

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

ANDRÉ SOARES DE CASTRO

**ADUBAÇÃO MINERAL E BIOESTIMULANTES EM PASTAGENS
DEGRADADAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA**

ALEGRE - ES

2022

ANDRÉ SOARES DE CASTRO

**ADUBAÇÃO MINERAL E BIOESTIMULANTES EM PASTAGENS
DEGRADADAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Magister Scientiae em Agronomia, na área de concentração Agronomia, Linha de Pesquisa Solo e água e interação com plantas.

Orientador: Dr. Sc. Eduardo de Sá Mendonça.

Alegre – ES

2022

ADUBAÇÃO MINERAL E BIOESTIMULANTES EM PASTAGENS DEGRADADAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA

André Soares de Castro

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia na área de Solo e água e interação com plantas.

Aprovada em 24 de maio de 2022.

Comissão examinadora:

Documento assinado digitalmente
 GUSTAVO SOARES DE SOUZA
Data: 01/02/2023 13:32:20-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Gustavo Soares de Souza
Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina
Membro Externo

Documento assinado digitalmente
 DIEGO LANG BURAK
Data: 16/02/2023 09:55:23-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Diego Lang Burak
Universidade Federal do Espírito Santo
Membro Interno

Documento assinado digitalmente
 EDUARDO DE SA MENDONCA
Data: 31/01/2023 13:47:35-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Phd. Eduardo de Sá Mendonça
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

C355a Castro, André Soares de, 2000-
Adução mineral e bioestimulantes em pastagens degradadas no bioma mata atlântica / André Soares de Castro. - 2022.
114 f. : il.

Orientador: Eduardo de Sá Mendonça.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Degradação. 2. Fabaceae. 3. Manejo do solo. 4. Matéria orgânica. 5. Poaceae. I. Mendonça, Eduardo de Sá. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. III. Título.

CDU: 63

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, pois sem ele nada seria possível.

Ao meu orientador Eduardo de Sá Mendonça, pela orientação neste projeto e durante a pesquisa, sendo um grande exemplo de pessoa, líder e profissional.

Aos meus pais Elizabete Soares de Castro e Mario Cezar de Castro, que mesmo sem pedir nada em troca, nunca me deixaram faltar nada.

Aos meus amigos, em especial: Vanessa Cardoso, Diego Trollis, Laricia Emerick, Rafael Almeida, Maria Eduarda Emerick, Leonan Emerick, Ester do Nascimento, e aos grupos “IFamilia”, “Emerick’s et al.” e “só os bão”, muito obrigado pelo apoio incondicional e compreensão. Tenho muito orgulho de vocês.

Aos amigos que fiz durante minha breve passagem pelo curso de pós-graduação, são tantos nomes que poderia deixar algum de fora, portanto deixo agradecimento especial a minha amiga/mãe, Hercília, mais conhecida como “Dona Maria”, que foi um dos maiores presentes que a pós-graduação me concedeu.

A minha banca avaliadora. Muito obrigado pelas contribuições.

Ao IDAF pelo apoio institucional e logístico, especialmente ao funcionário Filipe Barbosa.

Essa vitória não seria alcançada sem cada um, vocês foram essenciais nesta etapa da minha vida. Serei grato por tudo e todos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUÇÃO GERAL.....	9
HIPÓTESE	13
OBJETIVOS.....	13
Objetivo geral:	13
Objetivos específicos:	13
1. METODOLOGIA	14
1.1. METODOLOGIA DE PREPARO DOS BIOESTIMULANTES.....	19
1.2. APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	21
1.2.1. INOCULAÇÃO AZOTOTAL®.....	19
1.2.2. INOCULAÇÃO BRADYRIZHOBIIUM JAPONICUM (BR 446).....	19
1.2.3. SUBSTÂNCIAS HÚMICAS.....	20
1.2.4. ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO	20
1.3. AVALIAÇÕES DE CAMPO.....	21
1.3.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E FITOTÉCNICAS.....	21
1.3.1.1. ÍNDICE DE CLOROFILA A, B E TOTAL E EFICIÊNCIA QUÂNTICA DO FOTOSISTEMA II.....	22
1.3.2. SIMULAÇÃO DE PASTEJO E BIOMASSAS DA PARTE AÉREA	22
1.3.3. DISTRIBUIÇÃO E BIOMASSA DE RAIZ.....	24
1.3.4. AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS DO SOLO.....	24

1.4.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	25
------	-----------------------------	----

CAPÍTULO 1: AUMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE PASTAGENS DEGRADADAS NO SUL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, SUBMETIDA AO PLANTIO DE <i>UROCHLOA CV. MARANDU</i> , COM USO DE BIOESTIMULANTES E ADUBAÇÃO MINERAL EM DIFERENTES SISTEMAS DE PLANTIO.....		26
--	--	----

RESUMO.....	26
-------------	----

ABSTRACT.....	27
---------------	----

1.	INTRODUÇÃO	28
----	------------------	----

2.	RESULTADOS.....	30
----	-----------------	----

2.1.	CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E FITOTÉCNICAS ...	30
------	--	----

2.1.1.	CLOROFILA E EFICIÊNCIA QUÂNTICA DO FOTOSSISTEMA II	36
--------	---	----

2.2.	SIMULAÇÃO DE PASTAGEM E BIOMASSA DA PARTE AÉREA ...	40
------	---	----

2.3.	DISTRIBUIÇÃO E BIOMASSA DAS RAÍZES	43
------	--	----

2.4.	ATRIBUTOS DO SOLO	44
------	-------------------------	----

2.4.1.	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO.....	44
--------	-------------------------------	----

2.4.1.1.	PRIMEIRO CICLO AVALIATIVO	45
----------	---------------------------------	----

2.4.1.2.	SEGUNDO CICLO DE CULTIVO	46
----------	--------------------------------	----

2.4.1.3.	TERCEIRO CICLO AVALIATIVO	47
----------	---------------------------------	----

2.4.2.	EMIÇÃO DE CO ₂	48
--------	---------------------------------	----

2.4.3.	FERTILIDADE DO SOLO	49
--------	---------------------------	----

2.4.4.	CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT), NITROGÊNIO TOTAL (NT) E RELAÇÃO COT/NT	52
--------	--	----

3.	DISCUSSÃO	56
4.	CONCLUSÃO	60
CAPÍTULO 2: RECUPERAÇÃO PRODUTIVA DE PASTAGENS DEGRADADAS COM STYLOSANTHES CV. BRS CAMPO GRANDE I E II, COM USO DE BIOESTIMULANTES E REDUÇÃO DA ADUBAÇÃO MINERAL, EM DIFERENTES SISTEMAS DE PLANTIO.		
	61	
	RESUMO.....	61
	ABSTRACT.....	62
1.	INTRODUÇÃO	63
2.	RESULTADOS.....	65
2.1.	CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA E FITOTÉCNICA.....	65
2.1.1.	QUÂNTICA DO FOTOSSISTEMA II.....	70
2.2.	SIMULAÇÃO DE PASTAGEM E BIOMASSA DA PARTE AÉREA ...	73
2.3.	DISTRIBUIÇÃO E BIOMASSA DAS RAÍZES	76
2.4.	ATRIBUTOS DO SOLO	77
2.4.1.	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO.....	77
2.4.1.1.	PRIMEIRO CICLO AVALIATIVO	78
2.4.1.2.	SEGUNDO CICLO DE CULTIVO	79
2.4.1.3.	TERCEIRO CICLO AVALIATIVO	80
2.4.2.	EMISSÃO DE CO ₂	82
2.4.3.	FERTILIDADE DO SOLO	83
2.4.4.	CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT), NITROGÊNIO TOTAL (NT) E RELAÇÃO COT/NT	85

3.	DISCUSSÃO	89
4.	CONCLUSÃO	92
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

RESUMO

A degradação do solo é um fator agravante em todo o país, que é sujeito ao acontecimento por diversos motivos, tais como o mal manejo do solo, o mal manejo fitotécnico das plantas, englobando o manejo do rebanho, além do relevo, que muitas das vezes são acentuados e ainda os fatores climáticos. Assim, a degradação do solo vem se destacando no setor da pecuária como um dos principais agravante da baixa produtividade, que sofre diariamente com redução no rendimento das forrageiras, o que preconiza diretamente no rendimento dos rebanhos brasileiros e nos custos de produção dessa atividade. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo a recuperação da capacidade produtiva de pastagens em áreas com condições de alto nível de degradação submetidas ao uso de bioestimulantes em duas espécies forrageiras tropicais e sobre duas perspectivas de sistemas de manejo de solo (com escarificação – SCE e sem escarificação – SSE). Assim, o uso da escarificação (SCE), associada aos insumos biológicos, e a redução de adubação mineral proporcionaram melhores características técnicas e de biomassa verde e seca para as forrageiras *Urochloa cv. Marandu* e *Stylosanthes cv. Campo Grande I e II*. Ressalta-se também que o uso da escarificação (SCE) proporcionou melhores resultados na distribuição e quantidade de biomassa radicular e das características fisiológicas, além de apresentar menores resultados de compactação do solo em relação ao sistema sem escarificação (SSE). Destaca-se que, em ambas as forrageiras, o uso de biotecnologias associado ao SCE, e com doses reduzidas de adubação mineral, apresentaram valores similares ao uso de 100% de adubação mineral (tratamento 2). Assim, o uso de bioestimulantes para a regiões com relevos declivosos, baixas precipitações, pouco tecnificada e com baixa disponibilidade de nutrientes, podem ser uma alternativa na recuperação inicial de áreas com alto nível de degradação.

Palavras-chave: Degradação; Fabaceae; Manejo do solo; Matéria orgânica; Poaceae.

ABSTRACT

Soil degradation is an aggravating factor throughout the country, which is subject to the event for several reasons, such as poor soil management, poor phytotechnical management of plants, including livestock management, in addition to the relief, which many of the are accentuated and also climatic factors. Thus, soil degradation has been highlighted in the livestock sector as one of the main aggravating factors of low productivity, which suffers daily from a reduction in forage yield, which directly advocates the yield of Brazilian herds and the production costs of this activity. Given the above, the present work aimed to recover the productive capacity of pastures in areas with conditions of high level of degradation subjected to the use of biostimulants in two tropical forage species and on two perspectives of soil management systems (with scarification - SCE and without scarification – SSE). Thus, the use of scarification (SCE), associated with biological inputs, and the reduction of mineral fertilization provided better technical characteristics and green and dry biomass for forage plants *Urochloa* cv. Marandu and *Stylosanthes* cv. Campo Grande I and II. It is also noteworthy that the use of scarification (SCE) provided better results in the distribution and amount of root biomass and physiological characteristics, in addition to presenting lower soil compaction results in relation to the system without scarification (SSE). It is noteworthy that, in both forages, the use of biotechnologies associated with SCE, and with reduced doses of mineral fertilizer, showed values similar to the use of 100% mineral fertilizer (treatment 2). Thus, the use of biostimulants for regions with sloping relief, low rainfall, little technology and low availability of nutrients, can be an alternative in the initial recovery of areas with a high level of degradation.

Keywords: Degradation; *Fabaceae*; Soil management; Organic matter; *Poaceae*.

INTRODUÇÃO GERAL

O pastejo é a base da alimentação da pecuária brasileira, seja com pasto natural ou plantado. Em decorrência do aumento na demanda de produção de bovinos e maior exigência por parte do consumidor, o Brasil é um dos maiores produtores de carne bovina do mundo (BORGHI et al., 2018; SILVA et al., 2020; SILVA et al., 2021). O agronegócio brasileiro no ano de 2019 foi responsável por 21,4% do PIB total, impulsionado principalmente pelo setor pecuário (CNA, 2020).

As pastagens ocupam aproximadamente dois terços das áreas agricultáveis do mundo, enquanto no Brasil, esse setor representa cerca de 45% do uso da terra. Entre 2000 e 2018, ocorreu uma expansão de 27% nas áreas destinadas às pastagens com manejo e aumentou em cerca de 43% de áreas degradadas (SILVA et al., 2020; IBGE, 2020; IBGE 2019; FAO, 2015). Em 2017, as pastagens ocupavam cerca de 160 milhões de ha no Brasil, destes 11,86 milhões de ha encontravam-se em más condições de uso, sendo essas definidas como áreas que podem apresentar problemas como erosão, plantas invasoras, baixa produtividade, alta densidade do solo e presença de pragas e doenças (IBGE, 2019; DIAS FILHO, 2014). Estima-se que 80% das pastagens brasileiras se encontram em algum estágio de degradação (BORGHI, 2018). Na região sudeste, o estado do Espírito Santo ocupa a segunda posição em proporção de pastagens em condições inadequadas, atrás apenas do estado de Minas Gerais (IBGE, 2019).

Em 2017, o Espírito Santo possuía aproximadamente 1,47 milhões de ha de pastagens, onde aproximadamente 11% das áreas se encontravam em condições inadequadas de uso, apesar de ser a segunda atividade agrícola em importância econômica no estado (GALEANO et al., 2016; IBGE, 2019). Contudo, a pecuária capixaba é predominantemente de forma extensiva e pouco tecnificada, levando a uma baixa capacidade produtiva e áreas com diferentes níveis de degradação, proporcionando baixa taxa de lotação animal (SILVA et al., 2020).

Assim, 238.943,66 ha das pastagens capixabas apresentam algum nível de degradação (18,10% das áreas destinadas para este cultivo), o que representa a maior dimensão de área degradada por tipo de cultivo no estado (SEAG, 2017; BARRETO et al. 2012). Municípios de Alegre e Jerônimo Monteiro se destacam como municípios fortemente afetados, com extensas áreas com altos níveis de degradação, com, respectivamente, 9.115 e 4.700 ha de pastagens plantadas em condições inadequadas, representando, 21,17% e 53,01%, respectivamente, da área total das pastagens dos municípios (IBGE, 2019).

As pastagens bem manejadas garantem produtividade e rentabilidade das cadeias produtivas do setor da pecuária no país, além de manterem os solos em condições aptas para o uso, garantindo cobertura vegetal, evitando efeitos de degradação, erosão e promovendo o enriquecimento da biota e do acréscimo de carbono orgânico (ANDRADE et al., 2021). Os principais fatores de degradação das pastagens estão relacionados ao manejo inadequado, ausência de adubação e a grande expressão do relevo forte ondulado a montanhoso (GONÇALVES, 2021; MESQUITA, 2011), favorecendo a perda da capacidade de produção vegetal, diminuindo a disponibilidade de forragem para a alimentação animal (SILVA et al., 2021). O baixo teor de nitrogênio disponível no solo é um dos principais fatores que limitam a produtividades da maioria das culturas nas regiões tropicais (REIS, 2021; ZATTA et al., 2021 MACHADO et al., 2017; SILVA et al., 2013; BONFIM-SILVA; MONTEIRO, 2006; PRIMAVESI et al., 2006; BODDEY et al., 2004). Neste sentido, as estratégias de recuperação das pastagens devem ser realizadas baseadas no conhecimento das causas que promovem sua degradação (DIAS-FILHO, 2011). A recuperação de áreas degradadas, principalmente as pastagens, podem auxiliar e contribuir para mitigar o aquecimento global, por meio da fixação de gases de efeito estufa, ajudando no cumprimento das metas firmadas pelo governo brasileiro em acordos internacionais (UNFCCC, 2015).

O uso de bioestimulantes, adicionalmente à renovação da pastagem e manejo adequado, pode potencializar o reestabelecimento de pastagens degradadas. Bioestimulantes são extratos de vários metabólitos microbianos, podendo ser classificados como prebióticos de acordo seus efeitos diretos ou indiretos sobre o crescimento da planta ou servir como precursores para a comunidade

microbiana nativa do solo para sintetizar reguladores de crescimento de planta, além de aumentar a eficiência nutricional, a tolerância ao estresse abiótico e/ou as características da qualidade da cultura, independentemente do seu estado nutricional (SHAH et al., 2018; TANAKA et al., 2015; SEN et al., 2015; CALVO et al., 2014 ; CANELLAS et al., 2013 e 2015).

Bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) é uma tecnologia sustentável e resulta na menor dependência por adubações nitrogenadas. Para sua máxima eficiência, o inóculo deve possuir estabilidade e ser eficientemente introduzido na planta hospedeira (RILLING et al., 2019; MIRZA et al., 2001), produzindo substâncias que suprimem os fitopatógenos do solo, mobilizando os nutrientes das plantas e favorecendo o desenvolvimento vegetal (CALVO et al., 2014; GLICK, 2015).

Ainda de acordo com o conceito de bioestimulantes, óleos essenciais (OE) de eucalipto podem apresentar benefícios particularmente importantes no reestabelecimento de pastagens degradadas, como auxílio ao crescimento vegetal e estímulo ao metabolismo energético (PARRADO et al., 2007). Óleos extraídos de espécies do gênero *Eucalyptus spp.* podem funcionar como bioestimulantes de crescimento vegetal, atividade antifúngica e antibacteriana (LUDLEY et al., 2009; TAN et al., 2008; STEFFEN et al., 2008; SANDI; BLANCO, 2007).

A utilização de substâncias húmicas (SH), como forma de bioestimulantes, aplicando diretamente ou indiretamente sobre o tecido vegetal pode resultar em maior crescimento da raiz e/ou da parte aérea, além da melhoria da nutrição. A concentração de nitrogênio presente nas SH não deve contribuir para o aumento do crescimento das plantas, porém pode induzir mudanças no metabolismo do carbono e do nitrogênio por influenciarem a atividade de enzimas associadas ao ciclo fotossintético, e na atividade hormonal, que são associadas a compostos nitrogenados, como auxinas e poliaminas (ROSE et al., 2014; NARDI et al., 2000; YOUNG & CHEN, 1997). Concomitantemente, as SH podem, quando aplicadas ao solo, serem agentes de remediação promissores para terras degradadas, devido à sua capacidade de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (NARDI et al., 2000; GUO et al., 2019).

As respostas ao crescimento das plantas são fortemente afetadas pela origem das SH aplicada (CHEN et al. 2004; GUO et al., 2019). A aplicação de SH via foliar ou solo, extraídas de vermicompostos de minhocas, pode ser uma boa alternativa para estimular o crescimento de plantas, pois além de ser uma prática sustentável, este material é rico em ácidos orgânicos com grande capacidade de promoção do crescimento vegetal, especialmente do sistema radicular (FAÇANHA et al., 2002; JINDO et al., 2012; CANELLAS et al., 2013).

Para uma melhor eficiência no uso dos bioestimulantes, além da necessidade de interação e respostas aos estímulos de crescimento promovido pelos bioestimulantes (OE, SH, BPCV), é fundamental a escolha de espécies vegetais com boa adaptação ao ambiente. Áreas de pastagens em estágios degradativos apresentam condições químicas, físicas e biológicas do solo inadequadas para o crescimento de plantas. Algumas espécies de Poaceae e Fabaceae apresentam potencial para se estabelecerem nesse tipo de ambiente, como as espécies *Urochloa* cv. *Marandu* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande I e II, pois além das características culturais, possuem importante eficiência simbiótica com BPCV (DATE & EAGLES, 2010; BURNS; ANACKER; STRAUSS; BURKE, 2015; HUNGRIA et al., 2016, TERRA, et al., 2019).

Contudo, Denardin (2014) relata a dificuldade da disseminação do uso de bioestimulantes, por causa do manejo inadequado das áreas devido à falta de procedimentos essenciais para a revitalização do sistema de produção. Dan (2020) relata que a inserção de novas práticas de manejo aderidas a novas tecnologias resultam em inúmeros benefícios à conservação do solo, dos recursos hídricos, na biodiversidade e no sequestro de carbono. Destacam-se os efeitos das BPCV e substâncias húmicas (SH), que apresentam capacidade de incrementarem o crescimento vegetal e de atuarem como bioestimulante sobre o metabolismo bioquímico das plantas (ROSE et al, 2014).

Diante do exposto, o foco do presente trabalho foi desenvolver para o sistema de produção pecuária tecnologias economicamente viáveis e ecologicamente corretas na recuperação de pastagens degradadas, que privilegiem processos microbianos e a ciclagem de nutrientes que ocorrem naturalmente, mas que podem ser potencializadas pela ação de bioestimulantes e o manejo adequado

da cultura e do solo associados ao plantio de *B. brizantha* cv. Marandu e *Stylosanthes* cv. Campo Grande.

HIPÓTESE

Tendo em vista a degradação das pastagens no sul do estado do Espírito Santo devido ao processo de manejo do solo, juntamente com o manejo do rebanho inadequado, consorciados à região com relevo forte ondulado a montanhoso e períodos de escassez hídrica, é possível inferir que o processo de erosão dos solos e, concomitantemente, a degradação dos mesmos contribuem significativamente com a perda total e ou parcial da aptidão agrícola da região. Assim, o uso de biotecnologias como a associação de substância húmica em conjunto com 40% de adubação mineral ou a aplicação de OEE e de microrganismos acarreta desenvolvimento similares das forrageiras tropicais quando comparado a 100% de adubação.

OBJETIVOS

Objetivo geral:

Aumento da capacidade produtiva de pastagens em áreas com condições de alto nível de degradação submetidas ao uso de insumos biológicos em plantio de *Urochloa* cv. Marandu e *Stylosanthes* cv. RBS Campo Grande I e II, em diferentes sistemas de manejo.

Objetivos específicos:

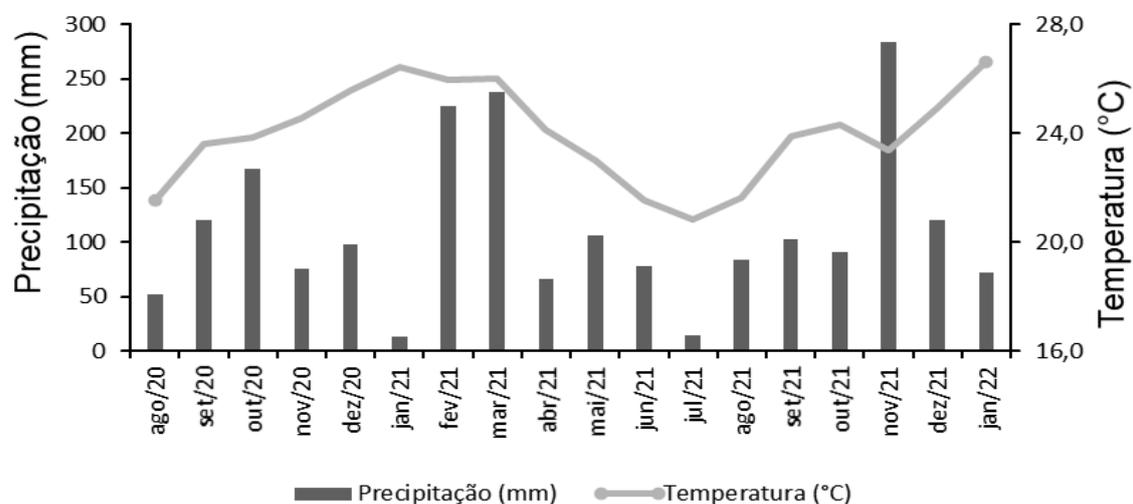
Avaliar e caracterizar o crescimento morfológico de genótipos de *Urochloa* cv. Marandu e *Stylosanthes* cv. RBS Campo Grande I e II sob diferentes insumos biológicos associados a diferentes níveis de adubação mineral, em sistemas de manejos diferentes.

Avaliar atributos químicos, físicos e a matéria orgânica do solo em pastagens submetidas ao uso dos insumos biológicos associados à adubação química em sistemas de manejo do solo diferente.

1. METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido em dois municípios do sul do estado do Espírito Santo. Uma área de pastagem com alto nível de degradação no município de Jerônimo Monteiro, a 20° 78' S 41° 38' O e 200 m de altitude, e outra área em Alegre, a 20° 43' S 41° 24' O e 134 m de altitude. As regiões apresentam clima com estações secas e chuvosas bem definidas, classificado como Awa, tropical, pelo sistema de Köppen (1931), com inverno ameno e seco. A precipitação e temperatura no período experimental foram monitoradas pela estação meteorológica automática do INMET localizada no município de Alegre-ES (Figura 1). O tipo do solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo alumínico típico, com relevo forte ondulado e bem drenado, para a área de Jerônimo Monteiro, enquanto na área de Alegre o solo da área experimental é o Latossolo Amarelo distrófico argissólico, com relevo forte ondulado e imperfeitamente drenado.

Figura 1 - Dados meteorológicos (Precipitação e Temperatura média) do período de agosto de 2020 a janeiro de 2022.



O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados com três repetições, avaliando-se seis tratamentos com o plantio de *Urochloa cv. Marandu* e *Stylosanthes cv. BRS Campo Grande I e II*, em dois sistemas de manejo de solo, sendo com escarificação do solo (SCE) no município de Jerônimo Monteiro- ES e sem escarificação do solo (SSE) no município de Alegre-ES, ambos os municípios localizados no sul do estado do Espírito Santo. Dentro dos blocos, a repetição de cada tratamento foi constituída de parcelas de

5 x 4 metros (unidade experimental). Foi adotado um metro de bordadura dentro de cada unidade experimental.

Os tratamentos foram planejados baseados em pesquisas conduzidas em casa de vegetação e a campo (VALENTIM, 2018; PRAÇA, 2019; DE OLIVEIRA, 2020, FRIZZERA, 2021), e aplicados nas áreas com plantio de *Urochloa cv. Marandu* (Capítulo 1). Os tratamentos em cada sistema de manejo de solo foram: **T1** – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** – 40% da adubação + aplicação de SH (40 mg.L⁻¹); **T4** – 40% da adubação de recomendada; **T5** – 40% da adubação + inoculação via semente com produto comercial líquido AzoTotal®, a base de *Azospirillum brasiliense* – AbV 5 e AbV 6; **T6** – 40% da adubação + óleo essencial de eucalipto (80 µL.L⁻¹) + aplicação de SH (com carbono na concentração de 40 mg.L⁻¹).

Já no plantio de *Stylosanthes cv. BRS Campo Grande I e II* (Capítulo 2), os tratamentos aplicados em cada sistema de manejo do solo foram: **T1** – Testemunha 1 (sem adubação); **T2** – Testemunha 2 (100% da adubação recomendada com base na análise de rotina); **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* onde foram aplicados 2,77 g/metro linear.

Já para adubação potássica, foi utilizado o fertilizante KCl (60% de K₂O), aplicando 3,33 g/metro linear. Os tratamentos com 40% de adubação recomendada seguiram as mesmas fontes de nutrientes utilizados no tratamento com 100% da recomendação.

O estudo corresponde ao segundo ano de avaliação, sendo que sua implantação foi no mês de setembro de 2019, com a aplicação de calcário e com o revolvimento do solo. A calagem foi realizada de acordo com a análise química e granulométrica do solo e da necessidade da cultura (PREZOTTI et al., 2007), sendo realizada no plantio de *Urochloa cv. Marandu* (Tabela 1 e 2) com 2,27 Mg.ha⁻¹ e 3,23 Mg.ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 91%), respectivamente, para a área de Jeronimo Monteiro e Alegre, para elevação da saturação de bases

para 50%. Enquanto o plantio de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II com 2,27 Mg.ha⁻¹ e 3,22 Mg.ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 91%), respectivamente, para a área de Jerônimo Monteiro e Alegre, para elevação da saturação de bases para 50% (tabela 3 e 4)

Tabela 1 – Valores médios da calagem no segundo ano avaliativo no plantio de *Urochloa* cv. *Marandu*.

Tratamentos	Áreas experimentais	
	----- (g/m ²) -----	
	Jerônimo Monteiro (SCE)	Alegre (SSE)
T1	164,99	786,75
T2	591,35	703,44
T3	500,29	577,01
T4	640,36	588,80
T5	315,16	527,06
T6	459,80	694,70
	----- (Mg.ha ⁻¹) -----	
Total	2,27	3,23

T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** – 40% da adubação + aplicação de SH (40 mg C.L-1); **T4** – 40% da adubação de recomendada; **T5** – 40% da adubação + inoculação via semente com produto comercial líquido AzoTotal®, a base de *Azospirillum brasiliense* – AbV 5 e AbV 6; **T6** – 40% da adubação + óleo essencial de eucalipto (80 µL.L-1) + aplicação de SH (40 mg C.L-1). **SCE**: sistema com escarificação, **SSE**: sistema sem escarificação.

Tabela 2 – Atributos químicos do solo utilizado no experimento no plantio de *Urochloa* cv. *Marandu*. após a primeira adubação (primeiro ano de recuperação).

Área	pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
SCE	H2O	----- (mg.dm ⁻³) -----			----- (cmolc.dm ⁻³) -----							--- (%) ---	
T1	4,65	2,39	2,34	11,6	0,5	0,17	0,78	4,23	0,69	1,47	4,92	12,6	59
T2	4,68	1,69	1,86	10,6	1,3	0,22	0,85	3,32	1,55	2,40	4,87	32,0	37
T3	4,53	1,70	4,31	17,0	0,3	0,12	0,94	5,20	0,49	1,43	5,69	8,49	81
T4	5,07	1,49	3,26	16,3	0,9	0,32	0,38	4,23	1,27	1,65	5,50	23,6	25

T5	4,51	1,36	2,13	13,5	0,3	0,11	1,00	4,41	0,42	1,42	4,83	8,84	70
T6	4,93	0,81	2,16	10,6	0,9	0,35	0,58	2,95	1,30	1,89	4,25	31,7	34
Área	pH	P	Na⁺	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
SSE	H2O	----- (mg/dm ³) -----				----- (cmolc/dm ³) -----				--- (%) ---			
T1	4,8	2,1	0,4	7,7	0,1	0,0	0,9	3,2	0,2	1,1	3,4	4,6	85
T2	4,9	6,6	0,4	18,3	0,2	0,1	0,9	3,4	0,4	1,3	3,9	12,4	63
T3	4,7	1,9	0,8	7,0	0,1	0,0	1,0	4,1	0,2	1,1	4,2	3,9	85
T4	4,8	1,7	0,2	10,4	0,3	0,1	0,6	3,4	0,4	1,1	3,8	11,5	61
T5	5,0	10,0	0,8	10,1	0,6	0,1	0,8	3,0	0,8	1,6	3,6	15,1	65
T6	4,7	1,4	0,3	7,6	0,1	0,1	1,0	3,2	0,2	1,2	3,4	5,8	77

pH em água: potenciômetro em solução solo-água 1:2,5; fósforo disponível: extraído por Mehlich-1+ espectroscopia); carbono orgânico: dicromato de potássio + colorimetria; alumínio extraível: determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹, usando-se azul de bromotimol como indicador; cálcio e magnésio: extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; potássio e sódio trocáveis: extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por fotometria de chama; SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺; CTC = SB + (H+Al); V% = SB x 100 / CTC. **T1** – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L-1); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum* brasiliense- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L-1) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus* (80 µL.L-1). **SCE**: sistema com escarificação; **SSE**: sistema sem escarificação.

