividade microbiana em solo do Semiárido sob cultivo de *Atriplex nummularia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 757-762, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v39n8/21736.pdf>. Acesso em: 5 junho 2019.

PINHEIRO, Karina Mendes *et al.* Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 12, p.

939-947, 2014. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/19483>. Acesso em: 20 abril 2019.

PLACELLA, Sarah A.; BRODIE, Eoin L.; FIRESTONE, Mary K. Rainfall-induced carbon dioxide pulses result from sequential resuscitation of phylogenetically clustered microbial groups. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 27, p. 10931-10936, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1204306109>. Acesso 20 abril 2019.

PUISSANT, Jérémy *et al.* Seasonality alters drivers of soil enzyme activity in subalpine grassland soil undergoing climate change. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 124, p. 266-274, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.06.023>. Acesso 20 abril 2019.

RAVINDRAN, Anita; YANG, Shang-Shyng. Effects of vegetation type on microbial biomass carbon and nitrogen in subalpine mountain forest soils. **Journal of Microbiology, Immunology and Infection**, v. 48, n. 4, p. 362-369, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2014.02.003>. Acesso 20 abril 2019.

REN, Chengjie *et al.* Responses of soil total microbial biomass and community compositions to rainfall reductions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 116, p. 4-10, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.09.028>. Acesso 20 abril 2019.

SAINJU, Upendra M.; SINGH, Hari P.; SINGH, Bharat P. Soil carbon and nitrogen in response to perennial bioenergy grass, cover crop and nitrogen fertilization. **Pedosphere**, v. 27, n. 2, p. 223-235, 2017. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60312-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60312-6). Acesso 20 abril 2019.

SAIZ, Ernesto *et al.* Biological nitrogen fixation in peatlands: Comparison between acetylene reduction assay and $^{15}\text{N}_2$ assimilation methods. **Soil Biology and Biochemistry**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.01.011>. Acesso 20 abril 2019.

SANCHEZ-HERNANDEZ, Juan C.; SANDOVAL, Marco; PIERART, Antoine. Short-term response of soil enzyme activities in a chlorpyrifos-treated mesocosm: use of enzyme-based indexes. **Ecological Indicators**, v. 73, p. 525-535, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.10.022>. Acesso 20 abril 2019.

SANTOS, M. C. S. *et al.* Response of *Pennisetum* clones to periods of controlled hidric restriction. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 229, p. 31-39, 2011. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113205736>. Acesso em: 20 maio 2019.

SHI, Shaohua *et al.* Response of microbial communities and enzyme activities to amendments in saline-alkaline soils. **Applied soil ecology**, v. 135, p. 16-24, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.11.003>. Acesso em: 2 julho 2019.

SHTANGEEVA, Irina; BUŠA, Lauma; VIKSNA, Arturs. Carbon and nitrogen stable isotope ratios of soils and grasses as indicators of soil characteristics and biological taxa. **Applied Geochemistry**, v. 104, p. 19-24, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.03.009>. Acesso em: 13 julho 2019.

SILVA, Cristiane Figueira *et al.* Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio Vale do Paraíba do Sul

(RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1680-1689, 2012. Acesso em: 13 julho 2019.

SILVA, Érica de Oliveira *et al.* Seasonal effect of land use type on soil absolute and specific enzyme activities in a Brazilian semi-arid region. **Catena**, v. 172, p. 397-407, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.09.007>. Acesso em: 30 junho 2019.

SILVA, Maria Carolina Santos *et al.* Endophytic cultivable bacterial community obtained from the *Paullinia cupana* seed in Amazonas and Bahia regions and its antagonistic effects against *Colletotrichum gloeosporioides*. **Microbial Pathogenesis**, v. 98, p. 16-22, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2016.06.023>. Acesso em: 16 julho 2019.

SILVA, Yuri Lopes *et al.* A produção animal na economia da agricultura familiar: estudo de caso no semiárido brasileiro. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 35, n. 1, p. 53-74, 2018. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/26314>. Acesso em: 14 julho 2019.

SILVA, Paulo Ferreira da *et al.* Seasonal patterns of carbon dioxide, water and energy fluxes over the Caatinga and grassland in the semi-arid region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 147, p. 71-82, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.09.003>. Acesso em: 30 junho 2019.

SINGHANIA, Reeta Rani *et al.* Role and significance of beta-glucosidases in the hydrolysis of cellulose for bioethanol production. **Bioresource Technology**, v. 127, p. 500-507, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.09.012>. Acesso em: 13 julho 2019.

SMITH, Jeffrey L.; HALVORSON, Jonathan J.; BOLTON JR, Harvey. Soil properties and microbial activity across a 500 m elevation gradient in a semi-arid environment. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, n. 11, p. 1749-1757, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00162-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00162-1). Acesso em: 13 julho 2019.

STIDA, Wanessa Francesconi *et al.* Effect of nitrogen and potassium fertilization doses on elephant-grass genotypes for energy purposes. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLY, P. J. (Eds.). *Methods of soil analysis. Part 2. Microbial and biochemical properties*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 775-833.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Arylsulfatase activity of soils 1. **Soil Science Society of America Journal**, v. 34, n. 2, p. 225-229, 1970. Disponível em: [10.2136/sssaj1970.03615995003400020016x](https://doi.org/10.2136/sssaj1970.03615995003400020016x). Acesso em: 20 junho 2019.