Tabela 3 – Valores médios da calagem no segundo ano avaliativo no plantio de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II.

Tratamentos	Área	
	----- (g/m ²) -----	
	J.M (SCE)	Alegre (SSE)
T1	618,95	732,09
T2	570,92	592,84
T3	507,78	683,00
T4	467,78	671,29
T5	326,47	647,46
T6	232,59	539,31
Total	----- (Mg.ha ⁻¹) -----	
	2,27	3,22

T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da

adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*; **SCE**: sistema com escarificação; **SSE**: sistema sem escarificação.

Tabela 4 – Atributos químicos do solo sob plantio de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II utilizado no experimento após a primeira adubação (primeiro ano de recuperação).

Área	pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	T	V	m
SCE	H ₂ O	----- (mg/dm ³) -----				----- (cmolc/dm ³) -----						--- (%) ---	
T1	4,5	1,0	0,2	11,2	0,3	0,1	1,0	5,4	0,4	1,4	5,8	7,4	70
T2	4,6	3,2	0,9	13,5	0,4	0,2	0,8	5,4	0,6	1,4	6,1	11,2	53
T3	4,2	5,3	0,7	13,0	0,3	0,1	0,9	5,7	0,5	1,4	6,2	8,5	59
T4	4,8	1,5	0,9	14,9	0,6	0,3	0,7	5,2	1,0	1,7	6,1	15,2	47
T5	4,5	14,0	0,3	8,6	0,3	0,2	1,0	5,3	0,5	1,5	5,7	7,8	69
T6	4,7	10,3	0,0	5,8	0,2	0,0	1,0	4,5	0,2	1,2	4,7	5,1	79
Área	pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg	Al	H+Al	SB	T	T	V	m
SSE	H ₂ O	-- (mg/dm ³) --				----- (cmolc/dm ³) -----						--- (%) ---	
T1	4,3	0,7	0,0	4,1	0,1	0,0	1,1	4,9	0,1	1,2	5,0	2,2	89
T2	4,3	15,5	0,0	5,2	0,3	0,0	0,9	3,9	0,4	1,2	4,2	7,7	65
T3	4,5	0,5	0,0	4,4	0,0	0,0	1,4	4,9	0,0	1,4	5,0	0,9	96
T4	4,7	0,6	0,0	5,1	0,2	0,1	0,9	5,0	0,3	1,2	5,3	6,3	74
T5	5,1	5,5	0,0	6,1	0,2	0,1	0,7	4,0	0,3	1,0	4,3	7,3	54
T6	4,7	10,3	0,0	5,8	0,2	0,0	1,0	4,5	0,2	1,2	4,7	5,1	79

pH em água: potenciometria em solução solo-água 1:2,5; fósforo disponível: extraído por Mehlich¹⁺ (espectroscopia); carbono orgânico: dicromato de potássio + colorimetria; alumínio extraível: determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹, usando-se azul de bromotimol como indicador; cálcio e magnésio: extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; potássio e sódio trocáveis: extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por fotometria de chama; SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺; CTC = SB + (H⁺+Al³⁺); V% = SB x 100 / CTC. **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*; **SCE**: sistema com escarificação; **SSE**: sistema sem escarificação.

O solo da área de Jerônimo Monteiro foi escarificado com auxílio de uma escavadeira hidráulica, enquanto a área de Alegre foi realizada plantio em covas (considerado sistema sem escarificação - SSE). Posteriormente, ambas as áreas foram cercadas, a fim de evitar entrada de animais e o controle de plantas daninhas realizado por capina manual, durante todo o ciclo da cultura.

Em ambas as áreas a semeadura foi realizada de forma manual, no mês de novembro de 2019, em linhas espaçadas em 0,40 m, utilizando 12kg.ha⁻¹ de sementes de *Urochloa cv. Marandu*, seguindo as recomendações do fabricante quanto a sua segurança de sementes viáveis.

Já a semeadura de *Stylosanthes cv. BRS Campo Grande I e II* foi realizada no mês de novembro de 2019 em linhas espaçadas em 0,40 m, utilizando 5 kg/ha de sementes viáveis de *Stylosanthes cv. BRS Campo Grande I e II*.

No tratamento 2 de ambas forrageiras, que receberam 100% da adubação recomendada com base na análise de solo e necessidade da cultura, foram aplicadas doses de N, P₂O₅ e K₂O de 50, 50 e 60 kg.ha⁻¹, respectivamente. Os tratamentos com 40% de adubação recomendada seguiram as mesmas fontes de nutrientes utilizadas no tratamento com 100% da recomendação.

1.1. METODOLOGIA DE PREPARO DOS BIOESTIMULANTES

1.1.1. Inoculação Azototal©

Para inoculação do AzoTotal© a base de estirpes de *Azospirillum brasiliense* – AbV 5 e AbV 6, foram utilizados 15 ml.kg⁻¹ de semente, correspondente à aplicação de aproximadamente 1,0 x 10⁵ células por semente, com população mínima de 2 x 10⁸ células por mL de inoculante, conforme preconiza a norma brasileira (BRASIL, 2011). A inoculação das sementes foi realizada misturando o inoculante com as sementes e deixando-as secar a sombra por 15 minutos. Em ambas as áreas, a aplicação aconteceu em seu primeiro ano avaliativo.

1.1.2. Inoculação Bradyrhizobium japonicum (BR 446)

As sementes de *S. cv. BRS Campo Grande I e II* foram inoculadas com uma estirpe *Bradyrhizobium japonicum* (BR 446) turfoso, umedecido em solução açucarada a 10%, utilizando a proporção de 1 g inoculante turfoso/40 g de semente. Ao término do processo de inoculação, todas as sementes ficaram cobertas por uma camada uniforme de inoculante, secando a sombra por 15 minutos. O inoculante comercial foi desenvolvido pela Embrapa Agrobiologia e cedido pela Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). Em ambas as áreas, a aplicação aconteceu em seu primeiro ano avaliativo.

1.1.3. Substâncias Húmicas

Para obtenção das substâncias húmicas (SH) foi utilizado um fertilizante orgânico composto classe A – PROVASO, garantindo 15% de carbono orgânico. A extração das SH foi realizada utilizando-se a relação 1:9 (composto orgânico : água deionizada). O material foi agitado por 6 horas em um agitador orbital a 75 rpm, após esse período mantido em repouso por 12 horas, retirando o extrato solúvel por decantação, descartando o sobrenadante e armazenado a solução. A determinação quantitativa de C da solução, que foi considerada SH, foi realizada segundo método de Yeomans e Bremner (1988). As doses utilizadas para a aplicação em campo foram baseadas no teor de C das SH, tendo por média 367,8 g.kg⁻¹.

$$A = [(V_{ba} - V_{am}) \cdot (V_{bn} - V_{ba}) / V_{bn}] + (V_{ba} - V_{am})$$

Em que:

V_{ba} é o volume gasto na titulação do branco controle com aquecimento (ml),
V_{bn} é o volume gasto na titulação do branco controle sem aquecimento (ml), e
V_{am} é o Volume gasto na titulação da amostra (ml).

$$\text{Corg (g kg}^{-1}\text{)} = [(A) \cdot (M) \cdot (R) \cdot (1000)] / [(5) \cdot (MC)]$$

Em que:

M é a molaridade do sulfato ferroso (mol l⁻¹), **R** é igual a 3, sendo uma constante referente ao número de mols de Cr₂O₇⁻ que reagem com Fe₂₊ (1/6), multiplicado pelo número de mols de Cr₂O₇⁻ que reagem com o C (3/2), multiplicado pela massa atômica do C (12), já **1000** é um fator de conversão de unidade (mg mg⁻¹ para g kg⁻¹), e MC é a massa da amostra do composto orgânico (mg), sendo a quantidade utilizada para realização da SH, seguindo a relação 1:9 (composto orgânico : água deionizada).

1.1.4. Óleo essencial de Eucalipto

O óleo essencial de *Eucalyptus globulus* (OEE) foi adquirido comercialmente do revendedor BioEssência, com garantias de que o OEE distribuído é 100% puro, sem modificações ou adições, extraído de todas as partes das folhas de

Eucalyptus globulus por destilação a vapor. A concentração utilizada foi de 80 $\mu\text{L.L}^{-1}$.

1.2. APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

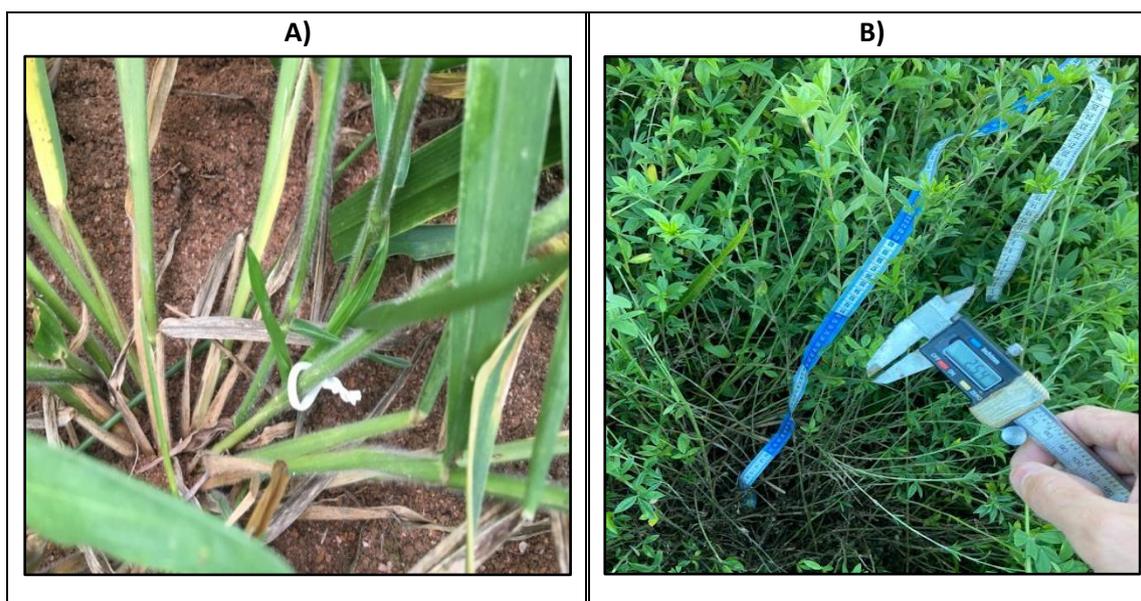
Os tratamentos com SH e OEE foram aplicados com auxílio de um pulverizador 5 Litros Ducampo©, ajustado com a menor vazão (Nevoa). Anterior à primeira aplicação, foi realizada uma pulverização teste, com o máximo molhamento foliar para quantificar e padronizar o volume de calda (2,0 L de calda por tratamento). Os tratamentos via foliar foram pulverizados aos 15, 30 e 45 dias após cada simulação de pastejo das plantas.

1.3. AVALIAÇÕES DE CAMPO

1.3.1. Características Morfológicas e Fitotécnicas

Em cada parcela, foram selecionadas seis plantas e era demarcado um perfilho por planta (Figura 2). Foram avaliados 3 ciclos produtivos, avaliando o número de folhas totalmente expandidas (NFV), o comprimento médio das folhas (CMF) e dos colmos (CMC) por perfilho, além da altura do dossel (DOS) e número de ramificações (NR). Todas as medidas foram realizadas com auxílio de uma fita métrica graduada, sendo avaliado a cada 21 dias, a partir da metodologia descrita por Paciullo et al. (2003 e 2008) e Carvalho et al. (2000).

Figura 2 - Identificação da avaliação fitotécnica em: A) perfilhos de *Urochloa cv. Marandu* e B) da haste de *Stylosanthes cv. BRS Campo Grande I e II*.



Nas parcelas constituídas pela Fabaceae (*Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II) os atributos avaliados foram: Altura da planta (AP), diâmetro da planta (DP), comprimento da haste principal (CP), comprimento das folhas (CF) e número de ramos (NR) (KARIA et al., 2002).

1.3.1.1. Índice de clorofila A, B e Total e eficiência quântica do fotossistema II

Foram mensuradas as características fisiológicas: índice de clorofila A; índice de clorofila B; índice de clorofila Total, medidos por meio do equipamento clorofíLOG (FALKER). A eficiência quântica do fotossistema II (QY) foi medida com auxílio do fluorômetro FluorPen, modelo F100 (Photon Systems Instruments). Todas as medições foram realizadas na última folha expandida das plantas e anterior ao corte. Para QY, as folhas foram mantidas ao escuro por 30 minutos com o auxílio de pinças de escurecimento foliar, atribuído ao equipamento FluorPen. Ambas as avaliações foram realizadas no dia da coleta da Biomassa Verde (MV), sendo realizado uma avaliação por ciclo.

1.3.2. Simulação de pastejo e biomassas da parte aérea

Foi considerado como ciclo avaliativo o período de intervalo entre a primeira aplicação de bioestimulantes (após o brotamento – ± 15 dias após a última simulação de pastagem (corte das plantas)) e a florescência de *Urochloa* cv.

Marandu. Assim, a *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II foi atribuída a simulação no mesmo período avaliativo. Os períodos de florescências de *Urochloa* cv. *Marandu* e de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II foram os mesmos no segundo e terceiro ciclo avaliativo (Figura 3).

O primeiro ciclo das plantas ocorreu entre agosto de 2020 a dezembro de 2020, totalizando 5 avaliações fitotécnicas, ocorrendo a simulação de pastejo no mês de dezembro. O segundo ciclo foi entre os meses de janeiro e maio de 2021, onde a simulação de pastejo ocorreu no mês de maio, totalizando 4 avaliações. Já o terceiro ciclo avaliativo ocorreu de junho de 2021 a janeiro de 2022, 7 avaliações, sendo a simulação de pastejo feito no mês de janeiro de 2022 (Figura 3). O ponto da simulação de pastejo (corte) foi previamente selecionado quando as plantas atingissem o ponto de florescência (7 dias após o aparecimento dos botões florais).

Figura 3 - Etapas de avaliações do desenvolvimento fitotécnico do experimento e período de ocorrência de simulações de pastejo do gado.



Para a simulação de pastejo de ambas forrageiras, utilizou-se moldura metálica com área de 0,25 m², sendo as plantas cortadas com tesoura de poda, sendo o corte realizado em cada parcela em pontos representativos (eliminando as bordaduras). Para simular o pastejo, todas as plantas foram cortadas de 15 a 20 cm de altura com uso de uma roçadeira e retiradas da área.

O material coletado foi pesado a campo, e, posteriormente, amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até massa constante. Os

valores de biomassa fresca das forrageiras foram convertidos para tonelada de biomassa verde ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e biomassa seca ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

1.3.3. Distribuição e biomassa de raiz

Amostras de raiz foram coletadas com um cilindro metálico (7 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento) para extração de solo/raiz. A amostragem foi realizada um dia antes da colheita da biomassa foliar no terceiro ciclo da cultura. Foi efetuada uma coleta por parcela experimental de cada tratamento, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, entre plantas na mesma linha. Após a coleta, as amostras (solo + raízes) foram acondicionadas em sacolas plásticas e imediatamente foi iniciada a separação das raízes. A separação das raízes ocorreu de forma manual, lavando-as com água corrente em peneiras com malha de 2 mm, e após a separação do solo, com auxílio de pinça, as raízes foram separadas das impurezas. Após a limpeza das raízes, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até peso constante, pesadas e convertidas para g/dm^3 .

1.3.4. Avaliações dos atributos do solo

Para coleta dos dados de compactação do solo foi utilizado o medidor penetrológ Falker. Foi realizada uma coleta a cada ciclo, com três repetições por parcela experimental na faixa central, de modo aleatório nas profundidades de 0-10cm, 10-20cm e 20-40 cm, nos meses de dezembro de 2020, maio de 2021 e janeiro de 2022. Para a umidade do solo, foi coleta uma amostra de solo por profundidade deformada por parcela, sendo seca em estufa de circulação forçada de ar a 105°C até peso constante, pesada e convertida para porcentagem.

As avaliações de emissão de C-CO₂ foram realizadas no final de cada ciclo, por meio de analisador portátil LI-8100 (Li-Cor, EUA) acoplado a uma câmara dinâmica (LI-8100). A cada medida de emissão de C-CO₂ foi tomada a temperatura e umidade do solo com um termômetro portátil na profundidade de 0-5 cm.

Foi realizada uma única coleta de solo no mês de maio de 2021 para avaliar os atributos do solo, onde na ocasião foram coletados 3 pontos por parcela, para a confecção de uma amostra composta para cada unidade experimental, sendo coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, para as análises de fertilidade de rotina e matéria orgânica do solo (MOS).

A fertilidade do solo foi avaliada medindo-se o pH em água; Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ trocáveis; K^+ e P disponíveis; e H+Al, utilizando-se os métodos preconizados por EMBRAPA (2011).

Para caracterização da matéria orgânica do solo (MOS), foi avaliado o carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e a relação C/N. O COT foi quantificado por oxidação da matéria orgânica via úmida por dicromatometria com aquecimento externo e o NT por digestão sulfúrica seguida de destilação Kjeldahl (MENDONÇA E MATOS, 2017).

1.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os parâmetros estudados foram analisados quanto a sua normalidade (*Shapiro-Wilk*) e homogeneidade de variância (teste de O'Neill e Mathews) ao nível de 5%. Após atendidos os pressupostos, as diferenças entre as médias dos diferentes tratamentos em cada sistema de manejo de solo e de cada forrageiras foram comparadas ao teste F ao nível de significância de 5%, com objetivo de comparar as médias dos tratamentos. As médias dos seis tratamentos de cada forrageira foram agrupadas pelo algoritmo de Scott Knott ao nível de significância de 5%. As análises foram conduzidas com auxílio do software R, a partir das funções disponíveis no pacote básico (stats).

CAPÍTULO 1: Aumento da capacidade produtiva de pastagens degradadas no sul do Espírito Santo, submetida ao plantio de *Urochloa cv. Marandu*, com uso de bioestimulantes e adubação mineral em diferentes sistemas de plantio

RESUMO

A degradação do solo é um fator agravante ambiental e econômico em todo o país, e afeta diversos setores agrícolas, destacando-se principalmente no setor da pecuária, que é afetado com a redução no rendimento produtivo das forrageiras, o que reflete no rendimento dos rebanhos brasileiros e nos custos de produção dessa atividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar os insumos biológicos (bioestimulantes) associados a manejos diferentes do solo (sistema com escarificação (SCE) e sem escarificação (SSE)) na recuperação de pastagem degradada no Sul Capixaba. Os tratamentos estudados em cada sistema foram: T1 – Testemunha(sem adubação); T2 – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; T3 – 40% da adubação + aplicação de SH (40 mg.L⁻¹); T4 – 40% da adubação de recomendada; T5 – 40% da adubação + inoculação via semente com produto comercial líquido AzoTotal®, a base de *Azospirillum brasiliense* – AbV 5 e AbV 6; T6 – 40% da adubação + óleo essencial de eucalipto (80 µL.L⁻¹) + aplicação de SH (com carbono na concentração de 40 mg.L⁻¹). Os resultados demonstraram que o uso de bioestimulantes associados ao manejo escarificado (SCE) e com doses reduzidas de adubação mineral apresentam valores semelhantes ao desenvolvimento fitotécnico de biomassa verde e seca, em relação ao tratamento com 100% de adubação, e destaca-se que o uso de escarificação reduziu a compactação, e proporcionou maior biomassa de raiz e melhor distribuição radicular em relação ao SSE. Ressalta-se que houve menor efeito dos bioestimulantes sobre o manejo sem escarificação. Assim, o uso de insumos biológicos (bioestimulantes) para as regiões afetadas com relevos declivosos, baixas precipitações, pouco tecnificada e com baixa disponibilidade de nutrientes pode ser uma alternativa na recuperação inicial da capacidade produtiva de pastagens em áreas com alto nível de degradação.

Palavras-chave: Substancia Húmica; *Azospirillum brasiliense*; óleo essencial; braquiária; compactação.

ABSTRACT

Soil degradation is an aggravating environmental and economic factor across the country, and affects several agricultural sectors, especially in the livestock sector, which is affected by the reduction in the productive yield of forage plants, which reflects on the yield of the herds Brazilians and the production costs of this activity. The objective of this work was to evaluate the biological inputs (biostimulants) associated with different soil management (system with scarification (SCE) and without scarification (SSE)) in the recovery of degraded pasture in Southern Capixaba. The treatments studied in each system were: T1 – Control (without fertilization); T2 – 100% of recommended fertilization based on routine analysis; T3 – 40% of fertilization + application of SH (40 mg.L⁻¹); T4 – 40% of recommended fertilization; T5 – 40% of fertilization + inoculation via seed with liquid commercial product AzoTotal®, based on *Azospirillum brasiliense* – AbV 5 and AbV 6; T6 – 40% of fertilization + eucalyptus essential oil (80 µL.L⁻¹) + application of SH (with carbon at a concentration of 40 mg.L⁻¹). The results showed that the use of biostimulants associated with scarified management (SCE) and with reduced doses of mineral fertilization present values similar to the phytotechnical development of green and dry biomass, in relation to the treatment with 100% of fertilization, and it is noteworthy that the use of scarification reduced compaction, and provided greater biomass of root and better root distribution compared to SES. It should be noted that there was a smaller effect of biostimulants on management without scarification. Thus, the use of biological inputs (biostimulants) for affected regions with sloping relief, low rainfall, little technology and low availability of nutrients can be an alternative in the initial recovery of the productive capacity of pastures in areas with a high level of degradation.

Keywords: humic substance; *Azospirillum brasiliense*; essential oil; brachiaria; compression.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas que vivemos impõem à sociedade a busca por soluções criativas e sustentáveis de produção de alimentos. Assim, pesquisas de campo são estimuladas para o desenvolvimento de práticas de manejo e o uso de insumos alternativos com o objetivo de mitigar as instabilidades climáticas que acarretam redução na produção de alimentos (RIBEIRO, 2017; FERNANDES et al., 2020). Desta forma, é imperativo tornar a produção animal sustentável, a fim de garantir a alimentação humana e a conservação de solos em diferentes ecossistemas (SILVA & CAVICHIOLI, 2020). Vale ressaltar que o Brasil é um protagonista na construção de uma agricultura sustentável, se destacando o esforço nacional para alcançar a sustentabilidade ambiental no setor agropecuário, com a adoção de sistemas de produção de baixo carbono (TELLES et al., 2021).

O setor da pecuária bovina tem a maior demanda territorial do país, com cerca de 110 milhões de hectares e com 172,7 milhões de cabeças bovinas (IBGE, 2019; ABIEC, 2020). Além disso, este é o setor agrícola com maior quantidade de áreas degradadas, com aproximadamente 12 milhões de ha em más condições de uso (IBGE, 2019). Essa condição está atrelada à pastagens com baixo investimento em manutenção, manejo inadequado e mudanças climáticas, que causam escassez hídrica prolongada (ZIMMER et al., 2012; BURNETT et al., 2021), tendo como resultado áreas degradadas, redução da produtividade, redução do estoque de carbono do solo e aumento na emissão de CO₂ (ZIMMER et al., 2012; CARDOSO et al., 2016; DE FIGUEIREDO et al., 2016). Todo este processo vai acarretar perdas da fertilidade e da matéria orgânica do solo e acelerar a desertificação de áreas agrícolas (CLIMATE CHANGE DISPLACEMENT AND INTERNATIONAL LAW, 2010; REPORT UN, 2009; FONTE et al., 2014; NESPER et al., 2015).

Pastagens degradadas, principalmente em solos tropicais, associadas à utilização de cultivos extensivos, juntamente com forte grau de intemperismo apresentam impactos como baixo rendimento das forrageiras e alta compactação dos solos, que favorecem as erosões e a redução da forragem nessas áreas, prejudicando o desempenho do ciclo econômico envolvido, uma vez que esses fatores influenciam diretamente o desempenho nutricional dos

rebanhos e causam impactos ambientais negativos (RAMOS et al., 2011; BENDITO et al., 2017; NASCIMENTO et al., 2017; MONTAGNER et al., 2018; BENEVENUTE et al., 2020; VANDERBURG et al., 2020; FERNANDES et al., 2020). O revolvimento do solo pode ser uma boa estratégia na recuperação de pastagens degradadas. Esta prática quebra a camada compactada do solo, melhorando suas condições físicas, favorecendo o crescimento inicial das plantas (DE JESUS et al., 2017; DRESCHER et al., 2017; MUNIZ, 2020).

Diversas técnicas podem ser adotadas para a recuperação dessas áreas, como: pousio da área, a renovação das áreas por meio de poaceae e técnicas de consórcio (DIAS-FILHO, 2011; DAN, 2020; MUNIZ, 2020). A renovação da pastagem é constantemente empregada, principalmente com uso de poaceae, como a *Urochloa cv. Marandu*, uma das forrageiras mais cultivadas no Brasil (ALEXANDRINO; VAZ; SANTOS, 2010; ZIMMER et al., 2012; SOUZA et al., 2016; DIAS-FILHO 2011; DA SILVA et al., 2018; SILVA et al., 2018).

A prática de renovação das pastagens com uso de poaceae, conjuntamente com bioestimulantes (SH, OE, BPCV) pode contribuir para o restabelecimento da cultura, mediante processos naturais de desenvolvimento da planta, como hormônios de crescimento vegetal, proteção ao estresse hídrico e biofertilização de nitrogênio (STADNIK, ASTOLFI, FREITAS, 2017; SHAH et al., 2018; SILVA et al., 2021).

Dentre os diversos bioestimulantes, o uso de substâncias húmicas (SH), bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) e óleos essenciais de plantas estão entre os mais empregados (MIRZA et al., 2001; PARRADO et al., 2007; GUO et al., 2019). Contudo, as repostas fisiológicas e morfológicas das plantas e a dinâmica do solo podem ser distintas a depender do nível de degradação das pastagens.

Assim, a recuperação produtiva de pastagens em diversos estágios de degradação deve ser prioridade para os órgãos governamentais em suas ações no estado, em prol de conservar os ecossistemas agrícolas e os recursos naturais (SILVA et al., 2021). A recuperação de áreas degradadas, principalmente as pastagens, podem auxiliar e contribuir para mitigar o aquecimento global, através da fixação de gases de efeito estufa, ajudando no

cumprimento das metas firmadas pelo governo brasileiro em acordos internacionais (UNFCCC, 2015).

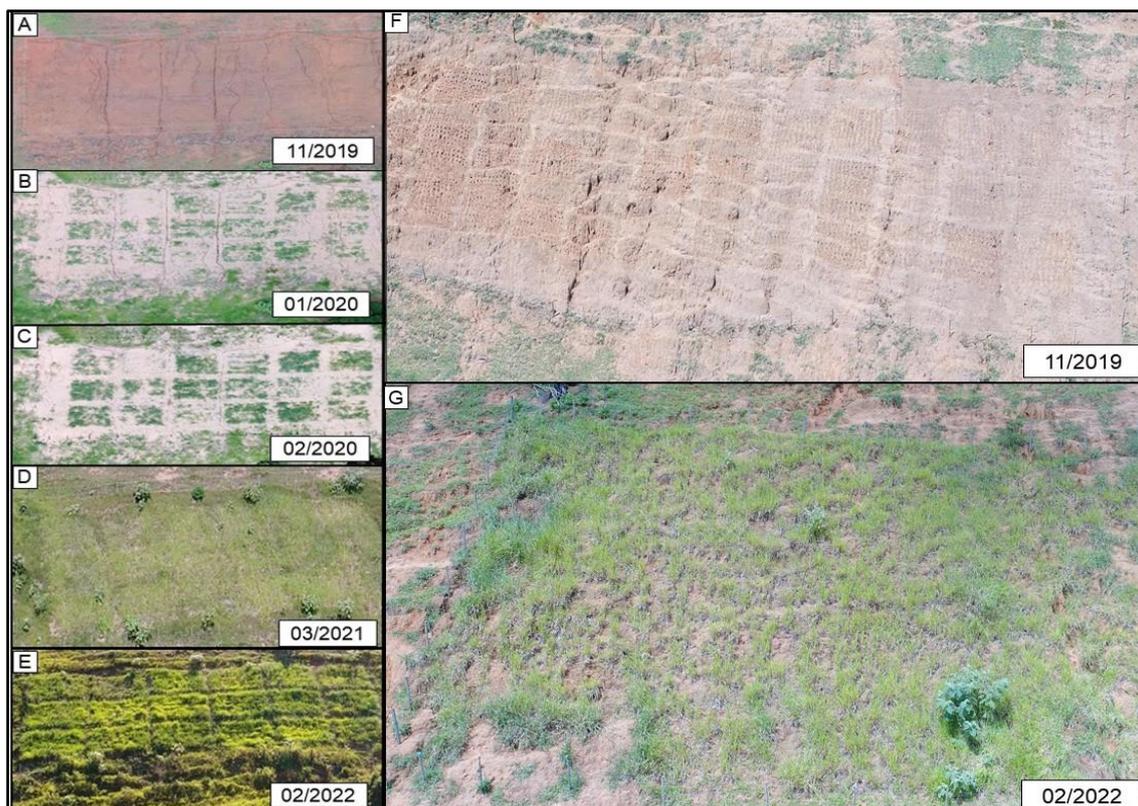
Dessa forma, objetivou-se neste trabalho a recuperação produtiva de pastagens em área com condições de alto nível de degradação submetida ao uso de insumos biológicos em diferentes sistemas de manejo com o plantio de *Urochloa cv. Marandu*.

2. RESULTADOS

2.1. CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E FITOTÉCNICAS

Após a instalação do experimento no ano de 2019 (Figura 4-A e F), sua condução ocorreu até fevereiro de 2022 (Figura 4-E e G). Todas as características fitotécnicas foram avaliadas em 3 ciclos, sendo considerada somente a média da última avaliação de cada ciclo, que se encontra na figura 5 e tabela 3. Em relação aos comprimentos totais das plantas (Figura 5), não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à testemunha 1, todavia houve diferença entre sistemas de manejo de solo utilizados.

Figura 4 – Imagens aéreas dos sistemas com escarificação (A, B, C, D e E) e sem escarificação (F e G), em seus processos respectivos de recuperação produtiva através da implantação de *Urochloa cv. Marandu* e o uso de adubações químicas e suas associações com o uso de bioestimulantes.



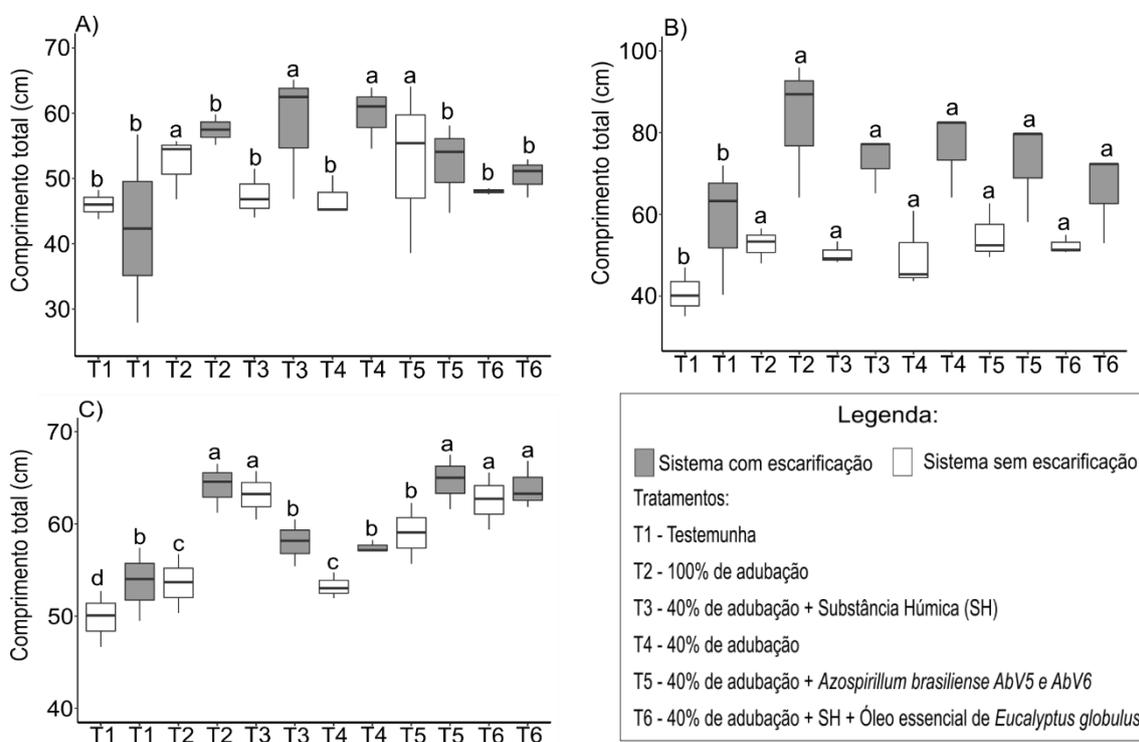
Em todos os ciclos, a área que recebeu o SCE se destacou com valores mais elevados em relação a área que recebeu o SSE. Ressalta-se que no primeiro ciclo (Figura 5-A), os tratamentos 3 e 4 da área do SCE se destacaram dos demais tratamentos, com comprimentos médios de 58,17 e 59,84 cm, respectivamente, sendo 12,13 e 15,37 % maior, respectivamente, em relação ao tratamento 1 (testemunha).

Na avaliação do segundo ciclo (Figura 5-B), os tratamentos 2 e 4 na área que recebeu o SCE se destacou em relação aos demais tratamentos, com 83,15 cm e 76,33 cm, respectivamente, sendo 42,10% e 30,45% maior, respectivamente, em relação à testemunha. Enquanto no terceiro ciclo (Figura 5-C), o tratamento 2 se destacou, juntamente com o tratamento 5, com comprimento total de 64,10 cm e 64,70 cm, respectivamente, acentuando 22,40% e 23,55% maior que a testemunha, respectivamente.

No SSE, a média dos comprimentos totais entre os tratamentos no primeiro ciclo foi de 48,75 cm, enquanto no segundo ciclo foi de 50,14 cm e no terceiro foi de 56,89cm. Ressalta-se que na terceira avaliação o tratamento 3 se diferenciou

estatisticamente em relação à testemunha, tendo um comprimento total médio de 63,14 cm.

Figura 5 - Comprimento total de *Urochloa cv. Marandu*: A) no primeiro ciclo; B) no segundo ciclo; e C) no terceiro ciclo. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L^{-1}); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum* *brasilense*- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L^{-1}) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus* ($80 \mu\text{L.L}^{-1}$).

Para as características de comprimento de colmo (CCOLMO), comprimento de folha (CF), dossel (DOS), número de folhas vivas por perfilho (FVP) e número de ramificação (NR), percebe-se diferenças numéricas entre sistemas de manejo (Tabela 5).

No CCOLMO, ocorreu efeito positivo do tratamento 3 em ambos os sistemas de manejo, no terceiro ciclo avaliativo, com 37,55 cm e 39,55 cm, respectivamente, para o SCE e para o SSE, sendo 12,97% maior que a testemunha para o SCE e 53,03% maior que a testemunha para o SSE.

Enquanto o NR no SCE o tratamento 2 apresentou no segundo ciclo, 65,89 perfilho, ao passo que a testemunha apresentou 30 perfilho. Já os tratamentos

3, 4 e 6 apresentaram maiores valores no SSE, com média de 49,50, 56,33 e 53,17 perfilhos, respectivamente, no ciclo três.

Tabela 5 – Caracterização fitotécnica na última avaliação de cada ciclo de *U. cv. Marandu*. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Ciclo	Tratamentos	Manejo	CCOLMO (cm)	CF (cm)	DOS (mm)	FVP (N°)	NR (N°)
1	T1	SCE	25,14 a	26,73 a	17,94 a	4,94 a	27,00 a
		SSE	19,37 a	20,43 a	15,22 a	4,33 a	22,61 a
	T2	SCE	31,67 a	30,25 a	21,36 a	5,18 a	40,03 a
		SSE	26,07 a	26,27 a	18,22 a	6,22 b	32,86 a
	T3	SCE	23,47 a	23,98 a	17,00 a	4,33 a	35,17 a
		SSE	23,47 a	23,98 a	17,00 a	4,33 b	35,17 a
	T4	SCE	30,54 a	29,31 a	21,83 a	4,56 a	48,00 b
		SSE	23,09 a	23,86 a	17,56 a	5,22 b	34,72 a
	T5	SCE	27,18 a	25,13 a	19,22 a	3,22 a	39,17 b
		SSE	26,73 a	25,96 a	18,28 a	5,11 b	39,61 a
	T6	SCE	25,83 a	24,56 a	19,94 a	4,39 b	30,06 b
		SSE	26,14 a	27,11 a	18,33 a	4,83 b	33,78 a
2	T1	SCE	36,82 a	21,69 a	28,11 a	4,28 a	30,28 a
		SSE	21,84 a	18,88 a	20,22 a	3,83 a	32,94 a
	T2	SCE	53,69 b	29,46 a	36,61 a	5,39 a	65,89 a
		SSE	30,53 a	22,09 a	23,22 a	3,83 a	44,56 a
	T3	SCE	43,11 b	30,06 a	29,28 a	4,22 a	55,56 a
		SSE	30,36 a	19,93 a	22,83 a	3,78 a	36,33 a
	T4	SCE	44,38 b	31,95 a	31,17 a	4,83 a	54,28 a
		SSE	24,42 a	25,53 a	24,56 a	3,00 b	36,06 a
	T5	SCE	41,52 b	30,96 a	32,17 a	5,28 a	59,00 a

3	T6	SSE	31,92 a	22,96 a	23,72 a	5,17 b	40,83 a
		SCE	36,50 b	29,35 b	31,39 a	4,06 a	65,22 a
	T1	SSE	32,99 a	19,37 a	24,11 a	4,61 b	38,94 b
		SCE	33,89 a	19,74 a	33,28 a	3,17 a	42,00 a
	T2	SSE	25,84 a	23,98 a	24,28 a	4,28 a	35,44 a
		SCE	37,74 a	26,36 a	39,06 a	4,39 b	57,56 a
	T3	SSE	30,48 a	23,10 b	28,83 b	4,83 a	38,72 a
		SCE	37,27 a	20,74 a	39,67 a	3,22 b	56,28 a
	T4	SSE	39,55 b	23,59 b	29,17 b	4,33 a	49,50 b
		SCE	31,28 a	26,20 a	36,94 a	3,50 b	50,11 b
	T5	SSE	31,45 c	23,28 b	29,33 b	6,50 a	56,33 c
		SCE	35,70 a	29,00 b	37,33 a	3,61 b	43,39 b
T6	SSE	38,15 c	20,86 b	28,61 b	5,44 b	42,61 d	
	SCE	37,89 a	26,08 b	37,22 a	3,17 b	59,50 b	
T6	SSE	35,73 d	26,82 c	32,39 c	5,44 b	53,17 e	

CCOLMO- Comprimento do colmo; **CF**- Comprimento da folha; **NR**- Número de ramificação; **DOS**- Dossel da planta; **FVP**- Folhas vivas por perfilho. **T1** – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum brasiliense*- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus* (80 µL.L⁻¹). SCE: sistema com escaificação; SSE: sistema sem escaificação.

No primeiro ciclo, o tratamento 1 do SCE apresentou 48,46% de sua composição sendo colmo e 51,54% em folha, com 4,94 folhas e dossel de 17,94cm. No segundo ciclo, as proporções das plantas foram de 62,93% e 37,07%, respectivamente, CCOLMO e CF, com média de 4,28 folhas vivas e seu dossel com de 28,11 cm. Enquanto o no terceiro ciclo, encontraram-se plantas com 63,19% e 36,81%, respectivamente, para CCOLMO e CF, que apresentam 3,17 FVP e 33,28 cm de dossel. No SSE, a composição média das plantas no tratamento 1, para os três ciclos, foi de 56,13% de colmo do comprimento total das plantas, e de 43,87% sendo folha, com um total de 4 folhas por perfilho e dossel de 27,19cm.

As plantas do tratamento 2, no SCE, em seu primeiro ciclo apresentaram 51,15 % de sua composição sendo colmo e 48,85% sendo folha, com 5,18 de FVP e dossel de 21,36 cm. No segundo ciclo, suas proporções das plantas foram de 54,57% e 35,43%, respectivamente, para CCOLMO e CF, com média de 5,39 FVP e dossel de 36,61 cm. Enquanto no terceiro ciclo obtiveram-se plantas com 58,88% e 41,12%, respectivamente, para CCOLMO e CF, que apresentam 4,39 FVP e 39,06 cm de dossel. Enquanto no SSE, a composição das plantas no tratamento 2, para os três ciclos, foi de 56,46% do comprimento total de colmo, enquanto 43,54% sendo folhas, com um total de 4,33 folhas por perfilho e dossel de 28,83cm.

O tratamento 3 do SCE apresentou plantas com 52,02% de sua composição sendo colmo e 47,98% para CF, com 4,56 FVP e dossel de 20,83 cm. No segundo ciclo as proporções das plantas foram de 58,92% e 41,08%, respectivamente, para CCOLMO e CF, com média de 4,22 FVP e dossel de 29,28 cm. Enquanto no terceiro ciclo obtiveram-se plantas com 64,24% e 35,67% de CCOLMO e CF, respectivamente, que apresentaram 3,22 FVP e 39,67 cm de dossel. Já no SSE, a composição média das plantas no tratamento 3 para os três ciclos foi de 56,97% do comprimento total das plantas foram colmo, e de 43,03% sendo folha, com um total de 4,25 folhas por perfilho e com o dossel de 28,17 cm.

No primeiro ciclo, o tratamento 4 do SCE apresentou 51,03% de sua composição sendo colmo e 48,97% em folha, com 4,56 folhas e dossel de 21,83 cm. No segundo ciclo, as proporções das plantas foram de 58,14% e 41,86%, respectivamente, CCOLMO e CF, com média de 4,83 folhas vivas e seu dossel de 31,17 cm. Enquanto no terceiro ciclo, encontraram-se plantas com 54,42% e 45,58%, respectivamente, para CCOLMO e CF, que apresentaram 3,5 FVP e 36,94 cm de dossel. No SSE, a composição média das plantas no tratamento 4 para os três ciclos foi de 57,25% do comprimento total das plantas foi colmo e 42,75% sendo folha, com um total de 4,29 folhas por perfilho e dossel de 28,64 cm.

As plantas do tratamento 5 no SCE, em seu primeiro ciclo, apresentaram 51,96% de sua composição sendo colmo e 48,04% sendo folha, com 3,22 de FVP e

dossel de 19,12 cm. No segundo ciclo as proporções das plantas foram de 57,29% e 42,71%, respectivamente, para CCOLMO e CF, com média de 5,28 FVP e dossel de 32,17 cm. Enquanto no terceiro ciclo obtiveram-se plantas com 55,18% e 44,82%, respectivamente, para CCOLMO e CF, que apresentam 3,61 FVP e 37,33 cm de dossel. Enquanto no SSE, a composição das plantas no tratamento 5 para os três ciclos foi de 57,87% do comprimento total para colmo, enquanto 42,13% sendo folhas, com um total de 4,30 folhas por perfilho e com dossel de 29,08 cm.

O tratamento 6 do SCE apresentou plantas com 51,26% de sua composição sendo colmo e 48,14% para CF, com 4,39 FVP e dossel de 19,94 cm. No segundo ciclo, as proporções das plantas foram de 55,43% e 44,57%, respectivamente, para CCOLMO e CF, com média de 4,06 FVP e dossel de 31,39 cm. Enquanto no terceiro ciclo obtiveram-se plantas com 59,23% e 40,77% de CCOLMO e CF, respectivamente, que apresentaram 3,17 FVP e 37,22 cm de dossel. No SSE, a composição média das plantas no tratamento 3 para os três ciclos foram de 58,13% do comprimento total das plantas foram colmo, e de 41,87% sendo folha, com um total de 4,31 folhas por perfilho e com o dossel de 29,65 cm.

2.1.1. **Clorofila e Eficiência Quântica do Fotossistema II**

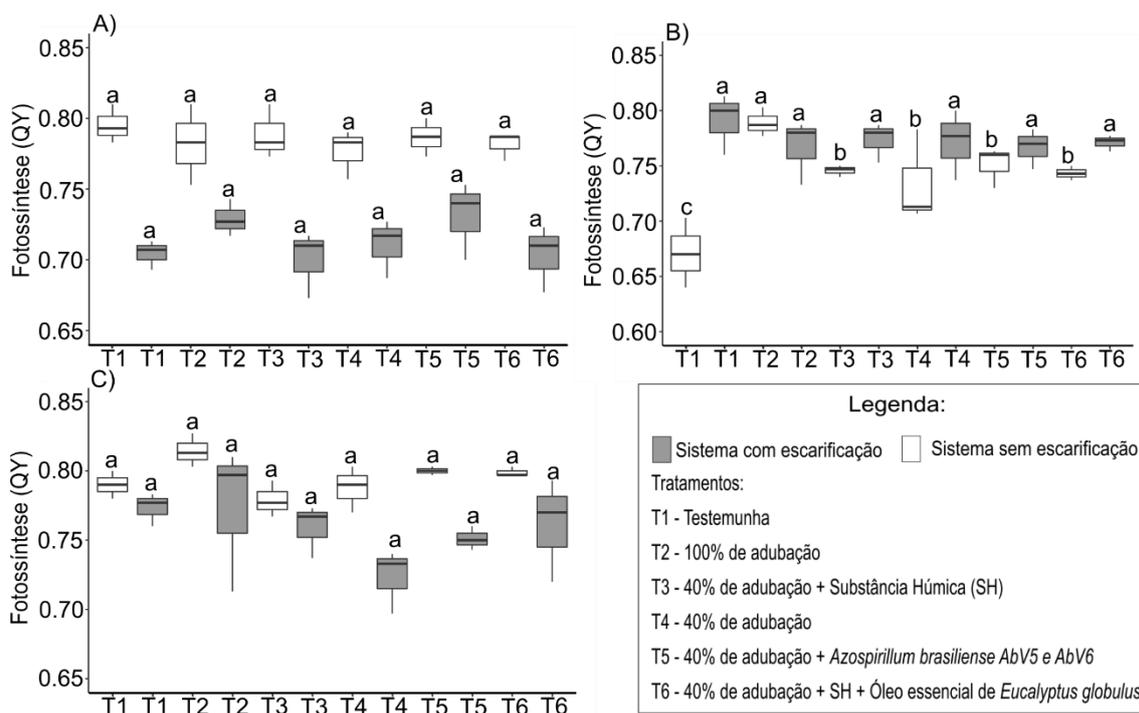
Em relação à eficiência quântica do fotossistema II, não houve diferença significativa entre os tratamentos de cada sistema em relação à testemunha no primeiro e terceiro ciclo, porém houve diferença significativa entre os tratamentos no SSE no segundo ciclo (Figura 6).

O sistema de SCE apresentou valores médios de 0,71 no primeiro ciclo, e o SSE apresentou valores médios de 0,79 (Figura 6-A), isto é, um acréscimo de 10,13% em relação ao SCE. Os tratamentos 2 e 5 apresentaram maior eficiência numérica no SCE, ambos com 0,73. No SSE, os tratamentos 3 e 5 apresentaram maior eficiência numérica, ambos com 0,79.

Enquanto no segundo ciclo, os dois sistemas apresentaram maior estabilidade em relação aos demais ciclos, com média de 0,74 para o SSE e de 0,77 para o SCE (Figura 6-B). Já no terceiro ciclo o SSE apresentou 0,80 e no SCE foi de

0,76 (Figura 6-C). Destaca-se que o tratamento 2 apresentou valores médios maiores em ambos os sistemas, sendo que no SSE apresentou valor de 0,81, enquanto no SCE apresentou valor de 0,77.

Figura 6- Eficiência quântica do Fossistema II de *U. cv. Marandu*: A) no primeiro ciclo; B) no segundo ciclo; e C) no terceiro ciclo. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

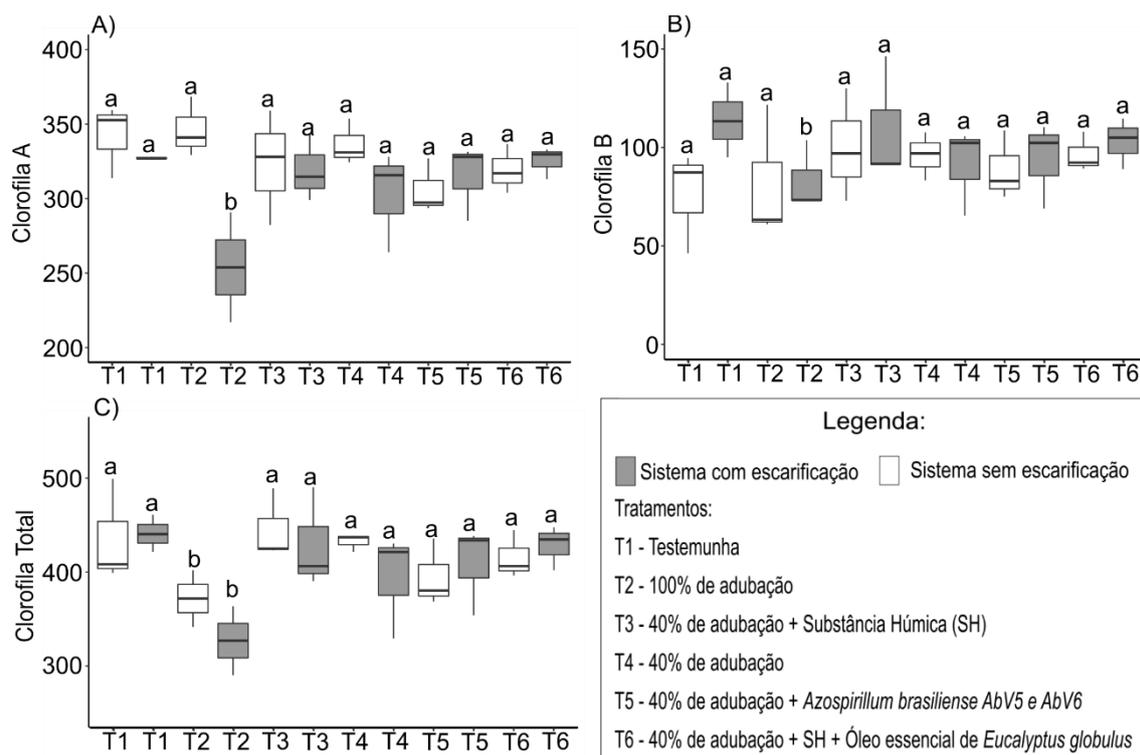


T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense*- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus*(80 µL.L⁻¹).

Para os teores de Clorofila A e B, não houve diferença entre os tratamentos no SSE, todavia nota-se diferença entre os sistemas utilizados, sendo que o SCE apresentou uma redução média de 7,06% em relação ao SSE (Figura 7-A).

Em relação à clorofila total (Figura 7-C), o tratamento 2 diferenciou dos demais tratamentos em ambos sistemas de manejo, com teor de 327 no SCE e de 371 no SSE.

Figura 7- Teores de Clorofila de *U. cv. Marandu* no primeiro ciclo avaliativo: A) Clorofila A; B) Clorofila B; e C) Clorofila Total. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



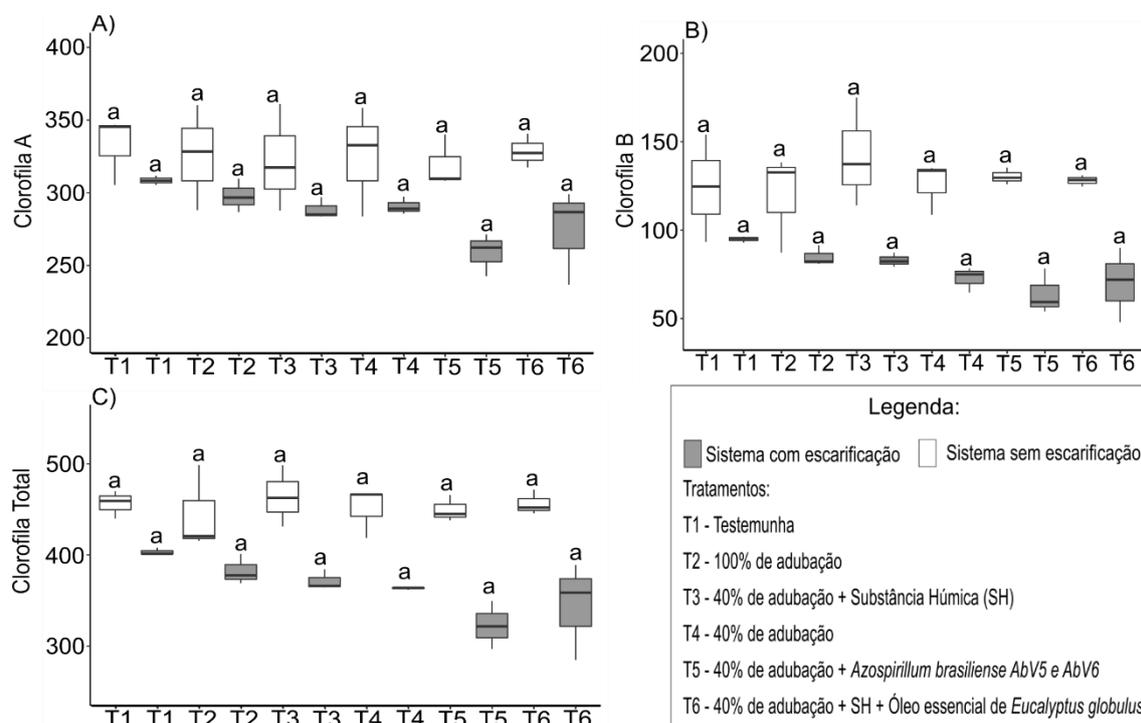
T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense*- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus*(80 µL.L⁻¹).

No segundo ciclo avaliativo, os teores de clorofila A (Figura 8-A) se destacaram no SSE, com teor médio de 325,44, ou seja, com um acréscimo de 13,64% em relação ao SCE. Ressalta-se que o tratamento 2 apresentou maior teor de clorofila A no SSE, com teor de 346,18, enquanto no SCE o tratamento 6 apresentou maior teor (325,22).

Os teores de clorofila B no segundo ciclo (Figura 8-B), apresentaram valores mais acentuados no SSE, com teores médios de 128,28, enquanto o SCE apresentou teores médios de 78,24. Destaca-se que o tratamento 3 apresentou melhores resultados numéricos no SSE, com teor de 142,11.

A clorofila total no segundo ciclo (Figura 8-C) apresentou teor médio de 453,72 para o SSE e de 364,6 para o SCE. Ressalta-se que no SSE o tratamento 3 apresentou teores mais elevados numericamente (464,11).

Figura 8- Teores de Clorofila de *U. cv. Marandu* no segundo ciclo avaliativo: A) Clorofila A; B) Clorofila B; e C) Clorofila Total. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



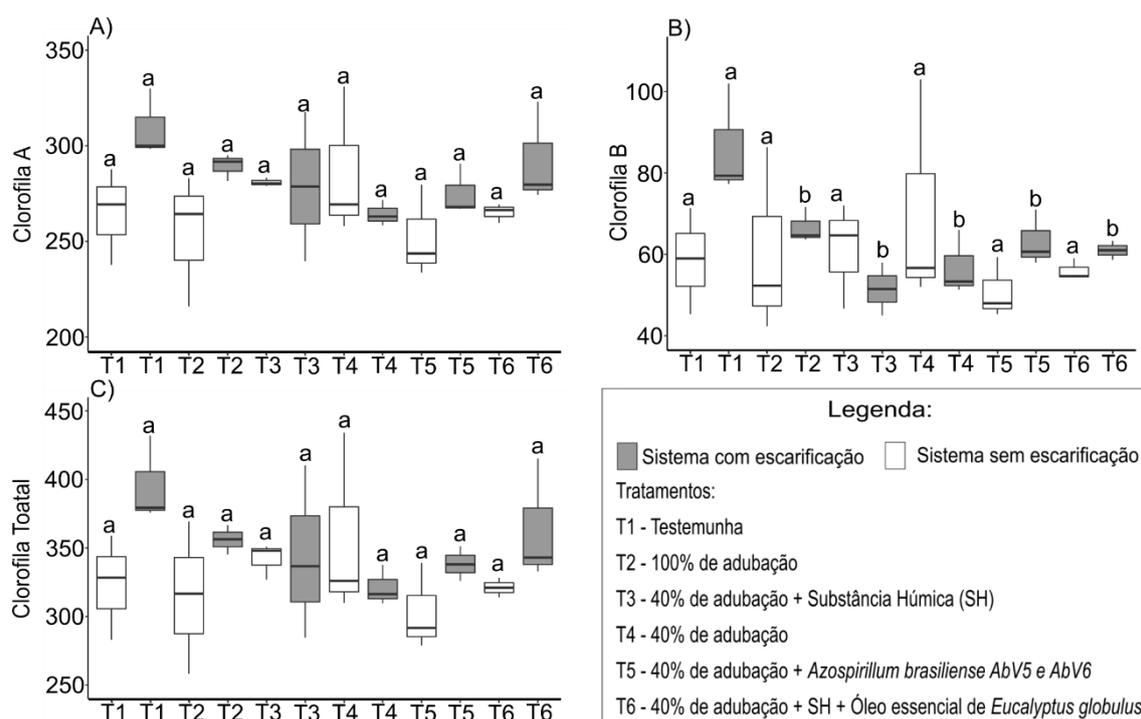
T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense*- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus*(80 µL.L⁻¹).

No terceiro ciclo avaliativo, houve maior variabilidade de valores entre os sistemas de manejo utilizados (Figura 9). Os teores de clorofila A (Figura 9-A) se destacaram no SCE com teor médio de 284,91, ou seja, um acréscimo de 6,2% em relação ao SSE.

Os teores de clorofila B no terceiro ciclo (Figura 9-B) apresentaram valores mais acentuados no SCE, com teores médios de 64,25, enquanto o SSE apresentou teores médios de 59,57. Destaca-se que o tratamento 4 apresentou melhores resultados no SSE, com teor de 70,56.

A clorofila total no terceiro ciclo (Figura 9-C) apresentou teor médio de 326,87 para o SSE e de 353,19 para o SCE. Ressalta-se que no SSE o tratamento 4 apresentou teores mais elevados (356,67).

Figura 9 - Teores de Clorofila de *U. cv. Marandu* no terceiro ciclo avaliativo: A) Clorofila A; B) Clorofila B; e C) Clorofila Total. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum brasiliense*- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus*(80 µL.L⁻¹).

2.2. SIMULAÇÃO DE PASTAGEM E BIOMASSA DA PARTE AÉREA

Para as análises de biomassa verde no SSE no segundo e terceiro ciclo, as medias não podem ser consideradas diferentes, assim, não puderam serem agrupadas pelo teste de média. O mesmo ocorreu para biomassa seca em ambos os sistemas no primeiro ciclo avaliativo, além do SSE no terceiro ciclo (Tabela 6).

Tabela 6 – Análise de variância para as características de biomassa verde (MV) e seca (MS) de *U. cv. Marandu* em ambos os ciclos avaliativos e manejos de solo (SCE e SSE).

Variáveis	Manejo do solo								
	SCE					SSE			
Ciclos	Biomassas	Trat.	Bloco	Res.	CV (%)	Trat.	Bloco	Res.	CV (%)
1	MV	26.2533*	2.3834 ^{ns}	2.8341	13.93	25.8164*	0.7996 ^{ns}	3.9597	17.79
	MS	6.9407 ^{ns}	5.4039 ^{ns}	2.1653	22.96	1.2679 ^{ns}	2.9276 ^{ns}	1.4556	29.26

2	MV	101.03**	9.269 ^{ns}	6.376	20.91	3.5792 ^{ns}	0.6506 ^{ns}	1.4426	19.49
	MS	10.559**	0.9047 ^{ns}	1.1669	19.1	0.54808*	0.02271 ^{ns}	0.15610	17.73
3	MV	32.046*	21.376*	4.293	18.8	4.9676 ^{ns}	3.8822 ^{ns}	8.8156	33.03
	MS	3.00172*	1.13911 ^{ns}	0.72888	22.76	1.0480 ^{ns}	0.37282 ^{ns}	0.68412	25.91

Trat.: Tratamento; **Res.:** Resíduos; **CV:** Coeficiente de variação; **MV:** Biomassa verde; **MS:** Biomassa seca; **SCE:** sistema com escarificação; **SSE:** Sistema sem escarificação; **ns:** Não significativo; *: significativo a 5%; **: Significativo a 1%.