TAKETANI, Rodrigo Gouvêa *et al.* Functional congruence of rhizosphere microbial communities associated to leguminous tree from Brazilian semiarid region. **Environmental Microbiology Reports**, v. 7, n. 1, p. 95-101, 2015. Acesso em: 25 junho 2019.

TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology and**

Biochemistry, v. 20, n. 3, p. 329-335, 1988. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(88\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90013-2). Acesso em: 20 junho 2019.

UPTON, Racheal N.; BACH, Elizabeth M.; HOFMOCKEL, Kirsten S. Spatio-temporal microbial community dynamics within soil aggregates. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 132, p. 58-68, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.01.016>. Acesso em: 20 junho 2019.

VANCE, Eric D.; BROOKES, Peter C.; JENKINSON, David S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6). Acesso em: 20 junho 2019.

VARGAS, Rodrigo *et al.* Precipitation variability and fire influence the temporal dynamics of soil CO₂ efflux in an arid grassland. **Global Change Biology**, v. 18, n. 4, p. 1401-1411, 2012. Acesso em: 20 junho 2019.

VIANA, Bruno Leal *et al.* Morphological characteristics and proportion of leaf blade tissues of elephant grass clones under sheep grazing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1268-1275, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2018001100009>. Acesso em: 20 junho 2019.

VIANA, M. C. M. *et al.* Irrigação de pastagens. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2005.

WANG, Chao; LIU, Dongwei; BAI, Edith. Decreasing soil microbial diversity is associated with decreasing microbial biomass under nitrogen addition. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 126-133, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.02.003>. Acesso em: 20 junho 2019.

WANG, Gangsheng *et al.* Soil moisture drives microbial controls on carbon decomposition in two subtropical forests. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 130, p. 185-194, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.12.017>. Acesso em: 20 junho 2019.

WEITAO, LI. *et al.* Responses of soil enzyme activities and microbial community composition to moisture regimes in paddy soils under long-term fertilization practices. **Pedosphere**, v. 28, n. 2, p. 323-331, 2018. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(18\)60010-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60010-4). Acesso em: 20 junho 2019.

WESEMAEL, Bas Van *et al.* An indicator for organic matter dynamics in temperate agricultural soils. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 274, p. 62-75, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.01.005>. Acesso em: 20 junho 2019.

WU, Hanqing *et al.* Effects of irrigation and nitrogen fertilization on greenhouse soil organic nitrogen fractions and soil-soluble nitrogen pools. **Agricultural Water Management**, v. 216, p. 415-424, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.02.020>. Acesso em: 20 junho 2019.

XU, Yadong *et al.* Variations of soil nitrogen-fixing microorganism communities and nitrogen fractions in a Robinia pseudoacacia chronosequence on the Loess Plateau of China. **Catena**, v. 174, p. 316-323, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.009>. Acesso em: 20 junho 2019.

YADA, Marcela Midori *et al.* Chemical and biochemical properties of soils degraded by tin mining and in a rehabilitation phase in the Amazon Basin. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 714-724, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140499>. Acesso em: 20 junho 2019.

YANG, Chao; LIU, Nan; ZHANG, Yingjun. Soil aggregates regulate the impact of soil bacterial and fungal communities on soil respiration. **Geoderma**, v. 337, p. 444-452, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.10.002>. Acesso em: 14 julho 2019.

YANG, Shan *et al.* Variations in soil microbial community composition and enzymatic activities in response to increased N deposition and precipitation in Inner Mongolian grassland. **Applied Soil Ecology**, v. 119, p. 275-285, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.041>. Acesso em: 14 julho 2019.

YANG, Xiao-Dong *et al.* Soil moisture and salinity as main drivers of soil respiration across natural xeromorphic vegetation and agricultural lands in an arid desert region. **Catena**, v. 177, p. 126-133, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.02.015>. Acesso em: 20 abril 2019.

YOUSEIF, Sameh H. Genetic diversity of plant growth promoting rhizobacteria and their effects on the growth of maize plants under greenhouse conditions. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 63, n. 1, p. 25-35, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2018.04.002>. Acesso em: 20 abril 2019.

ZENG, Jun *et al.* Nitrogen fertilization directly affects soil bacterial diversity and indirectly affects bacterial community composition. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 92, p. 41-49, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.09.018>. Acesso em: 20 abril 2019.

ZENG, Peng *et al.* Dynamic response of enzymatic activity and microbial community structure in metal (loid)-contaminated soil with tree-herb intercropping. **Geoderma**, v. 345, p. 5-16, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.03.013>. Acesso em: 7 maio 2019.

ZHANG, Yulan *et al.* Kinetic parameters of soil β -glucosidase response to environmental temperature and moisture regimes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1285-1291, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000400022>. Acesso em: 10 abril 2019.

ZHAO, Huan *et al.* Stoichiometry of soil microbial biomass carbon and microbial biomass nitrogen in China's temperate and alpine grasslands. **European Journal of Soil Biology**, v. 83, p. 1-8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.09.007>. Acesso em: 20 abril 2019.

ZHENG, Qing *et al.* Soil multifunctionality is affected by the soil environment and by microbial community composition and diversity. **Soil Biology and Biochemistry**, p. 107521, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107521>. Acesso em: 20 abril 2019.