Para a avaliação de pastagem, o SCE apresentou média de 12,09 Mg.ha⁻¹ de biomassa verde, e o SSE apresentou média de 12,15 Mg.ha⁻¹, no primeiro ciclo avaliativo (Tabela 7). Destaca-se que o tratamento 4 no SCE no primeiro ciclo se diferenciou em relação a testemunha, com rendimento de 17,04 Mg.ha⁻¹ de biomassa verde, acarretando acréscimo de 8,74 Mg.ha⁻¹ em relação a testemunha (tratamento 1), enquanto no SSE o tratamento 2 (100% de adubação química) se diferenciou estatisticamente com 17,09 Mg.ha⁻¹.

Tabela 7 - Biomassa verde (Mg.ha⁻¹) e biomassa seca (Mg.ha⁻¹) da parte aérea de *U. cv. Marandu* ao longo dos ciclos avaliativos. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Ciclo	Tratamentos	SCE		SSE	
		MV	MS	MV	MS
		----- Mg.ha ⁻¹ -----			
1	T1	8,27 b	4,17 ^{ns}	7,67 b	3,93 ^{ns}
	T2	14,17 b	6,67 ^{ns}	15,67 a	4,07 ^{ns}
	T3	11,47 b	6,47 ^{ns}	10,27 b	4,84 ^{ns}
	T4	18,65 a	10,02 ^{ns}	9,93 b	4,01 ^{ns}
	T5	12,93 b	7,4 ^{ns}	10,27 b	4,31 ^{ns}
	T6	10,20 b	5,27 ^{ns}	10,47 b	6,39 ^{ns}
2	T1	10,27 b	4,82 b	4,93 ^{ns}	1,74 b
	T2	22,87 a	9,14 a	5,20 ^{ns}	1,86 b
	T3	8,33 b	3,93 b	5,53 ^{ns}	1,94 b
	T4	13,47 b	4,74 b	8,40 ^{ns}	3,27 a

	T5	10,73 b	5,65 b	8,67 ^{ns}	3,31 a
	T6	10,67 b	4,44 b	6,53 ^{ns}	2,49 a
3	T1	6,93 b	2,52 b	7,40 ^{ns}	2,30 ^{ns}
	T2	15,27 a	4,92 a	9,87 ^{ns}	3,63 ^{ns}
	T3	13,13 a	4,44 a	8,00 ^{ns}	2,85 ^{ns}
	T4	9,13 b	3,29 b	9,53 ^{ns}	3,39 ^{ns}
	T5	13,13 a	4,51 a	10,80 ^{ns}	3,95 ^{ns}
	T6	8,53 b	2,83 b	8,33 ^{ns}	3,04 ^{ns}

Ns: Não significativo; **T1** – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum* brasiliense- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus*(80 µL.L⁻¹).

Ressalta-se que no segundo ciclo (Tabela 7), o SCE apresentou médias superiores com 12,08 Mg.ha⁻¹ de biomassa verde, enquanto o SSE apresentou média de 6,16 Mg.ha⁻¹ de biomassa verde. Ainda no segundo ciclo, o tratamento 2 no SCE se destacou com 22,87 Mg.ha⁻¹, sendo que a testemunha apresentou valor de 6,40 Mg.ha⁻¹, além ainda o tratamento 4 no SCE, que apresentou 13,47 Mg.ha⁻¹ de biomassa verde.

No terceiro ciclo, houve diferença significativa entre os tratamentos, assim, o tratamento 2 e tratamento 3 no SCE apresentaram valores de 15,27 Mg.ha⁻¹ e 13,13 Mg.ha⁻¹, respectivamente. No SSE, os tratamentos 2 e 5 apresentaram valores de biomassa verde superiores aos demais tratamentos, com média de 10,07 Mg.ha⁻¹ e 10,8 Mg.ha⁻¹, respectivamente.

Para a biomassa seca da parte aérea, no primeiro ciclo (Tabela 7), o SCE apresentou média entre os tratamentos de 6,41 Mg.ha⁻¹, enquanto o SSE apresentou média de 3,93 Mg.ha⁻¹. Destaca-se que no primeiro ciclo os tratamentos 4 e 5 no SCE apresentaram valores de biomassa seca de 10,02 Mg.ha⁻¹ e 7,43 Mg.ha⁻¹, respectivamente, enquanto no SSE os tratamentos 3 e 5 apresentaram valores de 4,84 Mg.ha⁻¹ e 4,31 Mg.ha⁻¹, respectivamente.

Em relação à biomassa seca no segundo ciclo (Tabela 7), o SCE apresentou média de 5,66 Mg.ha⁻¹, enquanto o SSE apresentou 2,23 Mg.ha⁻¹. Destaca-se

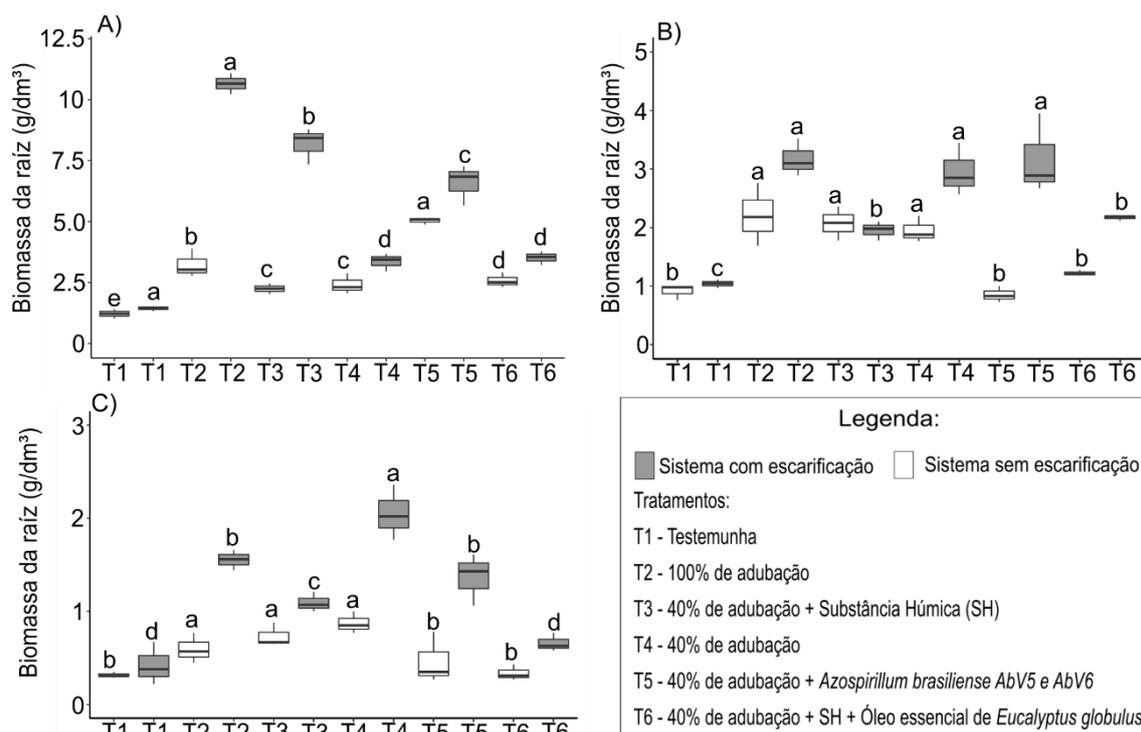
que o tratamento 2 no SCE apresentou valor de 9,14 Mg.ha⁻¹, enquanto a testemunha apresentou valores de 4,82 Mg.ha⁻¹. No SSE, o tratamento 5 apresentou valor médio, de 3,31 Mg.ha⁻¹, enquanto a testemunha apresentou valor de 1,74 Mg.ha⁻¹.

No terceiro ciclo avaliativo da biomassa seca (Tabela 7) o tratamento 2 no SCE se destaca com valor médio de 4,92 Mg.ha⁻¹, enquanto a testemunha apresentou valor de 2,52 Mg.ha⁻¹. Ressalta-se que o tratamento 5 no SCE, apresentou diferença significativa, com valores de 3,95 Mg.ha⁻¹ em relação a testemunha (2,30). Ainda na Tabela 7, as médias dos tratamentos foram de 3,62 Mg.ha⁻¹ de biomassa seca, e 3,15 Mg.ha⁻¹ de biomassa seca, respectivamente no terceiro ciclo, para o SCE e o SSE.

2.3. DISTRIBUIÇÃO E BIOMASSA DAS RAÍZES

Para os resultados de distribuição e biomassa de raízes (Figura 10), o SCE apresentou média de 5,62 g/dm³, 2,61 g/dm³ e 1,19 g/dm³, respectivamente, para as profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm. O SSE apresentou média de 2,79 g/dm³, 1,54 g/dm³ e 0,51 g/dm³, respectivamente, para as profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm.

Figura 10- Biomassa seca de raízes (g/dm³) de *U. cv. Marandu*: A) na profundidade de 0-10; B) na profundidade de 10-20; e C) na profundidade de 20-40. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum brasiliense*- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus* (80 µL.L⁻¹).

Para a biomassa de raízes na profundidade de 0-10 cm do solo (Figura 10-A) e 10-20 (Figura 10-B), o tratamento 2 no SCE se destaca em relação a testemunha com 10,66 g/dm³ e 3,17 g/dm³, respectivamente.

Na profundidade de 20-40 cm (Figura 10-C), o tratamento 4 associado ao SCE apresentou diferença em relação a testemunha, com 2,05 g/dm³, enquanto a testemunha apresentou 0,42 g/dm³. No SSE, o tratamento 4 apresentou maior média (0,87 g/dm³) em relação aos demais tratamentos.

2.4. ATRIBUTOS DO SOLO

2.4.1. Resistência à penetração

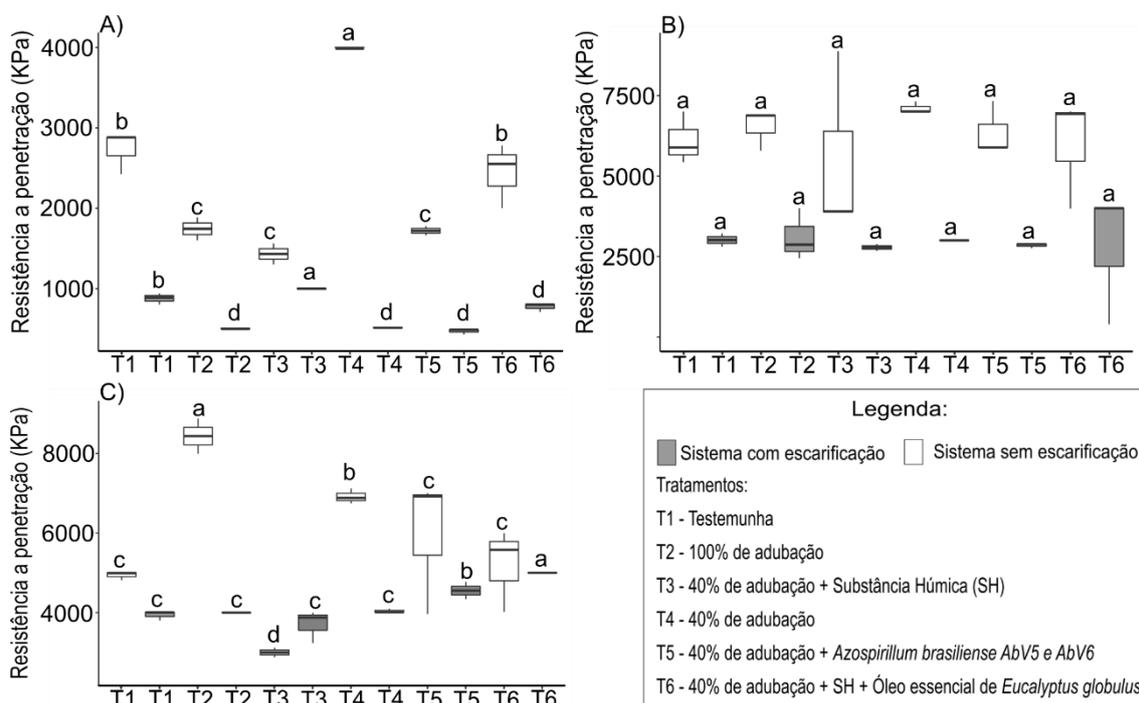
Ao analisar os resultados de compactação do solo em todas as profundidades em cada ciclo (Figura 11,12 e 13). No primeiro ciclo avaliativo, a média entre os tratamentos das profundidades estudadas foi de 2.605,85 KPa para o SCE e 4.786,19 KPa para o SSE (Figura 11), enquanto no segundo ciclo a média das profundidades associadas aos tratamentos foi de 2446,53 KPa para o SCE e

4404,83 KPa para o SSE (Figura 12). Já no terceiro ciclo, a média das profundidades estudadas foi de 1703,54 KPa para o SCE e 2685,07 KPa para o SSE (Figura 13).

2.4.1.1. Primeiro ciclo avaliativo

Na primeira avaliação de resistência à penetração (Figura 11), a camada de 0-10 cm se destacou com os menores valores de resistência a penetração, sendo o SCE com média de 689,31 KPa e o SSE com 2.344,19 KPa (Figura 11-A). Destaca-se que o tratamento 5 apresentou 470,48 KPa, enquanto a testemunha apresentou 876,51 KPa. No SSE, o tratamento 3 apresentou 1.431,13 KPa, enquanto a testemunha apresentou valor de 2.728,55 KPa.

Figura 11- Resistência a penetração (KPa) de raízes de *U. cv. Marandu* no primeiro ciclo: A) na profundidade de 0-10cm; B) na profundidade de 10-20cm; e C) na profundidade de 20-40cm. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense*- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus* (80 µL.L⁻¹).

Nas camadas de 10-20 cm no primeiro ciclo (Figura 11-B), em ambos os sistemas utilizados, ocorreu o aumento da resistência à penetração, sendo que o tratamento 3 apresentou menor compactação em ambos os sistemas. As

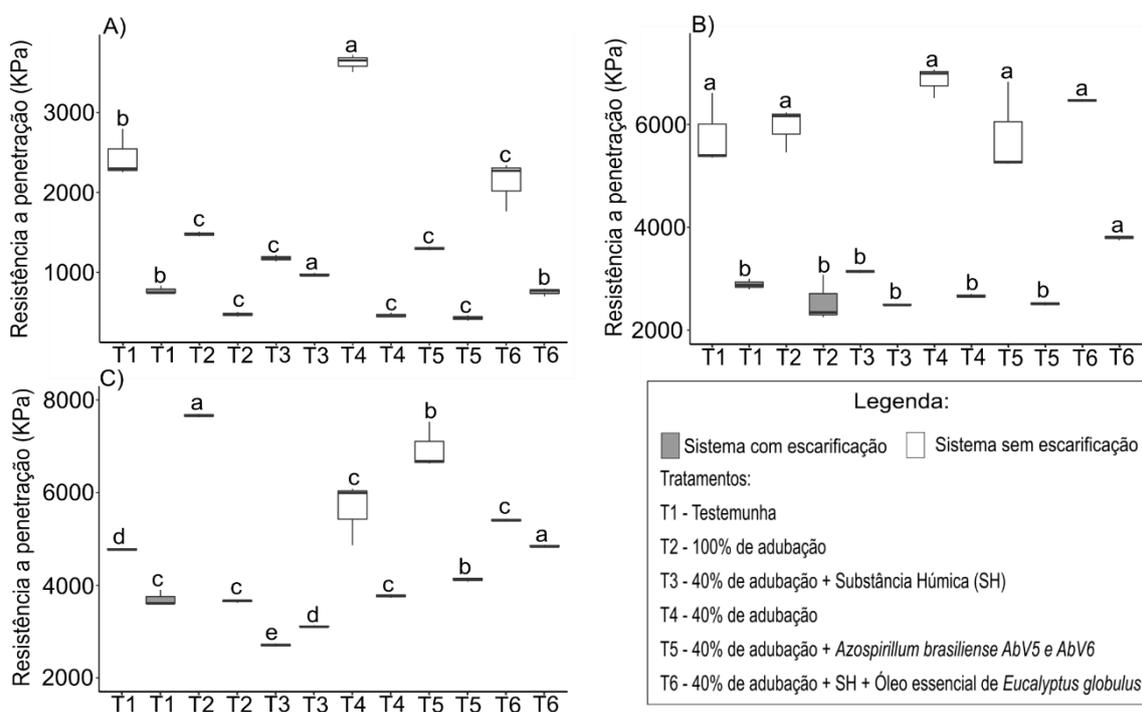
testemunhas em ambos os sistemas tiveram valores de 3.010,26 KPa e 6.107,15 KPa, respectivamente para os SCE e SSE.

A camada de 20-40 cm apresentou maior compactação em ambos os sistemas de manejo do solo e tratamentos avaliados (Figura 11-C), onde novamente o tratamento 3 se diferenciou, com 3.702,44 KPa e 2.998,93 KPa, respectivamente, para o SCE e para o SSE. Enquanto isso, as testemunhas de seus respectivos sistemas apresentaram 3.939,52 KPa e 4.942,1 KPa, respectivamente, para os SCE e SSE.

2.4.1.2. Segundo ciclo de cultivo

No segundo ciclo avaliativo da resistência à penetração (Figura 12), a camada de 0-10 cm apresentou os menores valores, e ressalta-se que o SCE teve média de 644,3 KPa e o SSE 2.025,99 KPa (Figura 12-A). Destaca-se que o tratamento 5 sobressaiu-se em ambos os sistemas, com 429,77 KPa para o SCE, sendo que a testemunha apresentou 777,92 KPa, e 1.298,41 KPa no SSE, enquanto a testemunha teve 2.449,06 KPa.

Figura 12- Resistência a penetração (KPa) de raízes de *U. cv. Marandu* no segundo ciclo avaliativo: A) na profundidade de 0-10; B) na profundidade de 10-20; e C) na profundidade de 20-40. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina;

T3- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4-** 40% de adubação mineral; **T5-** 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum brasiliense*- AbV5 e AbV6; **T6-** 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus* (80 µL.L⁻¹).

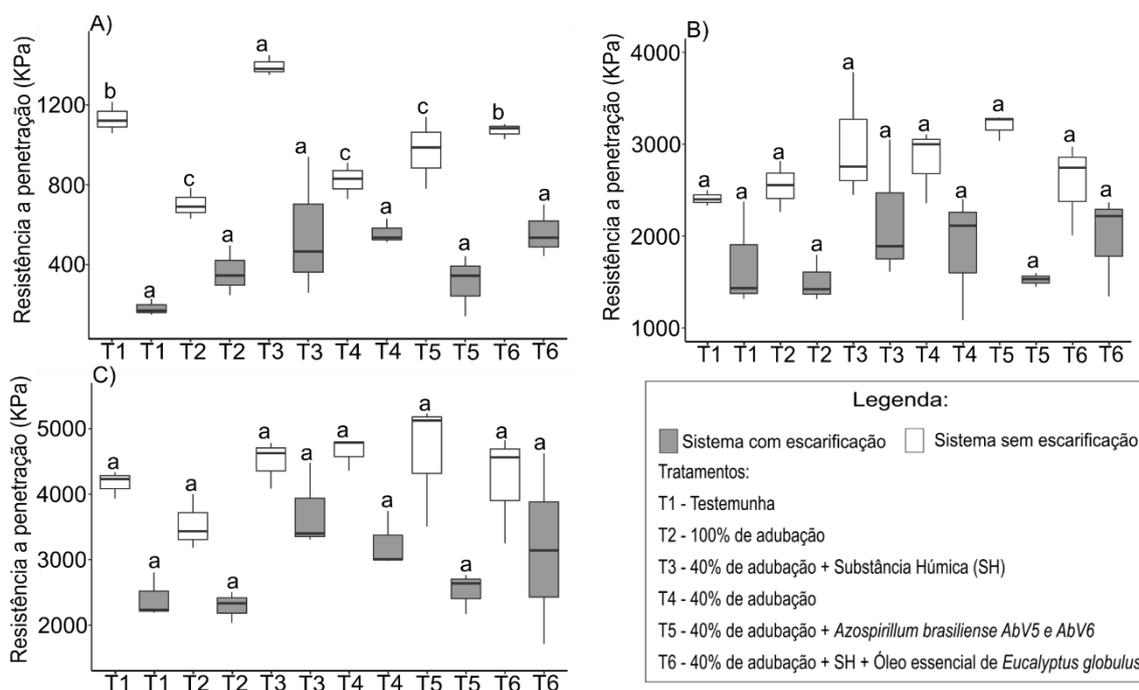
Na profundidade de 10-20 cm (Figura 12-B), em ambos os sistemas utilizados ocorreu aumento da resistência à penetração, sendo que o tratamento 3 apresentou valores de menor compactação em ambos os sistemas, onde o SCE apresentou média de 2.446,12 KPa, enquanto no SSE 3.139,56 KPa, ao passo que as testemunhas apresentaram valores de 2.889 KPa e 5.789,83 KPa, respectivamente, para os SCE e SSE.

A camada de 20-40 cm apresentou a maior compactação em ambos os sistemas de manejo do solo e tratamentos avaliados (Figura 12-C), onde novamente o tratamento 3 se diferenciou, com 3.113,57 KPa e 2.708,61 KPa, respectivamente, para o SCE e para o SSE.

2.4.1.3. Terceiro ciclo avaliativo

No terceiro ciclo avaliativo da resistência à penetração (Figura 13-A), a camada de 0-10 cm apresentou os menores valores, sendo o SCE com média de 421,48 KPa e o SSE com 1.015,09 KPa. Destaca-se que o tratamento 2 sobressaiu-se, com 701,32 KPa para o SSE, enquanto a testemunha apresentou 1.131,55 KPa.

Figura 13- Resistência a penetração (KPa) de raízes de *U. cv. Marandu* no terceiro ciclo avaliativo: A) na profundidade de 0-10; B) na profundidade de 10-20; e C) na profundidade de 20-40. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum brasiliense*- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus* (80 µL.L⁻¹).

Na profundidade de 10-20 cm no terceiro ciclo (Figura 13-B), em ambos os sistemas ocorreu o aumento da resistência à penetração, sendo que o tratamento 2 apresentou menor compactação no SCE (1.510,83 KPa). No SSE, a média dos tratamentos foi de 2.758,09 KPa.

A camada de 20-40 cm se destacou com maior compactação em ambos os sistemas de manejo do solo e tratamentos avaliados (Figura 13-C), onde o tratamento 2 apresentou menor compactação em ambos os sistemas, 2.290,57 KPa e 3.539,57 KPa, respectivamente, para o SCE e para o SSE.

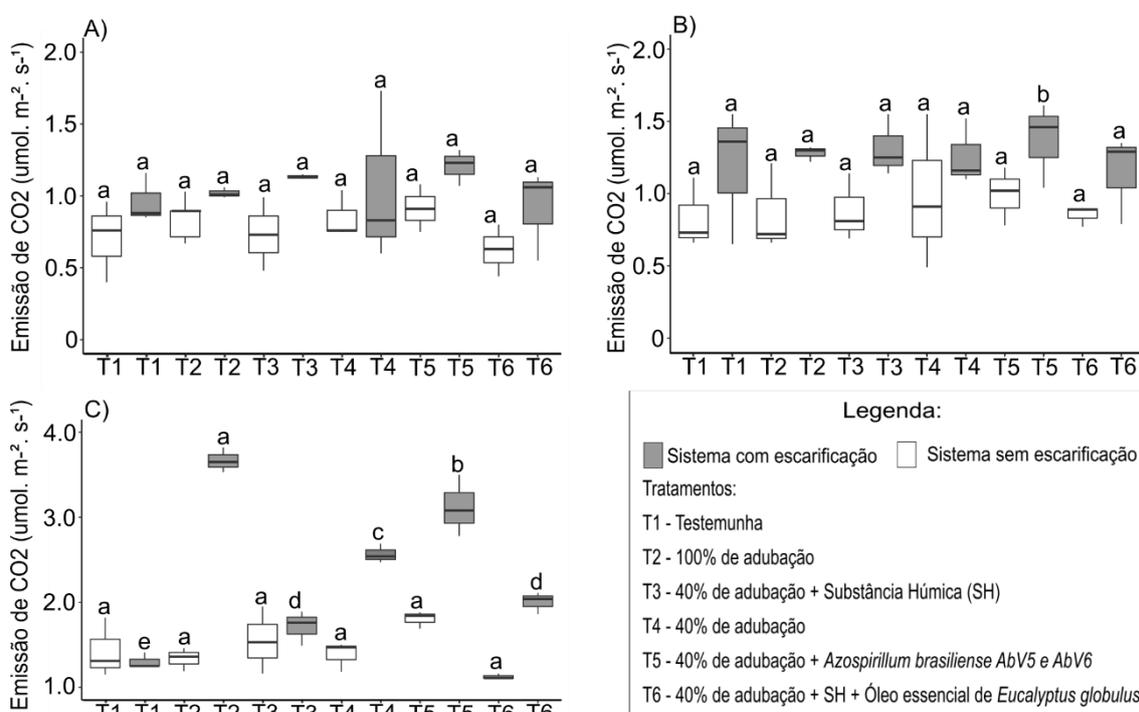
2.4.2. Emissão de CO₂

Em relação à emissão de CO₂ (Figura 14), o SCE apresentou maior emissão de CO₂ em todos os ciclos avaliativos, sendo 1,05, 1,26 e 2,40 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂ para o primeiro, segundo e terceiro ciclo, respectivamente. Enquanto isso, o SSE apresentou média de tratamentos de 0,77, 0,90 e 1,44 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂ para o primeiro, segundo e terceiro ciclo, respectivamente.

No primeiro ciclo (Figura 14-A), os valores com maior emissão de CO₂ no tratamento 5, com 1,20 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂ no SCE, mesmo não ocorrendo efeito significativo.

No segundo ciclo (Figura 14-B), o tratamento 5 apresentou maior emissão em ambos os sistemas, com 1,37 e 0,99 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂, respectivamente, para o SCE e SSE, todavia, não houve diferença estatística entre os tratamento em ambos os sistemas. No terceiro ciclo, o tratamento 2 no SCE se destacou, com 3,67 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂ de emissão (Figura 14-C).

Figura 14- Emissão de CO₂ em área de plantio de *U. cv. Marandu*: A) no primeiro ciclo avaliativo; B) no segundo ciclo avaliativo; e C) no terceiro ciclo avaliativo. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense*- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus* (80 μL.L⁻¹).

2.4.3. Fertilidade do solo

Para a avaliação dos atributos no solo (Tabela 8 e 9) foi realizada coleta em 2 profundidades (0-10cm e 10-20cm), no mês de maio de 2021, onde a profundidade de 0-10 cm apresentou maiores concentrações dos atributos em

ambos os sistemas e tratamentos, em relação à profundidade de 10-20 cm de solo (Tabela 8).

Os atributos na camada de 0-10cm de profundidade do solo, destaca-se que somente o t no SCE e o P e o V no SSE, apresentaram efeito significativo dos tratamentos em relação as testemunhas respectivas (Tabela 8).

Ressalta-se que o pH, Na⁺ e V apresentaram teores mais elevados numericamente no SCE, com 4,99, 2,33mg/dm³ e 20,27%, respectivamente. Enquanto no SSE, as médias entre os tratamentos foram de 4,84 para o pH, 0,39 mg.dm⁻³ para Na⁺ e 15,6% de saturação de base.

Tabela 8- Fertilidade na profundidade de 0-10cm de solo em sistema com escarificação (SCE) e em sistema sem escarificação (SSE). Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Manejo	pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
SCE	H2O	----- (mg/dm ³) -----					----- (cmolc/dm ³) -----					----- (%) -----	
T1	4,8 ^{ns}	1,25 ^{ns}	2,5 ^{ns}	11,6 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,6 ^{ns}	3,9 ^{ns}	1,0 ^{ns}	1,53b	4,9 ^{ns}	19,2 ^{ns}	38 ^{ns}
T2	5,1 ^{ns}	2,37 ^{ns}	1,7 ^{ns}	12,7 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,4 ^{ns}	4,4 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,65b	5,6 ^{ns}	24,5 ^{ns}	24 ^{ns}
T3	4,8 ^{ns}	1,83 ^{ns}	3,1 ^{ns}	16,2 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,7 ^{ns}	4,8 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,60b	5,8 ^{ns}	20,5 ^{ns}	42 ^{ns}
T4	5,2 ^{ns}	1,67 ^{ns}	2,2 ^{ns}	17,5 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,4 ^{ns}	4,2 ^{ns}	1,5 ^{ns}	1,85b	5,7 ^{ns}	25,7 ^{ns}	23 ^{ns}
T5	4,6 ^{ns}	1,90 ^{ns}	2,1 ^{ns}	15,6 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,9 ^{ns}	5,5 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,38b	6,0 ^{ns}	7,75 ^{ns}	66 ^{ns}
T6	5,2 ^{ns}	0,97 ^{ns}	2,4 ^{ns}	12,4 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,2 ^{ns}	2,9 ^{ns}	2,0 ^{ns}	2,71a	4,8 ^{ns}	23,9 ^{ns}	16 ^{ns}
CV (%)	7.71	34.43	49.57	22.39	54.23	63.48	49.23	30.35	61.4	20.7	27.51	37.19	63.51
Manejo	Ph	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
SSE	H2O	----- (mg/dm ³) -----					----- (cmolc/dm ³) -----					----- (%) -----	
T1	4,8 ^{ns}	1,37b	0,7 ^{ns}	8,70 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,90 ^{ns}	3,34 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,20 ^{ns}	3,7 ^{ns}	5,68b	80 ^{ns}
T2	5,0 ^{ns}	7,93a	0,6 ^{ns}	17,7 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,65 ^{ns}	2,89 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,4 ^{ns}	3,8 ^{ns}	31,9a	39 ^{ns}
T3	4,5 ^{ns}	0,74b	0,3 ^{ns}	6,50 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,15 ^{ns}	4,53 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,2 ^{ns}	4,6 ^{ns}	1,68b	90 ^{ns}
T4	4,8 ^{ns}	1,33b	0,0 ^{ns}	9,05 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,68 ^{ns}	3,82 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,03 ^{ns}	4,2 ^{ns}	8,36b	67 ^{ns}
T5	5,0 ^{ns}	6,65a	0,4 ^{ns}	12,2 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,52 ^{ns}	2,83 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,7 ^{ns}	3,9 ^{ns}	36,2a	43 ^{ns}
T6	4,7 ^{ns}	1,47b	0,3 ^{ns}	12,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,93 ^{ns}	3,38 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,3 ^{ns}	3,7 ^{ns}	9,74b	59 ^{ns}
CV (%)	7.4	71.4	64.6	33.8	93.2	110.2	44.1	18.6	114.8	18.06	18.03	52.92	43 ^{ns}

pH em água: potenciometria em solução solo-água 1:2,5; fósforo disponível: extraído por Mehlich-1+ espectroscopia); carbono orgânico: dicromato de potássio + colorimetria; alumínio extraível: determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹, usando-se azul de bromotimol como indicador; cálcio e magnésio: extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; potássio e sódio trocáveis: extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por fotometria de chama; SB = Ca⁺² + Mg⁺² + K⁺ + Na⁺; CTC = SB + (H⁺+Al⁺³); V% = SB x 100 / CTC. **T1** – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero Azospirillum brasiliense- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de Eucalyptus globulus (80 µL.L⁻¹); **Ns**: Não significativo.

Para os atributos, K, Al³⁺, SB, t e T na camada de 0-10 cm (Tabela 8), o SCE apresentou maior média entre os tratamentos para K (14,31 mg/dm³), Ca²⁺ (0,78 cmolc/dm³), Mg²⁺ (0,31 mg/dm³), H+Al (4,30 cmolc/dm³), SB (1,19 cmolc/dm³), t (1,79 cmolc/dm³) e T (5,49 cmolc/dm³), enquanto o SSE apresentou média maior para os teores de P disponível (3,25 mg/dm³), Al³⁺ (0,81 cmolc/dm³) e m (63,46%).

Tabela 9- Fertilidade na profundidade de 10-20cm de solo em manejo com escarificação (SCE) e sem escarificação (SSE). Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05).

Manejo	pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	T	V	m
SCE	H2O	----- (mg/dm ³) -----			----- (cmolc/dm ³) -----				--- (%) ---				
T1	4,73 ^{ns}	1,13a	2,37 ^{ns}	12 ^{ns}	0,11b	0,04 ^{ns}	0,80 ^{ns}	4,57 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,66 ^{ns}	5,4 ^{ns}	4,45b	58 ^{ns}
T2	4,6 ^{ns}	1,53a	2,63 ^{ns}	11 ^{ns}	0,7a	0,11 ^{ns}	1,07 ^{ns}	3,22 ^{ns}	0,7 ^{ns}	1,71 ^{ns}	3,9 ^{ns}	9,44b	59 ^{ns}
T3	4,44 ^{ns}	1,32a	3,20 ^{ns}	14 ^{ns}	0,28b	0,09 ^{ns}	1,07 ^{ns}	5,31 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,48 ^{ns}	5,7 ^{ns}	7,81b	71 ^{ns}
T4	4,9 ^{ns}	1,70a	3,83 ^{ns}	17 ^{ns}	0,44b	0,22 ^{ns}	0,57 ^{ns}	4,90 ^{ns}	1,0 ^{ns}	1,6 ^{ns}	5,9 ^{ns}	10,1b	38 ^{ns}
T5	4,4 ^{ns}	0,67b	1,93 ^{ns}	13 ^{ns}	0,28b	0,20 ^{ns}	0,92 ^{ns}	5,00 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,4 ^{ns}	5,5 ^{ns}	9,06b	64 ^{ns}
T6	4,91 ^{ns}	0,77b	2,13 ^{ns}	09 ^{ns}	0,86a	0,25 ^{ns}	0,53 ^{ns}	3,77 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,7 ^{ns}	4,9 ^{ns}	24a	31 ^{ns}
CV (%)	8.23	26.1	55.5	31.45	30.6	57.35	57.57	21.77	83.91	23.72	17.7	47.1	53.21
Manejo	pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	T	V	M
SSE	H2O	-- (mg/dm ³) --			----- (cmolc/dm ³) -----				--- (%) ---				
T1	4,8 ^{ns}	1,7 ^{ns}	0,4 ^{ns}	7,4 ^{ns}	0,18c	0,04 ^{ns}	0,87 ^{ns}	3,27 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,1 ^{ns}	3,5 ^{ns}	6,6c	80 ^{ns}
T2	4,8 ^{ns}	3,0 ^{ns}	0,67 ^{ns}	15 ^{ns}	0,54a	0,04 ^{ns}	0,70 ^{ns}	3,36 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,2 ^{ns}	3,8 ^{ns}	21a	53 ^{ns}
T3	4,6 ^{ns}	1,6 ^{ns}	0,43 ^{ns}	6,5 ^{ns}	0,01c	0,03 ^{ns}	0,87 ^{ns}	3,66 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,1 ^{ns}	3,9 ^{ns}	5,4c	80 ^{ns}
T4	4,7 ^{ns}	1,9 ^{ns}	0,23 ^{ns}	08 ^{ns}	0,34b	0,10 ^{ns}	0,54 ^{ns}	3,22 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,2 ^{ns}	3,6 ^{ns}	12b	63 ^{ns}
T5	4,9 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,60 ^{ns}	11 ^{ns}	0,10c	0,05 ^{ns}	0,68 ^{ns}	3,36 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,4 ^{ns}	4,1 ^{ns}	3,9c	58 ^{ns}

T6	4,7 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,13 ^{ns}	6,4 ^{ns}	0,16 ^c	0,05 ^{ns}	0,83 ^{ns}	3,36 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,1 ^{ns}	3,6 ^{ns}	6,2 ^c	77 ^{ns}
CV (%)	5.5	53.13	185.8	44.8	47.51	57.85	43.38	12.69	72.3	19.4	12.8	45.7	29.9

pH em água: potenciometria em solução solo-água 1:2,5; fósforo disponível: extraído por Mehlich-1⁺ (espectroscopia); carbono orgânico: dicromato de potássio + colorimetria; alumínio extraível: determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹, usando-se azul de bromotimol como indicador; cálcio e magnésio: extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; potássio e sódio trocáveis: extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por fotometria de chama; SB = Ca⁺² + Mg⁺² + K⁺ + Na⁺; CTC = SB + (H⁺ + Al⁺³); V% = SB x 100 / CTC. **T1** – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero Azospirillum brasiliense- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de Eucalyptus globulus (80 µL.L⁻¹).

Os atributos na camada de 10-20cm de profundidade do solo, destaca-se que somente o P, Ca²⁺ e V no SCE e o Ca²⁺ e V no SSE, apresentaram efeito significativo dos tratamentos em relação as testemunhas (Tabela 9).

Os solos da área do SCE apresentaram valores médios entre os tratamentos mais elevados em relação ao SSE com valores para Na⁺ (2,68mg/dm³), K⁺ (12,67 mg/dm³), Ca²⁺ (0,45 cmolc/dm³), Mg²⁺ (0,15 cmolc/dm³), Al³⁺ (0,83 cmolc/dm³), pH (4,46 cmolc/dm³), SB (0,76 cmolc/dm³), t (1,59 cmolc/dm³), T (5,22 cmolc/dm³) e V (10,96%). Enquanto o SSE apresentou maiores valores para a pH (4,79), P disponível (1,82 mg/dm³) e m (69,01%).

O tratamento 2 (100% de adubação química) se diferenciou estatisticamente em ambos os sistemas de manejo de solo na camada de 10-20 cm, onde o teor de Mg²⁺ apresentou 0,11 cmolc.dm⁻³ e 0,04 cmolc.dm⁻³, respectivamente, para o SCE e para o SSE, enquanto a testemunha apresentou valor de 0,04 cmolc.dm⁻³ em ambos os sistemas. O tratamento 6 se destacou para o teor de Ca²⁺ no SCE, com valor de 0,86 cmolc.dm⁻³, enquanto a testemunha apresentou valor de 0,11 cmolc.dm⁻³.

2.4.4. Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação COT/NT

De acordo com a análises de variância realizadas para COT, NT, e relação COT/NT, percebe-se que no SSE, o COT e relação COT/NT houve diferença estatística entre os tratamentos na profundidade de 0-10cm, já no SCE não houve diferença (Tabela 10).

Para NT não ocorreu diferença em nenhum dos sistemas estudados e em nenhuma profundidade avaliada (Tabela 10). Já o COT/NT, não houve diferença significativa na profundidade de 10-20cm, já a profundidade de 20-40cm houve diferença significativa.

Tabela 10 – Análise de variância para as características de carbono orgânico total, nitrogênio total e relação COT/NT, sob plantio de *U. cv. Marandu* em três profundidades (0-10cm; 10-20cm e 20-40cm) e em dois manejos de solo (SCE e SSE).

Variáveis	Manejo do solo								
	SCE					SSE			
F.org.	Prof. (cm)	Trat.	Bloco	Res.	CV (%)	Trat.	Bloco	Res.	CV (%)
COT	0-10	3.7495 ^{ns}	4.4147 ^{ns}	3.5554	13.02	8.8608 ^{**}	0.0693 ^{ns}	0.5286	9.41
	10-20	4.2170 ^{ns}	1.5519 ^{ns}	5.7201	17.52	2.2689 ^{ns}	7.3707 ^{ns}	3.3805	22.39
	20-40	2.0704 ^{ns}	5.1602 ^{ns}	2.2068	11.84	2.3224 ^{ns}	4.6626 ^{ns}	2.9591	21.13
NT	0-10	0.033053 [*]	0.066067 [*]	0.03320	16.87	0.05849 ^{**}	0 ^{ns}	0	0
	10-20	0.02356 ^{ns}	0.03934 ^{ns}	0.024992	16.98	0.021822 ^{ns}	0.00190 ^{ns}	0.012665	14.98
	20-40	0.09697 ^{ns}	0.126172 ^{ns}	0.09798	35.13	0.028232 ^{ns}	0.003089 ^{ns}	0.029836	23.64
COT/NT	0-10	7.1427 ^{ns}	18.9587 [*]	3.2034	13.5	35.308 ^{**}	0.580 [*]	0.104	2.76
	10-20	8.123 ^{ns}	31.952 ^{ns}	11.457	22.8	11.953 ^{ns}	11.559 ^{ns}	13.766	33.29
	20-40	11.7652 [*]	26.4583 ^{**}	3.0024	12.72	19.3422 ^{**}	8.1446 [*]	1.5307	11.2

Trat.: Tratamento; **Res.:** Resíduos; **CV:** Coeficiente de variação; **F.org:** Fração orgânica do solo **COT:** Carbono orgânico total; **NT:** Nitrogênio total; **COT/NT:** Relação carbono orgânico total e nitrogênio total; **Prof.:** profundidades avaliadas **SCE:** sistema com escarificação; **SSE:** Sistema sem escarificação; **ns:** Não significativo; *****: significativo a 5%; ****:**Significativo a 1%.

Em relação a quantificação de COT (Tabela 11), o SCE apresentou maior quantidade de COT em todas as profundidades, sendo a média dos tratamentos de 14,49, 13,65 e 12,64 g.Kg⁻¹ para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente, enquanto as médias do SSE foram de 7,72, 8,13 e 8,14 g.Kg⁻¹ para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. Com o aumento da profundidade ocorre a menor quantificação de COT no SCE, enquanto o SSE não apresentou variações significativas entre as profundidades.

Na profundidade de 0-10 cm (Tabela 11), o tratamento 3 no SSE, na profundidade de 0-10 cm, apresentou diferença significativa em relação a ambas testemunhas, com 9,53 g.Kg⁻¹ de COT.

Na profundidade de 10-20 cm (Tabela 11), o tratamento 4 do SCE apresentou 14,97 g.Kg⁻¹ de COT, enquanto no SSE a testemunha 2 apresentou 9,35 g.Kg⁻¹ de COT. Na profundidade 20-40 cm, o tratamento 3 no SCE se destacou com 13,63 g.Kg⁻¹ de COT, enquanto no SSE o tratamento 4 apresentou 9,78 g.Kg⁻¹ de COT (Tabela 11).

Tabela 11- Quantidade de Carbono orgânico total (g.Kg⁻¹), nitrogênio total (g.Kg⁻¹) e relação COT/NT em área de plantio de *U. cv. Marandu* em três profundidades. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Manejo	Variáveis		Tratamentos					
	F.org.	Prof. (cm)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
SCE	COT	0-10	14,87 ^{ns}	13,97 ^{ns}	12,74 ^{ns}	15,96 ^{ns}	15,21 ^{ns}	14,17 ^{ns}
		10-20	12,52 ^{ns}	11,87 ^{ns}	14,17 ^{ns}	14,97 ^{ns}	14,10 ^{ns}	14,30 ^{ns}
		20-40	11,41 ^{ns}	12,57 ^{ns}	13,63 ^{ns}	13,08 ^{ns}	12,81 ^{ns}	11,57 ^{ns}
	NT	0-10	1,18 ^{ns}	1,13 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,91 ^{ns}
		10-20	0,80 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,68 ^{ns}
		20-40	1,07 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,76 ^{ns}
	COT/NT	0-10	13 ^{ns}	12 ^{ns}	11 ^{ns}	13 ^{ns}	13 ^{ns}	16 ^{ns}
		10-20	12 ^{ns}	12 ^{ns}	15 ^{ns}	16 ^{ns}	16 ^{ns}	14 ^{ns}
		20-40	12 ^b	15 ^a	17 ^a	14 ^a	12 ^b	11 ^b
SSE	COT	0-10	5,01 ^d	6,79 ^c	9,53 ^a	7,86 ^b	9,52 ^a	7,61 ^b
		10-20	7,69 ^{ns}	9,35 ^{ns}	7,24 ^{ns}	7,43 ^{ns}	8,87 ^{ns}	8,67 ^{ns}
		20-40	7,35 ^{ns}	7,53 ^{ns}	8,07 ^{ns}	9,78 ^{ns}	8,34 ^{ns}	7,64 ^{ns}
	NT	0-10	0,54 ^{**}	0,75 ^{**}	0,57 ^{**}	0,53 ^{**}	0,88 ^{**}	0,70 ^{**}
		10-20	0,75 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,74 ^{ns}

	20-40	0,88 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,58 ^{ns}
COT/ NT	0-10	09 e	09 d	17 a	15 b	15 c	11 c
	10-20	08 ^{ns}	15 ^{ns}	10 ^{ns}	11 ^{ns}	10 ^{ns}	12 ^{ns}
	20-40	09 b	11 a	10 a	13 a	12 a	13 a

T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4**- 40% de adubação mineral; **T5**- 40% de adubação mineral + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Azospirillum* brasiliense- AbV5 e AbV6; **T6**- 40% de adubação mineral + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹) + Aplicação de Óleo Essencial de *Eucalyptus globulus* (80 µL.L⁻¹). **Trat.**: Tratamento; **Res.**: Resíduos; **CV**: Coeficiente de variação; **F.org**: Fração orgânica do solo **COT**: Carbono orgânico total; **NT**: Nitrogênio total; **COT/NT**: Relação carbono orgânico total e nitrogênio total; **Prof.**: profundidades avaliadas **SCE**: sistema com escarificação; **SSE**: Sistema sem escarificação; **ns**: Não significativo; *: significativo a 5%; **:Significativo a 1%.

Em relação à quantificação de NT (Tabela 11), o SCE apresentou maior quantidade de NT em todas as profundidades, sendo 1,08, 0,93 e 0,89 g.Kg⁻¹ para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. Enquanto no SSE as médias dos tratamentos foram de 0,66, 0,74 e 0,73 g.Kg⁻¹ de NT para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. No SCE, os teores de NT reduziram com a profundidade do solo, enquanto no SSE os teores de NT não variaram significativamente entre as profundidades estudadas.

Na profundidade de 0-10 cm (Tabela 11), o tratamento 3 apresentou os maiores teores de NT. O tratamento 5 no SSE, na profundidade de 0-10 cm, apresentou valor de 0,88 g.kg⁻¹ de NT.

Na profundidade de 10-20 cm (Tabela 11), o tratamento 6 do SCE apresentou média semelhante a testemunha 2 (1,02 g.Kg⁻¹ de NT), enquanto no SSE o tratamento 5 apresentou 0,85 g.Kg⁻¹ de NT. Na profundidade 20-40 cm o tratamento 5, no SCE, se destacou com 1,1 g.Kg⁻¹ de NT, enquanto o SSE para o tratamento 4 apresentou maiores teores de NT entre os tratamentos testados, com 0,77 g.Kg⁻¹ (Figura 18-C).

A relação C/N (Tabela 11), no SCE apresentou maior relação C/N em todas as profundidades, sendo 13, 15 e 14 para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente, enquanto o SSE apresentou média de tratamentos de 12, 11 e 11 para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente.

Na profundidade de 0-10cm (Tabela 11), o tratamento 6 apresentou maior relação C/N no SCE (16), mesmo não ocorrendo efeito significativo. O tratamento

3 no SSE, na profundidade de 0-10 cm, apresentou diferença significativa, com valor de 17 para relação C/N.

Na profundidade de 10-20 cm (Tabela 11), a testemunha 2 no SSE apresentou 15, enquanto a testemunha apresentou relação de 10. Já na profundidade 20-40 cm, o tratamento 3 no SCE se destacou com 17 de relação COT/NT, enquanto o SSE para o tratamento 6 apresentou valor médio de 13 (Tabela 11).

3. DISCUSSÃO

Ao analisar todas as características estudadas de *Urochloa cv. Marandu*, o SCE apresentou melhores resultados para as características fitotécnicas, fisiológicas, biomassa verde e seca da parte aérea, biomassa radicular, além de menor compactação ao solo e fertilidade mais elevada quando comparado ao SSE.

Os resultados mostraram que o desenvolvimento morfológico (características fitotécnicas) de *Urochloa cv. Marandu* foram mais eficientes nas parcelas onde ocorreu a escarificação do solo, associados ao uso de biotecnologias e adubação química, mesmo que os atributos do solo não tenham apresentado grandes diferenças significativas entre os tratamentos. Para a reconstrução da fertilidade e matéria orgânica do solo, é necessário aporte contínuo de matéria orgânica ao longo do tempo (MARCHINI et al., 2015). O não revolvimento do solo, quebrando a camada compactada (designado SSE) em áreas de alto nível de degradação, não possibilita o bom desenvolvimento fitotécnico das plantas e recuperação da fertilidade da pastagem. Esse resultado era esperado, uma vez que, devido ao avançado estágio de degradação do solo das áreas experimentais, o mesmo apresentava baixa disponibilidade de nutrientes às plantas. Dessa forma, a produção de biomassa da parte aérea e de raízes da *Urochloa cv. Marandu* foi inferior no tratamento testemunha em ambos os sistemas. Além disso, durante a implantação do experimento e durante a sua condução, principalmente no primeiro ano, houve grande perda da calagem e adubação, devido à erosão laminar nas parcelas experimentais, resultante da alta precipitação nos primeiros meses, o que pode ter interferido no atraso inicial da recuperação da fertilidade e do desenvolvimento vegetal, interferindo nos anos seguintes.

Para o bom desenvolvimento fitotécnico de *Urochloa cv. Marandu*, a adubação mineral é a estratégia mais utilizada na agricultura atual, incluindo principalmente a atribuição das adubações nitrogenada e fosfatada, associadas ao revolvimento do solo, contribuindo na velocidade de crescimento e desenvolvimento radicular (ALEXANDRINO; VAZ; SANTOS, 2010; TEIXEIRA et al., 2018; LIMA, 2021). O N promove principalmente o desenvolvimento da parte aérea da forrageira e o P é o segundo nutriente limitante no desenvolvimento das forrageiras, sendo essencial na divisão celular (CANTARUTTI et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2004; CASTRO et al., 2016).

Os parâmetros referentes à qualidade da fração orgânica do solo, assim como os dados de fertilidade foram baixos, uma vez que, na região de estudo é frequente o uso de queimadas nas pastagens, a qual proporciona redução da matéria orgânica e dos microrganismos do solo (PREZOTTI et al., 2007; REDIN et al., 2011; BORGHI et al., 2018; MOREIRA, SANTOS, PEREIRA JÚNIOR, 2020). Assim, a testemunha 2 (100% de adubação), 3 (40% de adubação + SH) e 4 (40% de adubação) apresentaram resultados mais promissores aos demais tratamentos nas características fitotecnicas, na taxa fotossintética, desenvolvimento radicular e nos teores de clorofila, uma vez que, esses fatores estão diretamente relacionados com a fertilidade do solo e a nutrição das plantas.

Apesar dos parâmetros de fertilidade se apresentarem baixos, estudos desenvolvidos com *Urochloa cv. Marandu* em áreas de recuperação de áreas degradadas apresentaram maiores acúmulos e incremento de nutrientes no solo quando se comparados com área que receberam a espécie de outras poaceae, como alternativa de uso para a recuperação (KAWAKAMI, 2022). Assim, esses resultados podem reforçar a importância de pesquisas a longo prazo, demonstrando viabilidade econômica e sustentável no sistema a ser recuperado.

Acrescenta-se que o tratamento 4, com 40% da adubação recomendada pela análise de solo, apresentou valores mais elevados para a biomassa verde, teores de clorofila, COT, NT, fertilidade e menores resultados de resistência a compactação, além de maior quantificação do sistema radicular em relação ao tratamento com 100% da adubação. Estes resultados podem estar relacionados às perdas por erosão hídrica de parte dos adubos aplicados e a possível

indicação de que, para as condições estudadas, a recomendação de adubação deve ser reavaliada. Assim, pode acarretar economia de trabalho e recursos financeiros pelo agricultor. O índice de clorofila e o desenvolvimento do sistema radicular estão diretamente relacionados com os níveis de N da planta e adubação do nutriente. Outro fator importante é que o desenvolvimento radicular diminui a compactação em solos degradados (TAIZ et al., 2017; DA SILVA, 2021; CRUZ et al., 2021).

As SH associadas a 40% de adubação química (tratamento 3) apresentaram maior produção de biomassa seca da parte aérea entre os tratamentos no primeiro ciclo, além de valores numéricos mais elevados da fertilidade, incluindo COT e NT. Em trabalho realizado com *Poaceae*, o uso de SH promoveu o crescimento de raízes, além do desenvolvimento das características fitotécnicas, uma vez que a ação dos ácidos húmicos estimula a atividade da enzima H⁺ATPase da membrana plasmática, o que se assemelha ao desempenho dos hormônios vegetais, além de apresentar grupos trocáveis de auxinas, que apresentam funções de divisão e alongamento celular, estimulando o crescimento a partir do meristema das plantas, o que conseqüentemente promove a distensão dos tecidos vegetais. Além disso, a disponibilidade das frações da matéria orgânica, sendo de forma naturalmente depositadas pelo aporte de resíduos orgânicos ou pela ação antrópica, agregam maior desenvolvimento nos meristemas das plantas, uma vez que as frações das SH proporcionam resultados semelhantes quanto à disponibilidade de P, quando comparadas aos sistemas de matas nativas (FAÇANHA et al., 2002; MARQUES JÚNIOR et al., 2008; COSTA, 2021; MOREIRA et al., 2022; NOVOTNY et al., 2022).

Apesar do tratamento com a aplicação do inoculante *A. brasiliense* ter apresentado resultados semelhantes aos demais tratamentos, o uso de inoculantes a base de microrganismos pode favorecer indiretamente na fertilidade do solo e na restauração produtiva de áreas degradadas (CALVO, NELSON, KLOPPER, 2014; BERNUCCI, 2021.). Algumas espécies de microrganismos, como o *Azospirillum* spp., aumentam a disponibilidade dos nutrientes para as plantas, por meio da solubilidade aprimorada (CALVO, NELSON, KLOPPER, 2014). O *Azospirillum* spp. age como solubilizador de P, por meio da produção do ácido glucônico (RODRÍGUEZ et al., 2004, MOURAIS

et al., 2021), favorecendo a liberação de hormônios na rizosfera, os quais promovem o desenvolvimento vegetal mediante divisões celulares (MELO, 2021), além da diminuição da susceptibilidade das plantas em áreas com condições de salinidade (GAIOTTO et al, 2021). Contudo, no presente trabalho a aplicação do *Azospirillum* spp ocorreu apenas no início do experimento, não sendo aplicado nos outros anos. Isso indica o grande potencial desses microrganismos como estimulante no crescimento, principalmente se aplicados anualmente no solo quando de novas sementeiras da planta ou em associação com outros microrganismos de aplicação foliar, como pode ser observado em diversas pesquisas brasileiras em forrageiras tropicais, onde a aplicação de *Azospirillum* spp., associada a microrganismo do gênero *Rhizobium tropici*, funcionou como co-inoculantes para o desenvolvimento radicular, proporcionando melhor crescimento vegetativo (parte aérea) e na produtividade, além de maiores concentrações de macronutrientes nas folhas (MARTINS, 2022; DICKMANN et al., 2022; PALHETA, 2022).

Quanto ao processo de recuperação produtiva de solos degradados, torna-se necessária a atribuição de análises a longo prazo, principalmente para a demanda da construção de uma fertilidade que supra as necessidades vegetais de modo sustentável. Ressalta-se que os estoques de COT do solo e a restauração de sua fertilidade, principalmente em relevo fortemente ondulado, se tornam obstáculos devido à baixa quantificação de seus teores, pois o aporte de resíduos depositados com a ajuda de plantas, animais e microrganismos são extremamente restritos ou nulos, sendo estes responsáveis por cerca de 98% do C orgânico do solo (MOREIRA, SANTOS, PEREIRA JÚNIOR, 2020, MENDES et al., 2021).

Em geral, os tratamentos que apresentaram menores compactação do solo dispuseram resultados mais favoráveis ao desenvolvimento vegetal, tanto da parte aérea, quanto ao sistema radicular. Diversas pesquisas mostram que a ocorrência da compactação do solo acarreta maiores gastos energéticos das plantas para o desenvolvimento das atividades fisiológicas, além das alterações morfológicas, destacando principalmente na distribuição e biomassa radicular (FALKER, 2009; SILVA, 2021; SAVIOLI et al., 2021; SILVEIRA et al., 2022). Além disso, solos com menores compactações nas camadas iniciais apresentam

melhores distribuições e alongamento de raízes ao longo do perfil do solo, favorecendo a concentração de carbono orgânico advindo da presença de compostos derivados da atividade microbiana, fator esse que potencializa o desenvolvimento vegetal e o uso de bactérias como o *Azospirillum* spp. como alternativa para uma agricultura mais sustentável e economicamente viável, favorecendo diretamente produtividades que oscilem menos ao longo dos anos de cultivo, como se tem buscado na atualidade da pesquisa e dos setores do agronegócio brasileiro (MOREIRA et al., 2022; NOVOTNY et al., 2022; PALHETA, 2022; PONCE et al., 2022).

4. CONCLUSÃO

O uso de biotecnologias associadas ao SCE, juntamente às doses reduzidas de adubação mineral, apresentou-se como alternativa em sistemas produtivos que estão em processo de recuperação da capacidade produtiva após sofrerem altos danos de degradação pois apresentaram valores similares ao uso de 100% de adubação química, como é observado nos resultados dos tratamentos 3 e 4, que foram semelhantes ao uso de 100% de adubação, seguidos dos tratamentos 5 e 6, que apresentaram menores resultados em relação aos demais tratamentos.

Assim, o uso dos bioestimulantes apresentou potencial para a sustentabilidade em áreas de alto nível de degradação, proporcionando melhorias na qualidade físico-químicas do solo, que conseqüentemente favorecem o desenvolvimento na fase inicial de *Urochloa cv. Marandu* e auxiliam o processo de recuperação desse sistema.

CAPÍTULO 2: Recuperação Produtiva de pastagens degradadas com *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II, com uso de bioestimulantes e redução da adubação mineral, em diferentes sistemas de plantio.

RESUMO

Frente ao crescimento populacional e das pautas globais da necessidade do uso sustentável dos recursos naturais, as Fabaceae são amplamente recomendadas para o cultivo em áreas degradadas devido à eficiência simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio e pela capacidade de suportar solos com baixa fertilidade e teores de matéria orgânica, favorecendo a recuperação de áreas que apresentavam baixa produtividade. O presente estudo objetivou a recuperação da capacidade produtivas de pastagens em áreas com condições de alto nível de degradação com plantio de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II, associado ao uso bioestimulantes e a redução de adubação mineral em diferentes manejos do solo (com escarificação (SCE) e sem escarificação (SSE)). Os tratamentos aplicados em cada sistema foram: Testemunha (T1)- sem adubação (controle), T2 - 100% de adubação mineral, T3 - Substância Húmica (SH); T4 - Substância Húmica (SH) mais inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, T5 - 40% da adubação mineral mais SH, T6 - aplicação de substância húmica (SH), inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, e 40% da adubação mineral. Os resultados demonstraram que o uso de bioestimulantes associados ao SCE apresentam valores semelhantes ao desenvolvimento fitotécnico de biomassa verde e seca em relação ao tratamento com 100% de adubação. Destaca-se que o uso da escarificação reduziu a compactação e favoreceu o desenvolvimento radicular e os parâmetros fisiológicos das plantas em relação ao sistema sem escarificação. Assim, o uso de insumos biológicos para a regiões afetadas com relevos declivosos, baixas precipitações, pouco tecnificada e com baixa disponibilidade de nutrientes podem ser uma alternativa na recuperação inicial de áreas com alto nível de degradação.

Palavras-chave: *Bradyrhizobium*; Compactação; *Fabaceae*; Manejo do solo.

ABSTRACT

Faced with population growth and the global agenda of the need for the sustainable use of natural resources, the Fabaceae are widely recommended for cultivation in degraded areas due to their symbiotic efficiency with nitrogen-fixing bacteria and their ability to support soils with low fertility and low matter content. organic, favoring the recovery of areas that had low productivity. The present study aimed to recover the productive capacity of pastures in areas with conditions of high level of degradation with planting of *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I and II, associated with the use of biostimulants and the reduction of mineral fertilization in different soil managements (with scarification (SCE) and without scarification (SSE)). The treatments applied in each system were: Control (T1) - without fertilization (control), T2 - 100% mineral fertilization, T3 - Humic Substance (SH); T4 - Humic Substance (SH) plus inoculation via seed with bacteria of the genus *Bradyrhizobium*, T5 - 40% of mineral fertilizer plus SH, T6 - application of humic substance (SH), inoculation via seed with bacteria of the genus *Bradyrhizobium*, and 40% of mineral fertilizer. The results showed that the use of biostimulants associated with SCE present values similar to the phytotechnical development of green and dry biomass in relation to treatment with 100% fertilization. It is noteworthy that the use of scarification reduced compaction and favored root development and the physiological parameters of the plants in relation to the system without scarification. Thus, the use of biological inputs for affected regions with steep terrain, low rainfall, little technology and low availability of nutrients can be an alternative in the initial recovery of areas with a high level of degradation.

Keywords: *Bradyrhizobium*; Compression; *Fabaceae*; Soil management.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária é uma atividade importante do agronegócio brasileiro, com destaque internacional especialmente no segmento da bovinocultura de corte e leite (SILVA et al., 2021). Contudo, a pecuária capixaba é realizada em sua maioria de forma extensiva e intensiva, pouco tecnificada, com baixa capacidade produtiva, baixo teor nutritivo do rebanho além de apresentar áreas com diferentes níveis de degradação (SILVA et al, 2020). Neste aspecto, evidencia-se a degradação das pastagens na agricultura brasileira, que ocupam extensas áreas, acarretando sérios problemas não somente ambientais, mas também econômicos (DIAS-FILHO, 2011). As pastagens brasileiras apresentam 80% das áreas em algum nível de degradação (BORGHI, 2018), enquanto as microrregiões do estado do Espírito Santo apresentam percentuais distintos de degradação do solo sob pastagem, sendo na região do Caparaó de 25% (IBGE, 2019).

Diante do cenário de mudança climática mundial, o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) de 2021 pautou a importância de se reduzir a emissão de carbono e de outros gases de efeito estufa e zerar o balanço entre o que é lançado e o que é retirado da atmosfera em áreas sob pastagem (IPCC, 2021). Assim, a sociedade está aumentando a pressão sobre o setor agropecuário, cobrando maior sustentabilidade e eliminação de lacunas de produção em terras agrícolas, exigindo maior eficiência no uso de fertilizantes e água, reciclagem de fósforo e redistribuição do uso de nitrogênio e fósforo e o aumento da biodiversidade dentro dos sistemas agrícolas (EAT-Lancet, 2020). Corroborando com esta demanda, estudos apontam a necessidade de recuperação das áreas degradadas, principalmente pela atividade pecuária extensiva, uma vez que áreas degradadas apresentam menor potencial produtivo (CARVALHO et al., 2017).

De acordo com Pereira et al. (2018), a maior dificuldade do setor agrícola brasileiro, principalmente em regiões com relevos movimentados e com baixa tecnificação, é produzir de forma sustentável. Todavia, diversas técnicas são empregadas com finalidade de recuperação de pastagens degradadas, como: manejo de adubação e calagem, cultivo consorciado de forrageiras, quebra das camadas compactadas do solo e uso de espécies vegetais menos exigentes em

fertilidade (OLIVEIRA et al., 2005; AGUIRRE, 2014; NARANJO et al., 2012; SANTINI et al., 2015, SANTOS et al. 2016). Dentre essas técnicas, a utilização de *Stylosanthes* cv. Campo Grande, combinado com adubação fosfatada e revolvimento do solo, pode promover recuperação das pastagens (SANTOS et al, 2016).

Cordeiro et al. (2015) ressaltaram que para uma produção de alimentos que acompanhe os avanços das demandas da população mundial é imprescindível o desenvolvimento de práticas sustentáveis nos setores agrícolas. Para que essa demanda seja suprida, práticas de produção com maior eficiência e diversificação em um mesmo espaço têm sido uma das alternativas, principalmente por gerenciar os recursos solo e água de maneira eficiente, gerando intensificação e sustentabilidade, produzindo diversos benefícios de natureza tecnológica, ecológica e ambiental, econômica e social (MENDES et al., 2021). Assim, a diversificação sustentável dos setores agrícolas por meio de práticas de manejo consciente, atribuídos às biotecnologias e ao uso de espécies adaptadas aos ambientes estressantes apresentam benefícios às propriedades rurais (TELLES et al., 2021).

Dentre as Fabaceae tropicais que apresentam melhor adaptação a ambientes estressantes, destaca-se as *Stylosanthes*. Esta Fabaceae tem sido alvo de pesquisas como uso alternativo ou complementar de forrageira, enfatizando sua grande diversidade genética, que apresenta características favoráveis de maturação e composição nutricional, além de apresentar bom desenvolvimento vegetativo em solos arenosos, de baixa fertilidade e elevada acidez (SILVA, 2010). Assim, esta planta é uma alternativa viável para o melhoramento das condições físicas do solo (FERREIRA et al, 2018), além de ser uma ótima opção de fonte proteica em pastagens que apresentam declínio na produção de biomassa de qualidade (LADEIRA, 2001).

Dentro do processo de diversificação e recuperação de áreas degradadas, o plantio de forrageiras Fabaceae tropicais como *Stylosanthes* cv. Campo Grande apresentam benefícios na alimentação animal por serem mais proteicas em sua composição nutricional em relação às Poaceae, tornando-se excelente forma alternativa em pastagem com baixo teor nutricional, especialmente no período

seco (SILVA, 2010). Estas plantas possuem relações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio no solo, nutriente escasso nas pastagens (CASSETARI, SILVA, CARDOSO, 2016). Com isso, favorece a ciclagem de nutrientes, potencializando processos biológicos que beneficiam o sistema solo-planta. Outra característica importante das Fabaceae é a descompactação do solo. Pesquisas demonstram que a inoculação induzida de bactérias fixadoras de nitrogênio promove maior crescimento das plantas e aceleram o processo de fixação, uma vez que em solos degradados a atividade microbiológica é reduzida, com isso reduz-se o custo de adubação (HUNGRIA, NOGUEIRA, ARAUJO, 2015; SANTOS et al., 2017; IGIEHON, N. O.; BABALOLA, 2018).

Complementar ao uso de bactérias fixadoras de nitrogênio, a aplicação de substâncias húmicas (SH) é promissora no estabelecimento de microrganismos promotores de crescimento das plantas (BPCV), maximizando seus efeitos (FAÇANHA et al., 2002; MARQUES JR. et al., 2008). SH estimulam a atividade da enzima H⁺ATPase da membrana plasmática, o que se assemelha ao desempenho dos hormônios vegetais, além de apresentar grupos trocáveis de auxinas e aumentar as taxas de respiração e fotossíntese pela maior atividade da enzima catalase (FAÇANHA et al., 2002; NARDI et al., 2000).

Dessa forma, objetivou-se neste trabalho recuperar a capacidade produtiva de pastagens em áreas com condições de alto nível de degradação submetida ao uso de insumos biológicos (SH e BPCV), adubação química e sistemas de manejo diferentes. Além de avaliar fontes alternativas de forrageiras adaptadas às condições brasileiras para serem utilizados na recuperação de áreas degradadas atrelado ao enriquecimento nutricional dos rebanhos no sul do estado do Espírito Santo.

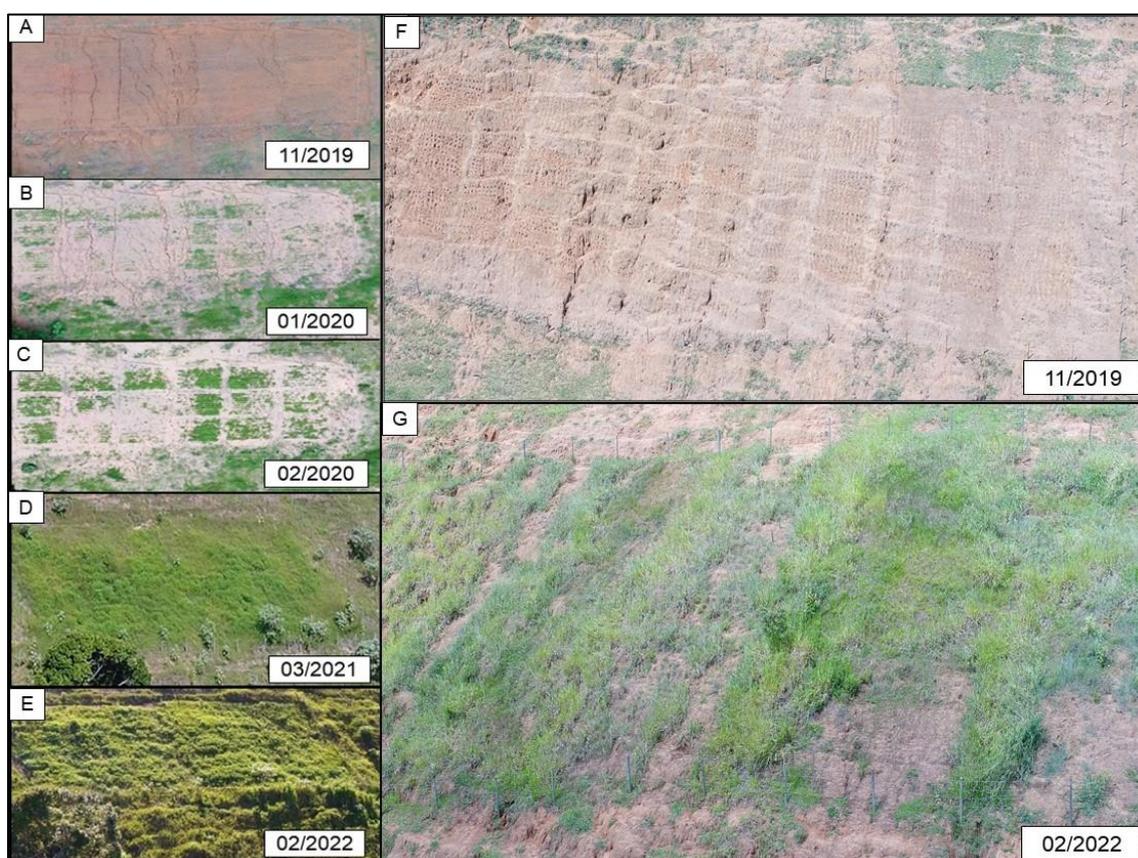
2. RESULTADOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA E FITOTÉCNICA

Após a instalação do experimento no ano de 2019 (Figura 4-A e F), sua condução ocorreu até fevereiro de 2022 (Figura 4-E e G). Todas as características fitotécnicas foram avaliadas em 3 ciclos avaliativos, sendo considerado somente a média da última avaliação de cada ciclo, no qual se

encontra na figura 4 e tabela 5. Em relação aos comprimentos totais das plantas (Figura 4), houve diferença significativa no primeiro e segundo ciclo, entre os tratamentos em relação a testemunha 1. No terceiro ciclo, não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação a testemunha 1 (53,10cm), todavia, a testemunha 2 (66,78cm) e tratamento 3 (67,11cm), se destacaram com média superior à média do sistema (60,74cm).

Figura 4 – Imagens aéreas dos sistemas com escarificação (A, B, C, D e E) e sem escarificação (F e G), em seus processos respectivos de recuperação produtiva através da implantação de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II e o uso de adubações químicas e suas associações com o uso de bioestimulantes.

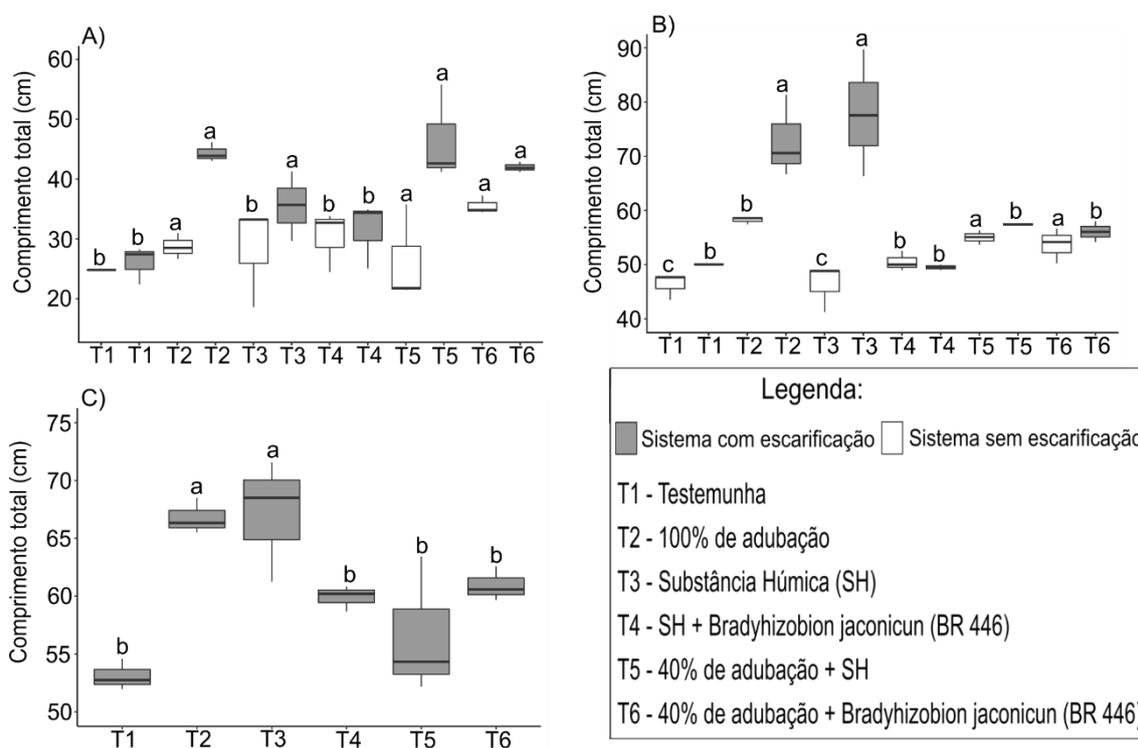


No primeiro ciclo (Figura 5-A), os tratamentos 2 e 5 da área do SSE se destacaram dos demais tratamentos, com comprimentos médios de 44,55 e 46,53 cm, respectivamente, sendo 36,56% e 42,63% maior em relação à testemunha (32,62cm). Já o SCE apresentou média de 30,60 cm, enquanto os tratamentos 3 e 6 se destacaram com ambas as médias de 35,53 cm, enquanto a testemunha 1 apresentou valor de 26,02 cm.

Na avaliação do segundo ciclo (Figura 5-B), os tratamentos 2 e 3 na área que recebeu o SCE se destacou em relação aos demais tratamentos, com 72,86 cm e 77,85 cm respectivamente, sendo 36,05% e 45,36% maior em relação à testemunha (53,56 cm) e da média do sistema (63,61 cm). No SSE, o tratamento 2 apresentou maior valor (58,25 cm), enquanto a média do sistema foi de 51,70 cm, enquanto da testemunha 1 foi de 46,33 cm.

Já no terceiro ciclo (Figura 5-C) o tratamento 2 se destacou, juntamente com o tratamento 3, com comprimento total de 66,78 cm e 67,11 cm, respectivamente, acentuando, respectivamente, 25,76% e 26,38% que a testemunha (53,10 cm), enquanto a média do sistema foi de 60,74 cm.

Figura 5- Comprimento Total de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II: A) no primeiro ciclo; B) no segundo ciclo; e C) no terceiro ciclo. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste F ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrizobium*.

Na ALT, a média do SCE de 27,83, 61,12 e 58,25 cm, respectivamente, para o primeiro, segundo e terceiro ciclo, enquanto no SSE as médias foram de 34,45 e 48,87 cm, respectivamente (Tabela 5). No primeiro ciclo, o tratamento 2 no

SSE apresentou valor de 26,44 cm, enquanto a testemunha apresentou 23,69 cm. Já no terceiro ciclo, a testemunha 2 e o tratamento 3 do SCE se destacaram com 64,83 e 66,42, respectivamente, em relação à testemunha (50,74 cm).

Para o NR, ressalta-se que as médias do SCE foram de 5,4, 7,8 e 4,3 números de ramificações, respectivamente, para o primeiro, segundo e terceiro ciclo, enquanto no SSE as médias foram de 3,8 e 4,8 números de ramificações para o primeiro e segundo ciclo (Tabela 5).

Tabela 5 – Caracterização fitotécnica de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Ciclo	Tratamentos	Sistema	ALT (cm)	CF (cm)	NR (N°)	DH (mm)
1	T1	SCE	30,44 b	2,11 b	7,22 a	5,76 a
		SSE	23,69 b	2,33 a	4,50 b	4,85 b
	T2	SCE	42,44 b	2,8 a	8,33 a	6,12 a
		SSE	26,44 a	2,27 a	5,50 a	5,86 a
	T3	SCE	26,71 a	1,68 b	7,72 a	4,96 a
		SSE	31,93 b	3,61 a	5,44 b	4,91 b
	T4	SCE	38,43 a	2,34 a	7,67 a	5,41 a
		SSE	28,58 b	2,86 a	5,83 b	5,60 b
	T5	SCE	44,12 b	2,41 a	9,06 a	6,84 a
		SSE	23,59 a	2,76 a	5,11 a	5,02 a
	T6	SCE	39,76 a	2,22 a	8,89 a	6,52 a
		SSE	32,76 a	2,77 a	5,83 a	6,72 a
2	T1	SCE	50,97 b	2,59 a	3,61 a	3,04 a
		SSE	43,67 b	2,67 a	3,56 a	3,21 a
	T2	SCE	70,36 a	2,50 a	4,89 a	3,97 a
		SSE	54,08 a	4,17 a	4,39 a	3,59 a
	T3	SCE	75,17 b	2,68 a	4,78 a	3,68 a

		SSE	44,07 b	2,29 a	3,61 a	3,40 a
	T4	SCE	56,39 b	2,17 a	3,83 a	3,40 a
		SSE	48,14 b	2,37 a	3,89 a	3,50 a
	T5	SCE	56,50 b	2,72 a	4,50 a	3,62 a
		SSE	52,44 a	2,58 a	3,44 a	3,76 a
	T6	SCE	57,33 b	2,28 a	4,11 a	5,54 a
		SSE	50,83 a	2,86 a	3,94 a	3,58 a
3	T1	SCE	50,74 a	2,36 a	4,11 a	3,12 a
	T2	SSE	64,83 a	1,95 a	4,44 a	3,65 a
	T3	SCE	66,42 b	2,08 a	5,33 a	3,84 a
	T4	SSE	57,32 b	2,58 a	4,44 a	2,89 a
	T5	SCE	53,73 b	2,91 a	5,11 a	3,30 a
	T6	SSE	58,32 b	2,62 a	5,67 a	3,35 a

ALT- Altura da planta; **CF**- Comprimento da folha; **NR**- Número de ramificação; **DH**- Diâmetro da haste. **T1** – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*

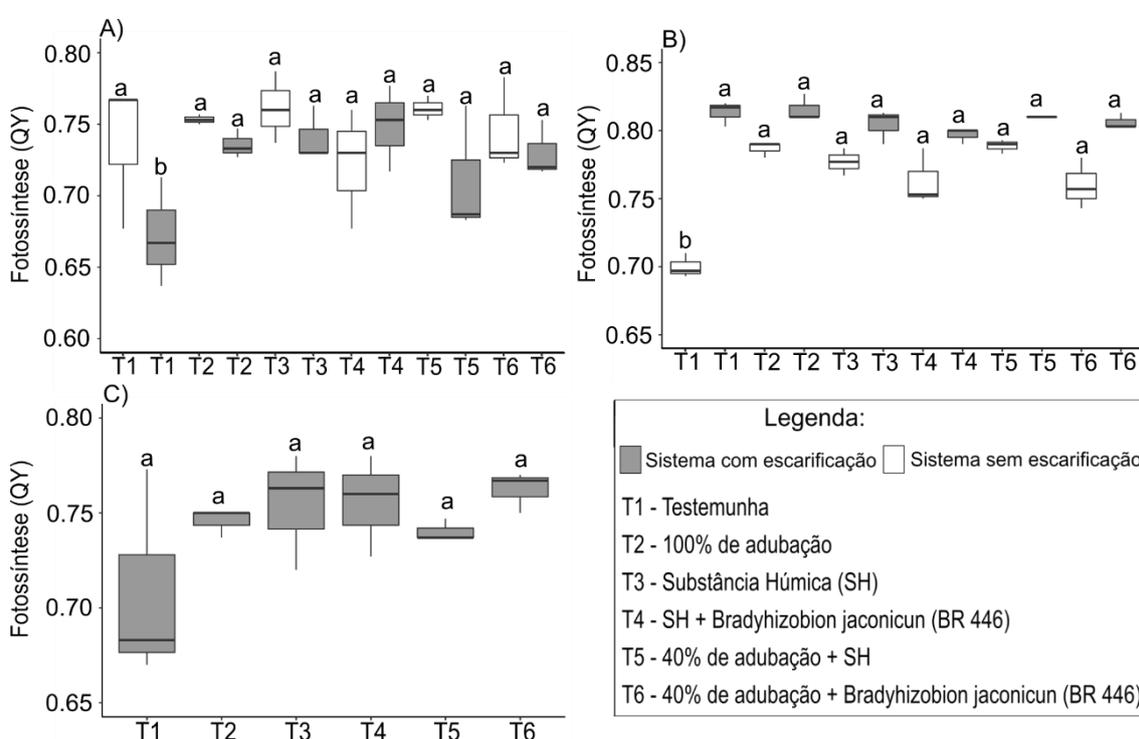
Para os CF no primeiro ciclo apresentou valor médio de 2,76 cm para o SCE e de 2,03 cm para o SSE, e destaca-se a testemunha 2 do SCE com 2,8 cm, enquanto a testemunha apresenta 2,11 cm. A média do segundo ciclo foi de 2,48 e 2,82cm, respectivamente, para o SCE e do SSE, enquanto no terceiro ciclo no SCE foi de 2,49 cm (Tabela 5).

Para os diâmetros das hastes (DH), as médias dos tratamentos no SCE foram de 5,49, 3,88 e 3,33 cm, respectivamente, para o primeiro, segundo e terceiro ciclo, enquanto o SSE apresentou médias entre os tratamentos de 5,69 e 3,51 cm, respectivamente, para o primeiro e segundo ciclo avaliativo (Tabela 5).

2.1.1. QUÂNTICA DO FOTOSISTEMA II

Em relação à eficiência quântica do fotossistema II, nota-se que o sistema de SCE no primeiro ciclo apresentou média de 0,72 e no SSE 0,75 (Figura 6-A), o SSE apresentou um acréscimo de 3,25% em relação ao SCE. O tratamento 4 apresentou maior eficiência no SCE, com 0,75. Já no SSE, os tratamentos 3 e 5 apresentaram maior eficiência, ambos com 0,76.

Figura 6 – Eficiência quântica do Fotossistema II de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II: A) no primeiro ciclo; B) no segundo ciclo; e C) no terceiro ciclo. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

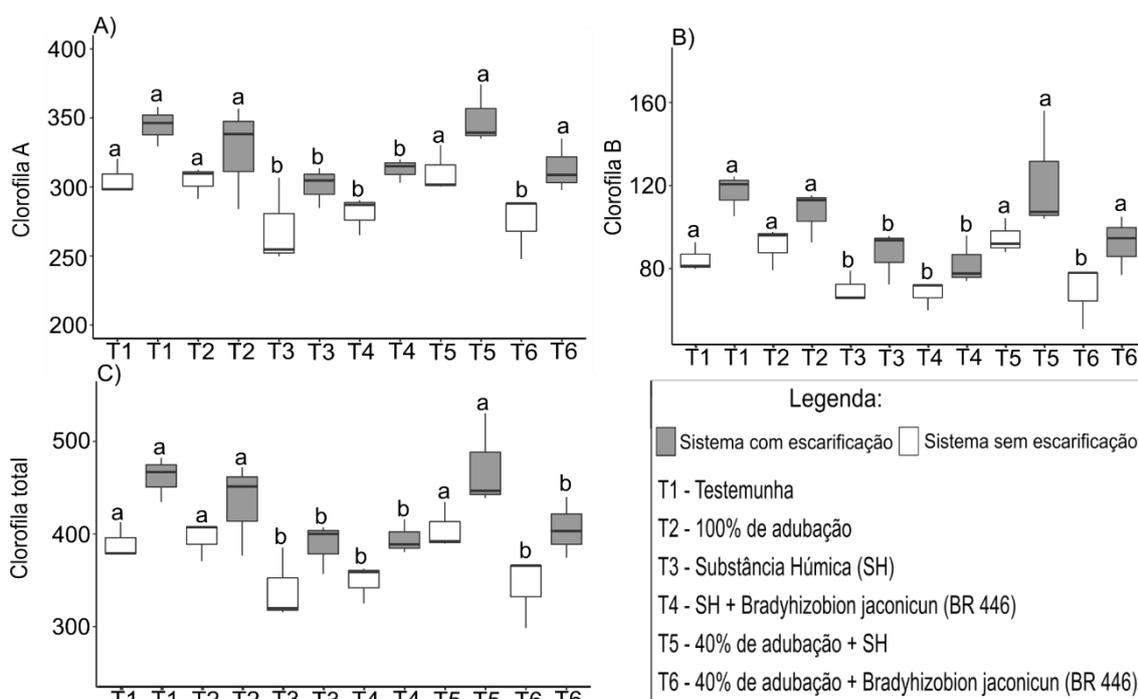
Para o segundo ciclo, ambos os sistemas apresentaram maior eficiência quântica do Fotossistema II em relação aos demais ciclos, com média de 0,81 para o SCE e de 0,78 para o SSE (Figura 6-B). O tratamento 2 no SCE apresentou média de 0,82, enquanto no SSE o tratamento 2 e o tratamento 5 apresentaram valores de 0,79, respectivamente. Já no terceiro ciclo o SCE apresentou média de 0,74 (Figura 6-C). Destaca-se que os tratamentos 4 e 6

apresentaram valores médios maiores (0,76) em relação à média do sistema (0,74) e à testemunha (0,71).

Para a análise de clorofila no primeiro ciclo (Figura 7), os teores de Clorofila A no SCE apresentou uma média de 324,65, enquanto o SSE apresentou médias de tratamento de 291,07 (Figura 4-A). Ressalta-se que o tratamento 5 em ambos os sistemas apresentou maiores teores de clorofila A, com teor de 349,56 e 273,44, respectivamente, para o SCE e SSE.

Para o teor de clorofila B no primeiro ciclo avaliativo (Figura 7-B), o SCE apresentou média de 101,37, enquanto o SSE apresentou média de 79,61, e nota-se que o tratamento 5 em ambos os sistemas apresentou maiores teores de clorofila B, com teor de 122,44 e 94,78, respectivamente, para o SCE e SSE. Já em relação à clorofila total (Figura 7-C), o tratamento 5 se destacou com maior teor de clorofila total, em ambos sistemas de manejo, com teor de 472 no SCE e de 405,56 no SSE, enquanto as médias dos sistemas de solo para clorofila total foi de 426,02 e 370,69, respectivamente, para o SCE e para o SSE.

Figura 7 – Teores de Clorofila de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II no primeiro ciclo avaliativo: A) Clorofila A; B) Clorofila B; e C) Clorofila Total. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH

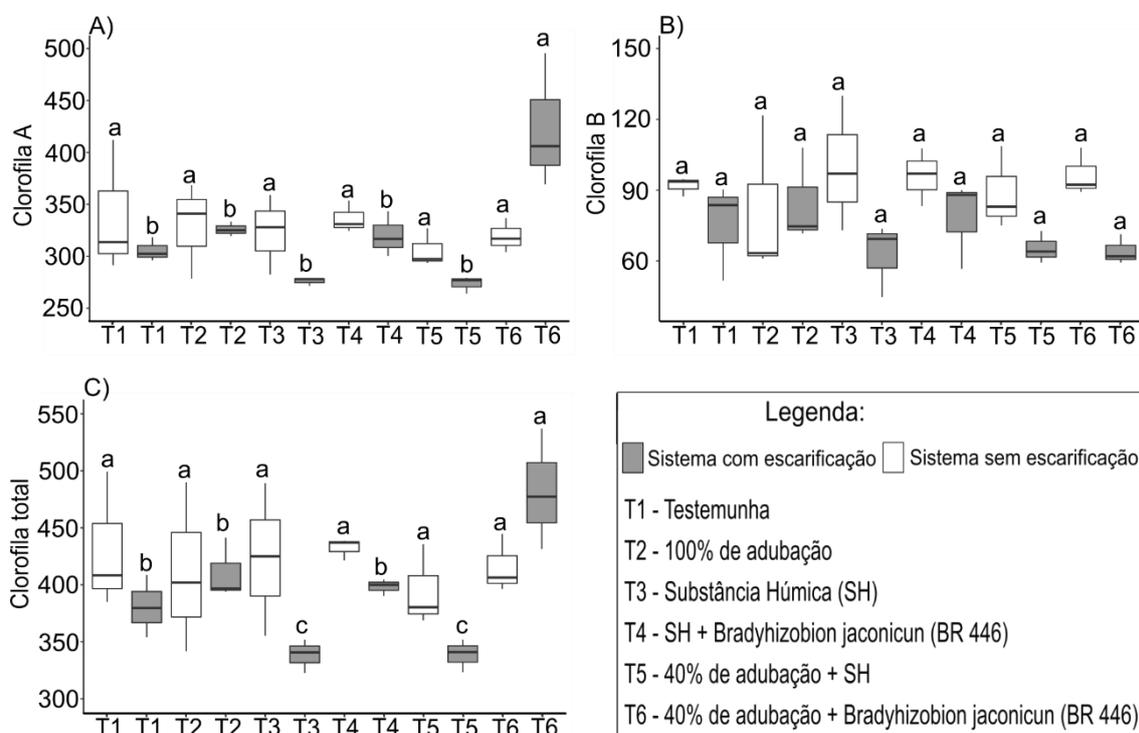
(40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

No segundo ciclo avaliativo de clorofila A em *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II (Figura 8), os teores de clorofila A (Figura 8-A) se destacaram-se no SSE, com teor médio de 322,61, enquanto o SCE apresentou 320,75. O tratamento 4 apresentou maior teor de clorofila A no SSE, com teor de 336,33, enquanto no SCE, o tratamento 6 apresentou maior teor de clorofila A (423,61).

Os teores de clorofila B no segundo ciclo (Figura 8-B) apresentaram valores mais acentuados no SSE, com teores médios de 93,97, enquanto o SCE apresentou teores médios de 71,72. Destaca-se que o tratamento 3 apresentou melhores resultados no SSE, com teor de 100, enquanto no SCE apresentou 84,78.

A clorofila total no segundo ciclo (Figura 8-C) apresentou teor médio de 415,98 para o SSE e de 391,48 para o SCE. Ressalta-se que no SSE o tratamento 4 apresentou teores mais elevados (423,33), enquanto no SCE o tratamento 6 se destacou com 481,89.

Figura 8 – Teores de Clorofila de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II no segundo ciclo avaliativo: A) Clorofila A; B) Clorofila B; e C) Clorofila Total Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH

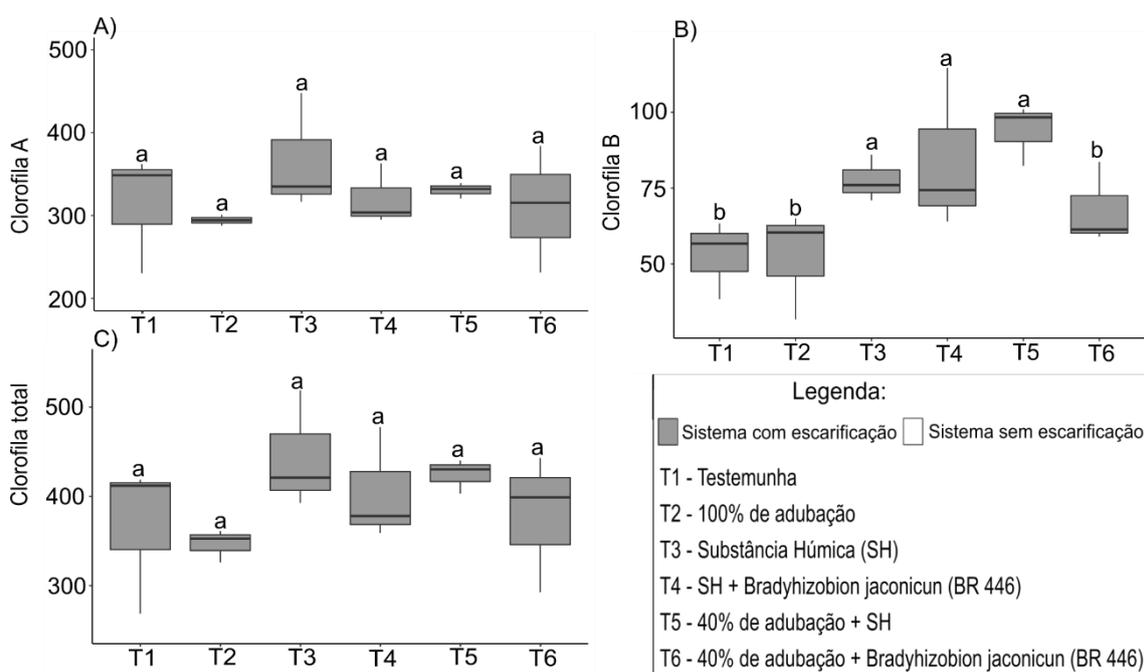
(40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

No terceiro ciclo avaliativo de clorofila A em *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II, teve-se teor médio de 322,67 no SCE. Ressalta-se que o tratamento 3 apresentou maior teor de clorofila A no SCE, com teor de 366,56 (Figura 9-A).

Os teores de clorofila B no terceiro ciclo (Figura 9-B) apresentaram 71,5 no SCE. Destaca-se que o tratamento 5 apresentou melhores resultados no SCE, com teor de 93,89.

A clorofila total no terceiro ciclo (Figura 9-C) apresentou teor médio de 394,17 para o SCE. Ressalta-se que no SCE o tratamento 3 apresentou teores mais elevados em relação aos demais tratamentos (444,22).

Figura 9- Teores de Clorofila de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II no terceiro ciclo avaliativo: A) Clorofila A; B) Clorofila B; e C) Clorofila Total. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

2.2. SIMULAÇÃO DE PASTAGEM E BIOMASSA DA PARTE AÉREA

Para as análises de biomassa verde (MV) no SSE houve diferença significativa entre os tratamentos em todos os ciclos avaliativos, enquanto no SCE a biomassa verde apresentou diferença significativa somente no primeiro ciclo avaliativo (Tabela 6). A biomassa seca não houve diferença significativo no primeiro ciclo em ambos os sistemas avaliativo, enquanto no segundo ciclo, ambos os sistemas apresentaram diferença significativa. Já no terceiro ciclo avaliativo para biomassa seca, somente no SCE houve diferença (Tabela 6).

Tabela 6 – Análise de variância para as características de biomassa verde e seca de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II em ambos os ciclos e manejos de solo (SCE e SSE).

Variáveis	Manejo do solo								
	SCE				SSE				
Ciclos	Biomassas	Trat.	Bloco	Res.	CV (%)	Trat.	Bloco	Res.	CV (%)
1	MV	7.022 ^{ns}	3.373 ^{ns}	7.748	29.55	25.813 ^{**}	2.7800 ^{ns}	2.5133	23.09
	MS	2.3746 ^{ns}	0.4680 ^{ns}	1.553	33.73	15.166 [*]	0.136 ^{ns}	1.795	41.82
2	MV	4.8156 ^{ns}	6.5739 ^{ns}	4.465	21.76	6.1277 [*]	0.155 ^{ns}	0.6937	13.33
	MS	4.9295 ^{ns}	8.949 ^{ns}	2.654	33.12	0.7263 [*]	0.0041 ^{ns}	0.073	11.65
3	MV	10.400 ^{ns}	30.247 ^{ns}	10.327	35.18	NA	NA	NA	NA
	MS	1.9130 ^{ns}	3.564 ^{ns}	0.584	26.94	NA	NA	NA	NA

Trat.: Tratamento; **Res.:** Resíduos; **CV:** Coeficiente de variação; **MV:** Biomassa verde; **MS:** Biomassa seca; **SCE:** sistema com escarificação; **SSE:** Sistema sem escarificação; **NA:** Não avaliado; **ns:** Não significativo; *****: significativo a 5%; ****:** Significativo a 1%.

Para a simulação de pastagem, no primeiro ciclo (Tabela 7) o SCE apresentou média de 9,42 Mg.ha⁻¹ de biomassa verde e o SSE média de 6,87 Mg.ha⁻¹. Destaca-se que o tratamento 3 no SCE se destacou em relação à testemunha, com 11,87 Mg.ha⁻¹ de biomassa verde, acarretando acréscimo de 4 Mg.ha⁻¹ em relação à testemunha, enquanto no SSE o tratamento se destacou com 10,40 Mg.ha⁻¹.

Tabela 7 - Biomassa verde (Mg.ha⁻¹) e biomassa seca (Mg.ha⁻¹) da parte aérea de *U.* cv. Marandu ao longo dos ciclos avaliativos. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05).

Ciclo	Tratamentos	SCE		SSE	
		MV	MS	MV	MS
		----- Mg.ha ⁻¹ -----			
1	T1	7,87 ^{ns}	4,65 ^{ns}	3,93 b	1,18 c
	T2	10,00 ^{ns}	4,68 ^{ns}	10,40 a	5,57 a
	T3	11,87 ^{ns}	4,62 ^{ns}	4,80 b	3,51 c
	T4	8,30 ^{ns}	2,46 ^{ns}	4,07 b	1,17 c
	T5	8,33 ^{ns}	3,98 ^{ns}	9,60 a	3,60 b
	T6	12,44 ^{ns}	5,19 ^{ns}	10,53 a	4,67 b
2	T1	8,87 ^{ns}	4,28 ^{ns}	3,87 c	1,50 c
	T2	9,07 ^{ns}	4,73 ^{ns}	7,93 a	2,81 a
	T3	12,60 ^{ns}	5,85 ^{ns}	5,73 b	2,10 b
	T4	9,80 ^{ns}	7,03 ^{ns}	5,87 b	2,22 b
	T5	13,20 ^{ns}	6,07 ^{ns}	8,20 a	2,97 a
	T6	12,13 ^{ns}	5,38 ^{ns}	7,00 a	2,53 a
3	T1	6,60 ^{ns}	1,59 ^{ns}	NA	NA
	T2	8,80 ^{ns}	2,44 ^{ns}	NA	NA
	T3	10,60 ^{ns}	3,47 ^{ns}	NA	NA
	T4	9,60 ^{ns}	2,91 ^{ns}	NA	NA
	T5	7,60 ^{ns}	2,74 ^{ns}	NA	NA
	T6	11,60 ^{ns}	3,87 ^{ns}	NA	NA

T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*; **NA**: Não avaliado; **MV**: Biomassa verde; **MS**: Biomassa seca; **SCE**: Sistema com escarificação; **SSE**: Sistema sem escarificação.

Ressalta-se que no segundo ciclo (Tabela 7), o SCE média superior a 9,71 Mg.ha⁻¹, enquanto SSE apresentou média de 6,25 Mg.ha⁻¹. Ainda no segundo

ciclo, o tratamento 6 no SCE se destacou numericamente, com 12,13 Mg.ha⁻¹, sendo que a testemunha apresentou 8,87 Mg.ha⁻¹, e destaca-se ainda que o tratamento 2 no SSE apresentou 7,93 Mg.ha⁻¹ de biomassa verde, enquanto a testemunha apresentou 3,87 Mg.ha⁻¹.

Na avaliação de biomassa verde no terceiro ciclo (Tabela 7), o tratamento 6 e 3 no SCE apresentaram 11,60 Mg.ha⁻¹ e 10,60 Mg.ha⁻¹, respectivamente, enquanto a média dos tratamentos foi de 9,13 Mg.ha⁻¹.

Para a biomassa seca da parte aérea, no primeiro ciclo avaliativo (Tabela 7), o SCE apresentou média entre os tratamentos de 3,70 Mg.ha⁻¹, enquanto o SSE apresentou média de 3,20 Mg.ha⁻¹ entre os tratamentos. Destaca-se que no primeiro ciclo o tratamento 2 no SCE apresentou biomassa seca com 4,67 Mg.ha⁻¹, enquanto no SSE o tratamento 2 se destacou com 6,79 Mg.ha⁻¹, enquanto a testemunha apresentou 1,18 Mg.ha⁻¹.

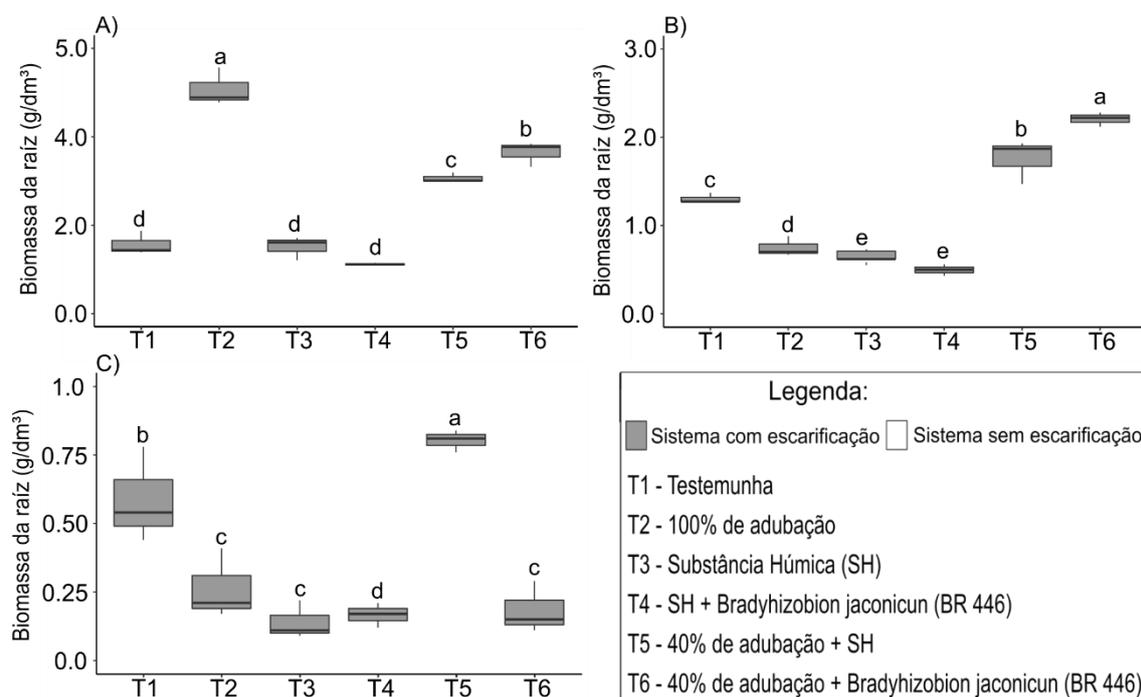
Os resultados da biomassa seca no segundo ciclo (Tabela 7) indicam para o SCE média de 4,92 Mg.ha⁻¹, enquanto o SSE apresentou 2,32 Mg.ha⁻¹. Destaca-se que o tratamento 4 no SCE apresentou 7,04 Mg.ha⁻¹, enquanto a testemunha apresentou 4,28 Mg.ha⁻¹. No SSE, o tratamento 2 apresentou valor médio superior aos demais tratamentos, com 2,81 Mg.ha⁻¹, enquanto a testemunha apresentou 1,5 Mg.ha⁻¹.

No terceiro ciclo avaliativo da biomassa seca (Tabela 7), o tratamento 6 se destaca com média de 3,87 Mg.ha⁻¹, enquanto a testemunha apresentou 1,59 Mg.ha⁻¹. Ressalta-se que o SCE apresentou média dos tratamentos de 2,84 Mg.ha⁻¹.

2.3. DISTRIBUIÇÃO E BIOMASSA DAS RAÍZES

Para os resultados de distribuição e biomassa de raízes (Figura 10), ressalta-se que o SCE apresentou média de 2,66 g/dm³, 1,11 g/dm³ e 0,36 g/dm³, respectivamente, para as profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm.

Figura 10 - Biomassa seca de raízes (g/dm³) de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II: A) na profundidade de 0-10; B) na profundidade de 10-20; e C) na profundidade de 20-40. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

Para a biomassa de raízes na profundidade de 0-10 cm do solo (Figura 10-A), o tratamento 2 no SCE se destacou com maior massa de raiz (5,08 g/dm³) em relação à testemunha (1,57 g/dm³). Já na profundidade 10-20 cm (Figura 10-B), o tratamento 6 se destacou com 2,21 g/dm³, enquanto a testemunha apresentou 1,3 g/dm³.

Na profundidade de 20-40 (Figura 10-C), o tratamento 5 associado ao SCE apresentou maior média (0,80 g/dm³) em relação à testemunha (0,59 g/dm³).

2.4. ATRIBUTOS DO SOLO

2.4.1. Resistência à penetração

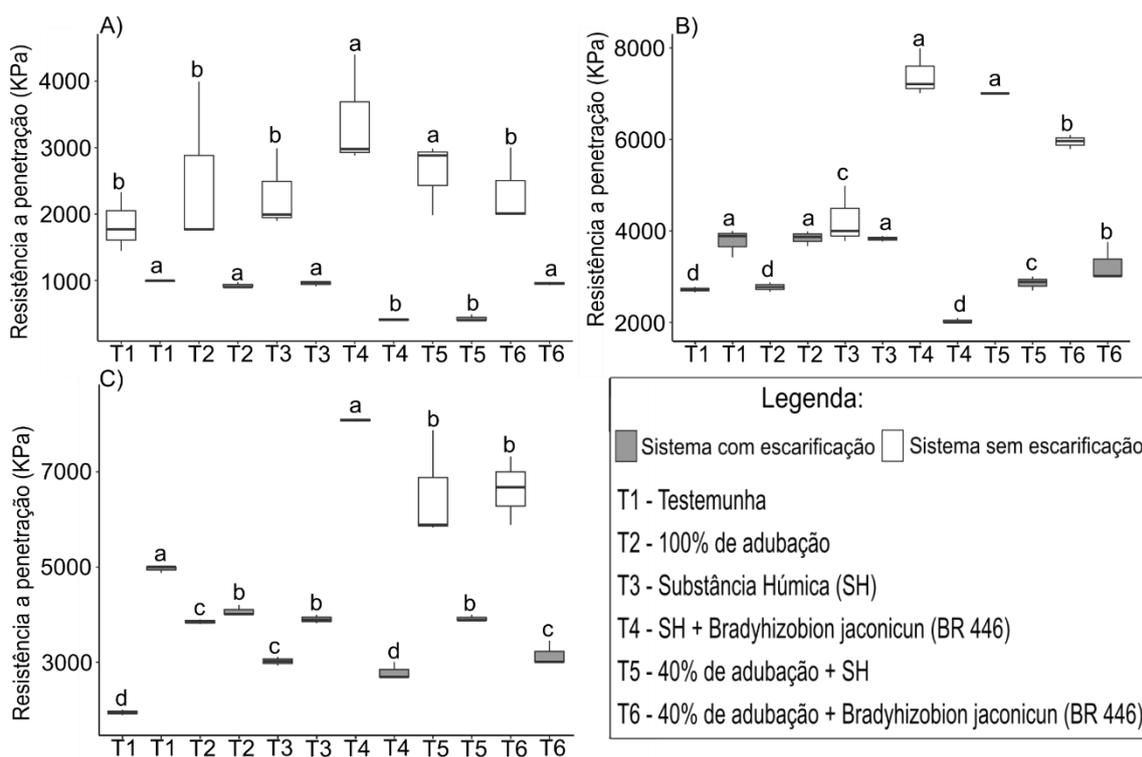
Ao analisar os resultados de compactação do solo, em todas as profundidades avaliadas em cada ciclo (Figura 11, 12 e 13). No primeiro ciclo avaliativo, a média entre os tratamentos e das profundidades estudadas foi de 2.634,09 KPa para o SCE e 4.177,85 KPa para o SSE (Figura 11), enquanto no segundo ciclo a média das profundidades associadas aos tratamentos estudadas foi de 2446,53 KPa

para o SCE e 4404,83 KPa para o SSE (Figura 12). Já no terceiro ciclo, a média das profundidades estudadas foi de 1.363,47 KPa para o SCE (Figura 13).

2.4.1.1. Primeiro ciclo avaliativo

Na primeira avaliação de resistência à penetração (Figura 11), a camada de 0-10 apresentou os menores valores de resistência à penetração, destacando o SCE com média de 780,10 KPa e o SSE com 2.503,85 KPa (Figura 11-A). Destaca-se que os tratamentos 4 e 5 se diferenciaram estatisticamente, com 411,33 KPa e 431,18 KPa, respectivamente, sendo que a testemunha apresentou 994,93 KPa.

Figura 11 - Resistência à penetração (KPa) de raízes de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II no primeiro ciclo: A) na profundidade de 0-10; B) na profundidade de 10-20; e C) na profundidade de 20-40cm. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrizhobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrizhobium*.

Nas camadas de 10-20 cm no primeiro ciclo (Figura 11-B), em ambos os sistemas utilizados ocorreu o aumento da resistência à penetração, sendo que na camada de 10-20 cm o tratamento 4 apresentou menor compactação no SCE,

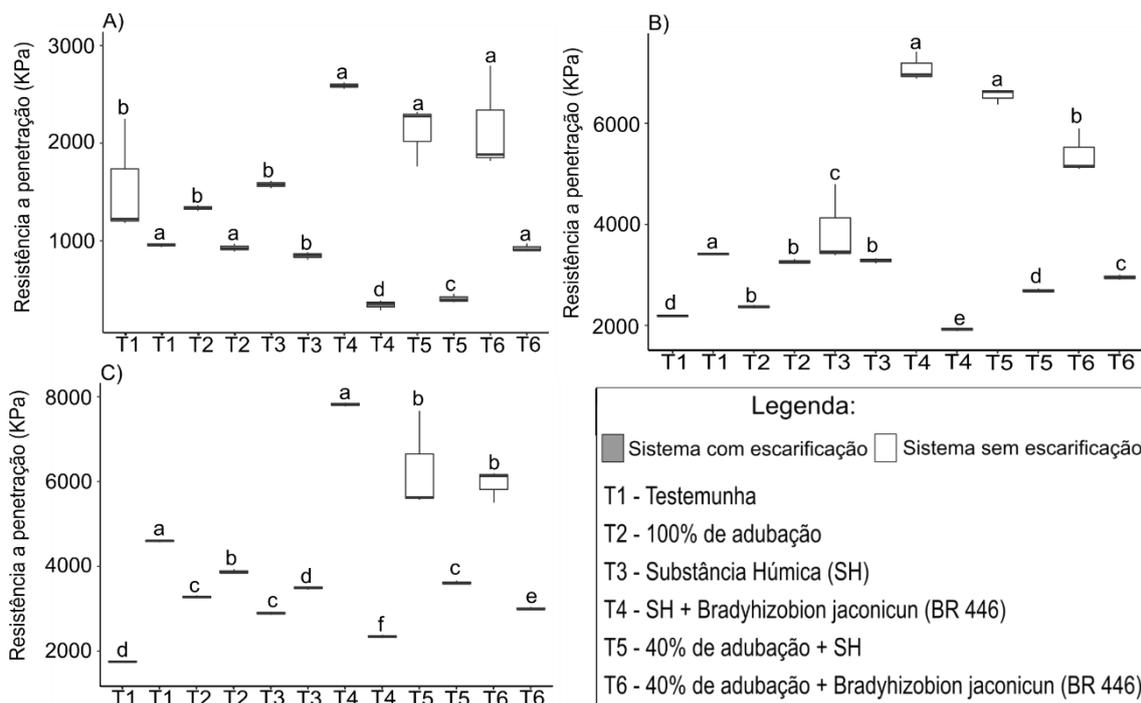
com média de 2.031,74 KPa. Vale ressaltar que o inverso aconteceu no SSE, onde o tratamento 4 se diferenciou estatisticamente das testemunhas 1 e 2, com maior valor de resistência à penetração (7.405,81 KPa).

A camada de 20-40 cm se destacou com maior compactação em ambos os sistemas de manejo do solo e tratamentos avaliados (Figura 11-C). Novamente o tratamento 4 se diferenciou estatisticamente, tendo 2.790,81 KPa e 8.087,86 KPa, respectivamente, para o SCE e para o SSE, enquanto as testemunhas tiveram 4.960,84 KPa e 1.945,27 KPa, respectivamente, para os SCE e de SSE.

2.4.1.2. Segundo ciclo de cultivo

No segundo ciclo avaliativo da resistência à penetração (Figura 12), a camada de 0-10 apresentou os menores valores, ressalta-se que o SCE teve média de 735,27 KPa e o SSE com 1.889,61 KPa (Figura 12-A). Destaca-se que o tratamento 4 sobressaiu-se com menor resistência à penetração, com 345,30 KPa para o SCE, sendo que a testemunha apresentou 957,39 KPa.

Figura 12- Resistência à penetração (KPa) de raízes de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II, no segundo ano avaliativo: A) na profundidade de 0-10; B) na profundidade de 10-20; e C) na profundidade de 20-40cm. Médias acompanhadas por letras maiúsculas ou minúsculas diferentes indicam diferença estatística dentro dos sistemas de manejo em relação aos respectivos tratamentos e as testemunhas 1 e 2, respectivamente, de acordo com o Teste T de Student ao nível de 5% de probabilidade.



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

Na profundidade de 10-20 cm no segundo ciclo (Figura 12-B), em ambos os sistemas ocorreu aumento da resistência à penetração, sendo que os tratamentos 4 e 5 apresentaram diferença estatística em ambos os sistemas, todavia os valores de menor compactação no SCE foram em média de 1.920,58 KPa e 2.686,55 KPa, respectivamente. No SSE, os mesmos tratamentos (4 e 5) apresentaram maiores resultados para a análise de compactação, com 7.089,90 KPa e 6.552,73 KPa, respectivamente.

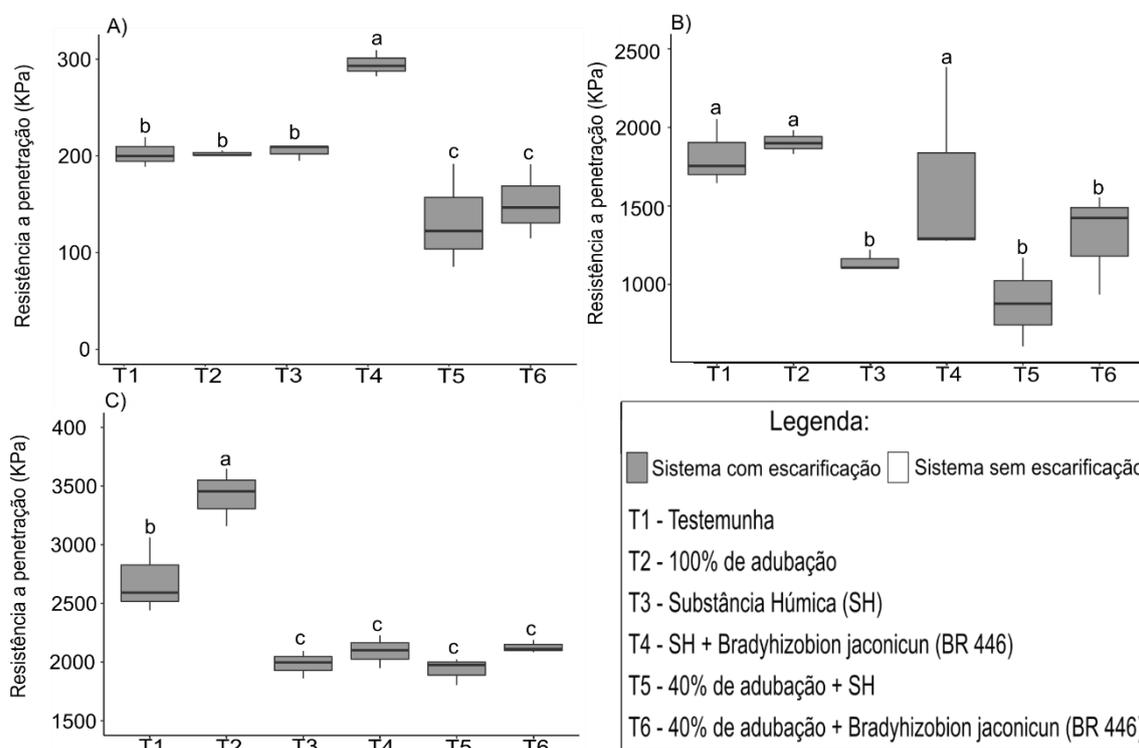
A camada de 20-40 cm se destacou com maior compactação em ambos os sistemas de manejo do solo e tratamentos avaliados (Figura 12-C), onde novamente o tratamento 4 se diferenciou estatisticamente, juntamente com o tratamento 6, com 2.346,13 KPa e 3.002,86 KPa, respectivamente para o SCE.

2.4.1.3. Terceiro ciclo avaliativo

No terceiro ciclo avaliativo da resistência à penetração (Figura 13-A), a camada de 0-10 cm se destacou novamente com os menores valores, e ressalta-se que

o SCE teve média de 197,69 KPa. O tratamento 5 apresentou menor valor de compactação, com 133,17 KPa, enquanto a testemunha apresentou 202,75 KPa.

Figura 13- Resistência à penetração (KPa) de raízes de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II no terceiro ciclo: A) na profundidade de 0-10; B) na profundidade de 10-20; e C) na profundidade de 20-40cm. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrizhobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrizhobium*.

Na profundidade de 10-20 cm no terceiro ciclo (Figura 13-B) ocorreu o aumento da resistência a penetração em relação à profundidade de 0-10 cm, sendo que o tratamento 5 apresentou menor compactação no SCE (884,94 KPa), enquanto a testemunha 1 1817,58 KPa.

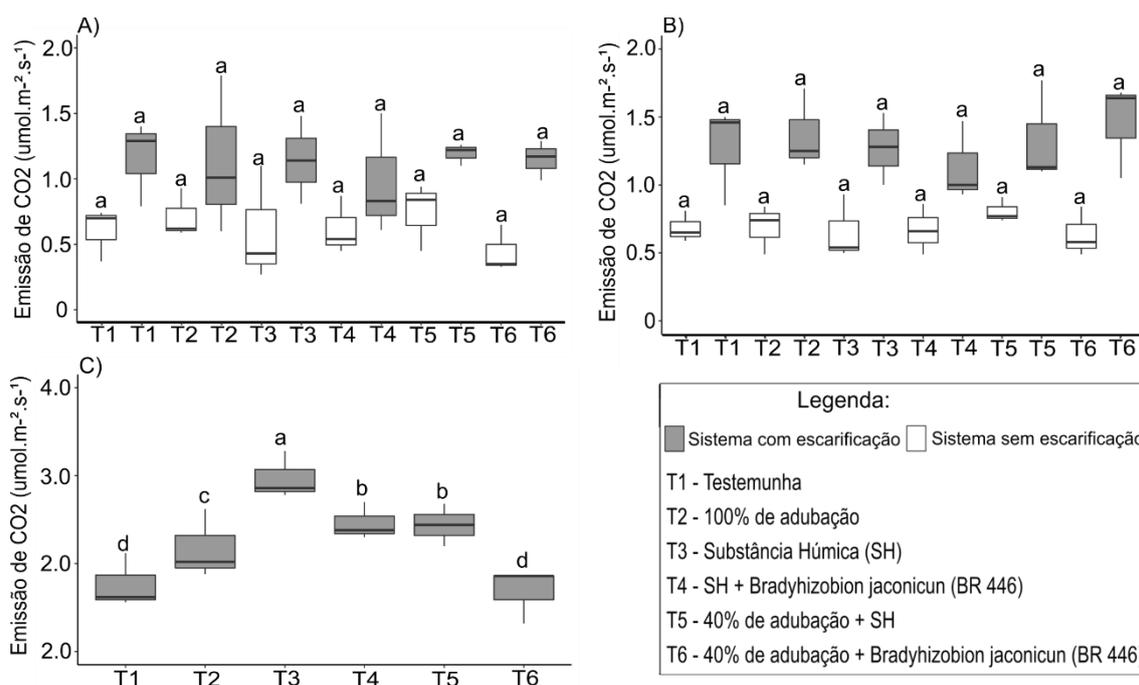
A camada de 20-40 cm apresentou maior compactação em relação às profundidades e tratamentos avaliados (Figura 13-C), onde o tratamento 5 apresentou menor compactação, com 1.934,21 KPa.

2.4.2. Emissão de CO₂

Em relação à emissão de CO₂ (Figura 14), o SCE apresentou maior emissão de CO₂ em todos os ciclos, sendo 1,13, 1,3 e 2,62 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂ para o primeiro, segundo e terceiro ciclo, respectivamente. Enquanto ao SSE observou-se média de tratamentos de 0,62 e 0,7 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂ para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente.

No primeiro ciclo (Figura 14-A), ocorreu maior emissão de CO₂ no tratamento 5 em ambos os sistemas de manejo do solo, com 1,19 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂ no SCE e 0,74 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂ no SSE.

Figura 14- Emissão de CO₂ (CO₂) em plantio de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II: A) no primeiro ciclo; B) no segundo ciclo; e C) no terceiro ciclo. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).



T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

No segundo ciclo (Figura 14-B), o tratamento 6 apresentou maior emissão no SCE, com 1,45 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂, enquanto no SSE o tratamento 5 apresentou maior emissão, sendo de 0,81 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂. Já no terceiro ciclo, o tratamento 3 no SCE se diferenciou estatisticamente em relação a testemunha, com 2,99 umol.m⁻².s⁻¹ de CO₂ de emissão (Figura 14-C).

2.4.3. Fertilidade do solo

Para a avaliação dos atributos no solo (Tabela 8 e 9), foi realizado uma coleta em 2 profundidades (0-10cm e 10-20cm) no mês de maio de 2021, onde a profundidade de 0-10cm apresentou maiores teores dos atributos avaliados, em ambos os sistemas e tratamentos, em relação à profundidade de 10-20cm de solo. Ressalta-se que na camada de 0-10 cm do solo não houve efeito significativo dos tratamentos sob os atributos do solo (Tabela 8).

Os atributos na camada de 0-10cm de profundidade do solo, destaca-se que no SCE nenhum dos atributos ocorreu diferença significativa pelo teste de média, já no SSE o P e o V, apresentaram efeito significativo dos tratamentos em relação as testemunhas respectivas (Tabela 8).

Para os atributos estudados na camada de 0-10 cm (Tabela 8), o SCE apresentou maior média entre os tratamentos para pH (4,83), P disponível (1,48mg/dm³), K⁺ (14,55mg/dm³), Na⁺ (1,13mg/dm³), Ca²⁺ (0,38cmolc/dm³), Mg²⁺ (0,28mg/dm³), pH (5,10cmolc/dm³), SB (0,52cmolc/dm³), t (1,53cmolc/dm³) e T (5,96cmolc/dm³), enquanto o SSE apresentou média maior para os teores Al³⁺ (0,98cmolc/dm³) e m (79,51%).

Tabela 8- Fertilidade na profundidade de 0-10cm de solo em sistema com escarificação (SCE) e em sistema sem escarificação (SSE). Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Manejo	pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
SCE	H2O	----- (mg/dm ³) -----			----- (cmolc/dm ³) -----				----- (%) -----				
T1	4,8 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,57 ^{ns}	16,5 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,8 ^{ns}	5,6 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,4 ^{ns}	6,2 ^{ns}	9,94 ^{ns}	56 ^{ns}
T2	4,9 ^{ns}	1,5 ^{ns}	2,57 ^{ns}	17,8 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,5 ^{ns}	4,7 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,3 ^{ns}	5,5 ^{ns}	15,4 ^{ns}	37 ^{ns}
T3	4,9 ^{ns}	1,4 ^{ns}	1,2 ^{ns}	15,8 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,7 ^{ns}	5,8 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,6 ^{ns}	6,7 ^{ns}	7,8 ^{ns}	42 ^{ns}
T4	4,9 ^{ns}	1,7 ^{ns}	1,5 ^{ns}	16,0 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,5 ^{ns}	4,7 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,8 ^{ns}	6,0 ^{ns}	10,0 ^{ns}	35 ^{ns}
T5	4,6 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,8 ^{ns}	11,8 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	5,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,4 ^{ns}	6,0 ^{ns}	8,1 ^{ns}	66 ^{ns}
T6	5,0 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,2 ^{ns}	9,4 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,7 ^{ns}	4,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,7 ^{ns}	5,4 ^{ns}	4,5 ^{ns}	55 ^{ns}
CV (%)	7.86	31.4	91.91	27.61	69.52	77.47	72.21	23.98	67.22	27.88	13.91	62.35	67.7
Manejo	pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m

SSE	H2O	----- (mg/dm ³) -----				----- (cmolc/dm ³) -----				----- (%) -----			
T1	4,5 ^{ns}	0,6b	0 ^{ns}	5,2 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,1 ^{ns}	4,4 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,3 ^{ns}	4,6c	6,11b	81 ^{ns}
T2	4,5 ^{ns}	3,23 ^a	0 ^{ns}	6,7 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,0 ^{ns}	4,6 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,2 ^{ns}	4,8c	6,52b	80 ^{ns}
T3	4,6 ^{ns}	0,45b	0 ^{ns}	3,9 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,2 ^{ns}	4,7 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,2 ^{ns}	5,03b	1,02b	95 ^{ns}
T4	4,7 ^{ns}	0,55b	0 ^{ns}	5,7 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,7 ^{ns}	4,9 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,1 ^{ns}	5,5a	14,5a	58 ^{ns}
T5	4,7 ^{ns}	1,0b	0 ^{ns}	6,6 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,0 ^{ns}	1,0 ^{ns}	4,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,2 ^{ns}	4,5c	4,1b	81 ^{ns}
T6	4,7 ^{ns}	0,4b	0 ^{ns}	6,8 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,9 ^{ns}	4,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,1 ^{ns}	4,6c	4,8b	79 ^{ns}
CV (%)	4.0	85.53	0.0	33.12	95.24	175.3	17.85	7.06	52.8	14.3	4.57	34.41	21.4

pH em água: potenciometria em solução solo-água 1:2,5; fósforo disponível: extraído por Mehlich-1⁺ (espectroscopia); carbono orgânico: dicromato de potássio + colorimetria; alumínio extraível: determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹, usando-se azul de bromotimol como indicador; cálcio e magnésio: extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; potássio e sódio trocáveis: extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por fotometria de chama; SB = Ca⁺² + Mg⁺² + K⁺ + Na⁺; CTC = SB + (H⁺+Al⁺³); V% = SB x 100 / CTC. **T1** – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*; **ns**: Não significativo.

Os atributos na camada de 10-20cm de profundidade do solo, destaca-se que no SCE o K⁺ e Al³⁺ ocorreram diferença significativa pelo teste de média, já no SSE nenhuma das características avaliadas apresentaram efeito significativo (Tabela 9).

Tabela 9- Fertilidade na profundidade de 10-20cm de solo em sistema com escarificação (SCE) e em sistema sem escarificação (SSE). Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05).

Manejo	Ph	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
SCE	H2O	----- (mg/dm ³) -----				----- (cmolc/dm ³) -----				----- (%) -----			
T1	4,5 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,0 ^{ns}	7,7b	0,3 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,0b	5,6 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,5 ^{ns}	6,1 ^{ns}	7,9 ^{ns}	70 ^{ns}
T2	4,6 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,3 ^{ns}	10,8a	0,6 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,6b	5,4 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,4 ^{ns}	6,2 ^{ns}	13,5 ^{ns}	43 ^{ns}
T3	4,6 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,6 ^{ns}	11,5a	0,4 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,4 a	5,6 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,6 ^{ns}	6,2 ^{ns}	10,8 ^{ns}	62 ^{ns}
T4	4,7 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,5 ^{ns}	13,4a	0,7 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,8b	5,1 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,7 ^{ns}	6,0 ^{ns}	14,5 ^{ns}	51 ^{ns}
T5	4,4 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,0 ^{ns}	6,4b	0,2 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,0b	5,0 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	5,4 ^{ns}	6,8 ^{ns}	73 ^{ns}
T6	5,1 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,0 ^{ns}	9,9a	0,8 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,0b	4,2 ^{ns}	1,0 ^{ns}	1,7 ^{ns}	5,2 ^{ns}	18,0 ^{ns}	52 ^{ns}
CV (%)	9.28	45.68	246.5	17.04	98.64	103.5	19.17	22.58	93.63	23.57	14.45	97.42	51.38
Manejo	Ph	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m

SSE	H2O	----- (mg/dm ³) -----						----- (cmolc/dm ³) -----				----- (%)-----	
T1	4,3 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0 ^{ns}	3,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0 ^{ns}	1,2 ^{ns}	5,9 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,1 ^{ns}	5,9 ^{ns}	1,4 ^{ns}	91,1 ^{ns}
T2	4,9 ^{ns}	19,3 ^{ns}	0 ^{ns}	4,8 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,2 ^{ns}	4,5 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,5 ^{ns}	5,0 ^{ns}	10,6 ^{ns}	66,7 ^{ns}
T3	4,6 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0 ^{ns}	4,1 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0 ^{ns}	1,3 ^{ns}	4,8 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,4 ^{ns}	4,9 ^{ns}	1,0 ^{ns}	96,2 ^{ns}
T4	4,8 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0 ^{ns}	5,7 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0 ^{ns}	1,0 ^{ns}	4,8 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	5,2 ^{ns}	7,2 ^{ns}	73,5 ^{ns}
T5	4,7 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0 ^{ns}	5,5 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0 ^{ns}	1,1 ^{ns}	3,6 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,4 ^{ns}	3,9 ^{ns}	6,2 ^{ns}	80,9 ^{ns}
T6	4,7 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0 ^{ns}	5,0 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,9 ^{ns}	4,5 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,2 ^{ns}	4,9 ^{ns}	7,3 ^{ns}	72,2 ^{ns}
CV (%)	4.7	195.1	0.0	30.71	150.9	142.4	19	22.85	128.4	15.97	22.27	121.4	27.27

pH em água: potenciometria em solução solo-água 1:2,5; fósforo disponível: extraído por Mehlich-1+ espectroscopia); carbono orgânico: dicromato de potássio + colorimetria; alumínio extraível: determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹, usando-se azul de bromotimol como indicador; cálcio e magnésio: extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; potássio e sódio trocáveis: extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por fotometria de chama; SB = Ca⁺² + Mg⁺² + K⁺ + Na⁺; CTC = SB + (H⁺+Al⁺³); V% = SB x 100 / CTC. **T1** – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

Na camada de 10-20 cm do solo (Tabela 9), o SCE apresentou valores médios entre os tratamentos mais elevados em relação ao SSE, com: P disponível (3,64mg/dm³), Na⁺ (0,23mg/dm³), Ca⁺² (0,5cmolc/dm³), Mg⁺² (0,16cmolc/dm³), pH (5,13cmolc/dm³), SB (0,70cmolc/dm³), t (1,53cmolc/dm³), T (5,82cmolc/dm³) e V (11,91%). Por outro lado, o SSE apresentou maiores valores para o pH (4,68), K⁺ (3,64mg/dm³), Al⁺³ (1,1cmolc/dm³), e m (78,84%).

2.4.4. Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação COT/NT

De acordo com a análises de variância realizadas para COT, NT, e relação COT/NT, percebe-se que no SSE na camada de 0-10cm, o COT, NT e relação COT/NT houve diferença estatística entre os tratamentos, já no SCE não houve diferença. O COT ocorreu diferença significativa somente na profundidade de 0-10cm no SSE e na profundidade de 20-40cm no SCE. Para NT ocorreu diferença somente na profundidade de 0-10cm no SSE (Tabela 10).

Já na relação COT/NT, o SSE na profundidade de 20-40cm não apresentou diferença significativa, enquanto no SCE, somente na profundidade de 0-10cm apresentaram diferença significativa (Tabela 10).

Tabela 10 – Análise de variância para as características de carbono orgânico total, nitrogênio total e relação COT/NT, sob plantio de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II em três profundidades (0-10cm; 10-20cm e 20-40cm) e em dois manejos de solo (SCE e SSE).

Variáveis	Manejo do solo								
	SCE				SSE				
F.org.	Prof. (cm)	Trat.	Bloco	Res.	CV (%)	Trat.	Bloco	Res.	CV (%)
COT	0-10	4.7244 ^{ns}	10.2316 ^{ns}	6.9596	18.44	17.3609 ^{**}	0.2520 ^{ns}	0.2484	7.7
	10-20	6.6070 ^{ns}	6.607 ^{ns}	6.275	25.55	3.2236 ^{ns}	2.2039 ^{ns}	2.1377	21.93
	20-40	10.088 [*]	0.185 ^{ns}	1.849	15.66	1.535 ^{ns}	3.399 ^{ns}	0.8944	14.67
NT	0-10	0.033939 ^{ns}	0.088472 ^{ns}	0.047019	21.55	0.05547 ^{**}	0.000556 ^{ns}	0.00130	4.74
	10-20	0.00836 ^{ns}	0.22536 [*]	0.04753	20.4	0.01278 ^{ns}	0.02212 ^{ns}	0.02307	20.3
	20-40	0.065293 ^{ns}	0.076067 ^{ns}	0.088160	27.66	0.02627 ^{ns}	0.03875 ^{ns}	0.037897	28.77
COT/NT	0-10	9.3706 ^{ns}	15.3737 ^{ns}	6.3969	17.27	16.5295 ^{**}	0.4253 ^{ns}	0.2676	6.16
	10-20	4.0453 ^{ns}	2.2244 ^{ns}	4.9842	23.99	13.971 [*]	4.2020 ^{ns}	3.9174	21.54
	20-40	7.8048 ^{ns}	0.0014 ^{ns}	4.4136	26.52	5.8074 ^{ns}	15.4384 ^{ns}	5.4661	24.79

Trat.: Tratamento; **Res.:** Resíduos; **CV:** Coeficiente de variação; **F.org:** Fração orgânica do solo **COT:** Carbono orgânico total; **NT:** Nitrogênio total; **COT/NT:** Relação carbono orgânico total e nitrogênio total; **Prof.:** profundidades avaliadas **SCE:** sistema com escarificação; **SSE:** Sistema sem escarificação; **ns:** Não significativo; *****: significativo a 5%; ****:**Significativo a 1%.

Em relação à quantificação de COT (Tabela 11), o SCE apresentou maior teor de COT em todas as profundidades, sendo a média dos tratamentos de 14,31 g.Kg⁻¹, 9,80 g.Kg⁻¹ e 8,68 g.Kg⁻¹ para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. Enquanto o SSE apresentou médias de tratamentos de 6,47 g.Kg⁻¹, 6,67 g.Kg⁻¹ e 6,44 g.Kg⁻¹ para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. Com o aumento da profundidade, ocorre menor quantificação de COT no SCE, enquanto o SSE não apresentou variações significativas entre as profundidades.

Na profundidade de 0-10 cm (Tabela 11), o tratamento 3 apresentou maiores teores de COT no SCE, com 16,03 g.Kg⁻¹ de COT, mesmo não ocorrendo efeito

significativo. O tratamento 2 no SSE, na profundidade de 0-10 cm, apresentou 9,8 g.kg⁻¹ de COT.

Na profundidade de 10-20 cm (Tabela 11), o tratamento 3 do SCE apresentou 12,19 g.Kg⁻¹ de COT, enquanto no SSE a testemunha 2 apresentou 9,35 g.Kg⁻¹ de COT.

Já na profundidade 20-40 cm, o tratamento 3 se destacou em ambos os sistemas, com 10,32 g.Kg⁻¹ de COT e 7,06 g.Kg⁻¹ de COT, respectivamente, para o SCE e para o SSE (Tabela 11).

Tabela 11 - Teor de Carbono Orgânico Total do solo (g/Kg), nitrogênio total (g/Kg) e relação COT/NT, em plantio de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II em três profundidades Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Manejo	Variáveis		Tratamentos					
	F.org.	Prof. (cm)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
SCE	COT	0-10	13,92 ^{ns}	14,74 ^{ns}	16,03 ^{ns}	14,85 ^{ns}	12,25 ^{ns}	14,05 ^{ns}
		10-20	9,37 ^{ns}	8,94 ^{ns}	12,19 ^{ns}	8,78 ^{ns}	8,48 ^{ns}	11,06 ^{ns}
		20-40	10,34 ^a	9,19 ^a	10,32 ^a	5,90 ^b	6,98 ^b	8,73 ^a
	NT	0-10	0,81 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,10 ^{ns}
		10-20	1,08 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,08 ^{ns}
		20-40	1,14 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,02 ^{ns}
	COT/NT	0-10	17 ^{ns}	15 ^{ns}	15 ^{ns}	15 ^{ns}	12 ^{ns}	13 ^{ns}
		10-20	07 ^{ns}	09 ^{ns}	11 ^{ns}	09 ^{ns}	08 ^{ns}	11 ^{ns}
		20-40	09 ^{ns}	10 ^{ns}	08 ^{ns}	06 ^{ns}	10 ^{ns}	09 ^{ns}
SSE	COT	0-10	6,37 ^c	9,80 ^a	2,75 ^e	8,11 ^b	6,47 ^c	5,33 ^d
		10-20	5,29 ^{ns}	6,15 ^{ns}	8,41 ^{ns}	7,03 ^{ns}	6,67 ^{ns}	6,45 ^{ns}
		20-40	6,36 ^{ns}	5,45 ^{ns}	7,06 ^{ns}	7,05 ^{ns}	5,73 ^{ns}	6,94 ^{ns}
	NT	0-10	0,66 ^c	0,98 ^a	0,71 ^c	0,88 ^b	0,67 ^c	0,67 ^c
		10-20	0,78 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,72 ^{ns}

	20-40	0,59 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,72 ^{ns}
COT/ NT	0-10	10 a	10 a	04 c	09 a	10 a	08 b
	10-20	05 a	08 a	13 a	09 a	09 a	09 a
	20-40	11 ^{ns}	08 ^{ns}	08 ^{ns}	09 ^{ns}	17 ^{ns}	10 ^{ns}

T1 – Testemunha (sem adubação); **T2** – 100% da adubação recomendada com base na análise de rotina; **T3** - Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T4** – Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* + Aplicação SH (40 mg C.L⁻¹); **T5** – 40% da adubação + Aplicação de SH (40 mg C.L⁻¹); **T6** – 40% da adubação + Inoculação via semente com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. **Trat.:** Tratamento; **Res.:** Resíduos; **CV:** Coeficiente de variação; **F.org:** Fração orgânica do solo **COT:** Carbono orgânico total; **NT:** Nitrogênio total; **COT/NT:** Relação carbono orgânico total e nitrogênio total; **Prof.:** profundidades avaliadas **SCE:** sistema com escarificação; **SSE:** Sistema sem escarificação; **ns:** Não significativo; *: significativo a 5%; **: Significativo a 1%.

Em relação à quantificação de NT (Tabela 11), o SCE apresentou maiores teores de NT em todas as profundidades, sendo 1,0 g.Kg⁻¹, 1,07 g.Kg⁻¹ e 1,07 g.Kg⁻¹ para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. O SSE apresentou médias de tratamentos de 0,76 g.Kg⁻¹, 0,75 g.Kg⁻¹ e 0,68 g.Kg⁻¹ de NT para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. Observa-se que, com o aumento da profundidade, ocorreu a menor quantificação de NT no SSE, enquanto o SCE apresentou menor variação nos teores de NT nas profundidades estudadas.

Na profundidade de 0-10 cm (Tabela 11), ocorreu maior quantidade de NT no tratamento 6 no SCE, mesmo não ocorrendo efeito significativo, apresentando 1,10 g.Kg⁻¹ de NT. Já o tratamento 2 no SSE, na profundidade de 0-10 cm, apresentou 0,98 g.kg⁻¹ de NT.

Na profundidade de 10-20 cm (Tabela 11), o tratamento 3 do SCE apresentou média de 1,16 g.Kg⁻¹ de NT, enquanto no SSE o tratamento 4 apresentou 0,81 g.Kg⁻¹ de NT.

Já na profundidade 20-40 cm, o tratamento 3 no SCE novamente se destacou com 0,81 g.Kg⁻¹ de NT, enquanto no SSE o tratamento 4 apresentou o maior teor entre os tratamentos testados, com 0,81 g.Kg⁻¹ de NT (Tabela 11).

Para a quantificação de COT e NT (Tabela 11), o SCE apresentou maior relação C/N em todas as profundidades, sendo 14, 9 e 7 para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. No SSE as médias entre os tratamentos de 8, 9 e 9 para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente.

Na profundidade de 0-10 cm (Tabela 11), a testemunha apresentou os maiores valores da relação C/N no SCE (17). Já a testemunha 2 no SSE, na profundidade de 0-10 cm, resultou em 10 para relação C/N.

Na profundidade de 10-20 cm (Tabela 11), o tratamento 2 no SCE apresentou valor de 11 na relação C/N. Já no SSE a relação C/N foi de 13 para o tratamento 3.

Já na profundidade 20-40 cm, o tratamento 2 no SCE se destacou com 8 para a relação C/N, enquanto o SSE no tratamento 3 apresentou médio de 10 (Tabela 11).

3. DISCUSSÃO

Ao analisar todas as características estudadas de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II, o manejo com escarificação do solo antes do plantio (chamado SCE) apresentou melhores resultados para as características fitotécnica, fisiológicas, biomassa verde e seca da parte aérea, biomassa radicular, além de valores com menores compactação do solo e fertilidade mais elevada, quando comparado ao solo sem escarificação (SSE).

Os resultados alcançados mostraram que o desenvolvimento morfológico (Características fitotécnicas) de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II foi mais eficiente nas parcelas onde ocorreu o SCE associados ao uso de biotecnologias e adubação química, mesmo que os atributos do solo não tenham apresentado resultados diferenciados entre os tratamentos. Para a reconstrução da fertilidade e matéria orgânica do solo, é necessário aporte contínuo de matéria orgânica ao longo do tempo (MARCHINI et al., 2015). Somente a prática do SSE em áreas de alto nível de degradação não foi suficiente para o bom desenvolvimento fitotécnico das plantas e para recuperação da fertilidade da pastagem. Esse resultado era esperado, uma vez que devido ao avançado estágio de degradação do solo da área experimental, o mesmo apresentava baixa disponibilidade de nutrientes às plantas. Dessa forma, a produção de biomassa da parte aérea e de raízes da *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II foi inferior no tratamento testemunha. Além disso, durante a implantação do experimento e durante a sua condução, principalmente no primeiro ano, houve

grande perda da calagem e adubação devido à erosão laminar nas parcelas experimentais devido à alta precipitação nos primeiros meses, onde esse fator pode ter interferido no atraso inicial da recuperação da fertilidade e do desenvolvimento vegetal, assim interferindo nos anos seguintes.

Para o bom desenvolvimento fitotécnico de forrageiras tropicais, a adubação mineral é uma das alternativas para um sistema de produção mais estável, incluindo principalmente a associação de Fabaceae nas áreas de produção, além do revolvimento do solo, contribuindo na construção da fertilidade, favorecendo o desenvolvimento vegetal, sobretudo na fase inicial de adaptação e climatização (LIMA, 2021; SILVA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021; SILVA, 2022). O N promove principalmente o desenvolvimento da parte aérea de forrageiras, e o P é o segundo nutriente limitante no desenvolvimento vegetal, sendo essencial na divisão celular (CANTARUTTI et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2004; CASTRO et al., 2016). Além disso, a disponibilidade das frações da matéria orgânica, sendo de forma naturalmente depositadas pelo aporte de resíduos orgânicos, ou pela aplicação de SH, agrega maior desenvolvimento nos meristemas, uma vez que as frações da SH proporcionam resultados similares quanto à disponibilidade de P em sistemas que recebem o uso de Fabaceae associadas ao manejo com revolvimento do solo (FAÇANHA et al., 2002; MARQUES JÚNIOR et al., 2008; COSTA, 2021; MOREIRA et al., 2022; NOVOTNY et al., 2022).

Plantas pertencentes ao grupo das Fabaceae, incluindo o gênero *Stylosanthes*, apresentam baixa exigência de solos férteis e por isso são amplamente recomendadas para cultivos consorciados com o grupo botânico Poaceae em solos degradados, consorciados ao plantio de Poaceae, uma vez que essas áreas apresentam baixa fertilidade e teor de MO, sendo um fator limitante do desenvolvimento vegetal (CALLES, SCHULTZE-KRAFT, 2010; CASAGRANDE, 2022; COSTA et al., 2022). Assim, o uso dos tratamentos que apresentaram o uso de inoculantes, adubação mineral reduzida ou o uso de bioestimulantes, as características fitotécnicas e fisiológicas, biomassa verde e seca, desenvolvimento radicular e dos atributos físico-químico do solo apresentaram resultados semelhantes ou superiores quando realizado em conjunto com a escarificação do solo.

O uso de bactérias promotoras de crescimento e fixadoras de N, como as do gênero *Bradyrhizobium*, pode aumentar o rendimento dos sistemas de produção agrícola, além de melhorar a sustentabilidade da agricultura (HUNGRIA, NOGUEIRA, ARAUJO, 2015; PEREIRA et al., 2022), principalmente associado ao uso de SH. As SH estimulam a atividade da enzima da membrana plasmática, o que se assemelha ao desempenho dos hormônios vegetais, além de apresentar grupos trocáveis de auxinas, favorecendo o crescimento vegetal, incluindo a parte aérea e do sistema radicular (FAÇANHA et al., 2002; SARMIENTO et al., 2021; HITA-MEJÍA, 2021). Assim, o uso de inoculante de *B. japonicum* (BR 446) associado ao uso de SH, ou ao uso de 40% de adubação mineral apresentou resultados superiores ao controle, proporcionando plantas com maior biomassa verde e seca, melhor distribuição e maior peso do sistema radicular, além de auxiliar na descompactação do solo. Isso se relaciona às práticas de manejo da cultura e as diversas propriedades do solo, que estão diretamente relacionadas com as respostas da inoculação de estirpes de *B. japonicum* (LEGGETT et al., 2017), o que pode ter ocorrido neste trabalho.

Quanto ao processo de recuperação produtiva de solos degradados, torna-se necessária a atribuição de análises a longo prazo, principalmente para a demanda da construção de uma fertilidade que supra as necessidades vegetais do sistema de modo sustentável. Ressalta-se que os estoques de COT do solo e da restauração de sua fertilidade, principalmente em relevo forte ondulado, se tornam obstáculos devido aos baixos teores, pois o aporte de resíduos depositados mediante plantas, animais e microrganismos são extremamente restritos ou nulos, sendo estes responsáveis por cerca de 98% do C orgânico do solo (MOREIRA, SANTOS, PEREIRA JÚNIOR, 2020, MENDES et al., 2021).

Em geral, os tratamentos que apresentaram menor compactação do solo apresentaram resultados mais favoráveis ao desenvolvimento vegetal, tanto da parte aérea quanto ao sistema radicular. Vários estudos verificaram o efeito da compactação sobre o desenvolvimento vegetal, uma vez que a ocorrência da compactação do solo acarreta sobre as plantas maiores gastos energéticos para o desenvolvimento das atividades fisiológicas, além das alterações morfológicas, destacando-se principalmente na distribuição e biomassa radicular (FALKER, 2009; SILVA, 2021; SAVIOLI et al., 2021; SILVEIRA et al., 2022). Além disso,

solos menos compactados apresentam melhor distribuição e alongamento de raízes ao longo do perfil do solo, favorecendo a concentração de carbono orgânico advindo de compostos derivados da atividade microbiana, fator que potencializa o uso de bactérias como alternativa para uma agricultura mais sustentável e economicamente viável, dispondo diretamente de produtividades mais elevadas, e que oscilam menos ao longo dos anos de cultivo (MOREIRA et al., 2022; NOVOTNY et al., 2022; PALHETA, 2022; PONCE et al., 2022).

4. CONCLUSÃO

O uso de biotecnologias associados ao SCE, juntamente às doses reduzidas de adubação mineral, ou juntamente ao uso associados de inoculantes de *B. japonicum* (BR 446), apresentou-se como alternativa em sistemas produtivos que estão em processo inicial de recuperação produtiva após sofrem altos danos de degradação pois apresentaram valores similares ou superiores ao uso de 100% de adubação química, como é observado nos resultados dos tratamentos 3, 5 e 6, que foram semelhantes ao uso de 100% de adubação, seguido do tratamento 4, que apresentou menor resultado em relação aos demais tratamentos.

Assim, o uso dos bioestimulantes apresentou potencial para a sustentabilidade em áreas de alto nível de degradação, proporcionando melhorias na qualidade físico-químicas do solo, que conseqüentemente favorecem o desenvolvimento de *Stylosanthes* cv. BRS Campo Grande I e II, e auxiliam o processo de recuperação desse sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, P. F.; OLIVO, C. J.; SIMONETTI, G. D.; NUNES, J. S.; SILVA, J. O.; SANTOS, M. S.; ANJOS, A. N. A. Produtividade de pastagens de Coastcross-1 em consórcio com diferentes Fabaceae de ciclo hibernal. **Ciência Rural**, v. 44, p. 2265-2272, 2014.

ALEXANDRINO, E.; VAZ, R. G. M. V.; SANTOS, A. C. Características da *Urochloa cv. Marandu* durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 06, p. 886-893, 2010.

ANDRADE, C. M. S. de; ABREU, A. de Q.; FERREIRA, A. S.; VALENTIM, J. F.; SANTOS, D. M. dos. Plantio direto para reforma de pastagens degradadas na Amazônia. **Embrapa Acre-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA EXPORTADORA DE CARNE (ABIEC). Beef Report: **Perfil da Pecuária no Brasil 2020**. Disponível em: <https://www.cicarne.com.br/wp-content/uploads/2020/05/SUM%c3%81RIO-BEEFREPORT-2020_NET.pdf> Acesso em: 20 jan. 2021.

BARRETO, P.; SARTORI, M.; DADALTO, G. G. **Levantamento de áreas agrícolas degradadas no Estado do Espírito Santo**. Vitória: Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (CEDAGRO), 2012.

BENDITO, B. P. C.; DE SOUZA, P. A.; PEREIRA, M. A.; GONÇALVES, D. S. Diagnóstico ambiental e proposição de uso de saf para área de pastagem degradada. **Geoambiente On-Line**, n. 29, 2017.

BENEVENUTE, P. A.; DE MORAIS, E. G.; SOUZA, A. A.; VASQUES, I. C.; CARDOSO, D. P.; SALES, F. R.; SEVERIANO, E. C.; HOMEM, B. G. C.; CASAGRANDE, D. R.; SILVA, B. M. Penetration resistance: An effective indicator for monitoring soil compaction in pastures. **Ecological Indicators**, v. 117, p. 106647, 2020.

BERNUCCI, Guel Ledo Kanda. Restauração florestal: semeadura direta e efeitos do uso de inoculantes no desenvolvimento de espécies arbóreas. 2021.

BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem

em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p.1289-1297, ago. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982006000500006>.

BORGHI, E.; NETO, M. M. G.; RESENDE, R. M. S.; ZIMMER, A. H.; DE ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M. **Recuperação de pastagens degradadas**. Embrapa Milho e Sorgo - Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), 2018.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 13, de 24 de março de 2011. Estabelece Normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 58, 25 mar. 2011. Seção I.

BURNETT, Annahid et al. Refugiados climáticos, aquecimento global, desertificação e migrações: reflexos globais e locais. **Interseções: Revista de Estudos Interdisciplinares**, v. 23, n. 2, 2021.

BURNS, J. H.; ANACKER, B. L.; STRAUSS, S. Y.; BURKE, D. J. Soil microbial community variation correlates most strongly with plant species identity, followed by soil chemistry, spatial location and plant genus. **AoB plants**, v. 7, 2015. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv030>.

CALLES, T.; SCHULTZE-KRAFT, R. *Stylosanthes* (Leguminosae, Dalbergieae) of Venezuela. **Willdenowia**, v.40, p.305-329, 2010.

CALVO, P., NELSON, L., KLOEPPER, JW, 2014. **Agricultural uses of plant stimulants**. Plant Soil 383, 3-41. Carpenter-Boggs, L., 2005. Diving into compost tea. Biocycle. 46, 61-62.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and soil**, v. 383, n. 1-2, p. 3-41, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>

CANELLAS, L. P.; BALMORI, D. M.; MEDICI, L. O.; AGUIAR, N. O.; CAMPOSTRINI, E.; ROSA, R. C. C.; FACANHA, A.R.; OLIVARES, F.L. A combination of humic substances and *Herbaspirillum seropedica* e inoculation

enhances the growth of maize (*Zea mays* L.). **Plant and soil**, v. 366, n. 1-2, p. 119-132, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-012-1382-5>.

CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; AGUIAR, N. O.; JONES, D. L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 15-27, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>

CANTARUTTI, R. B.; SANTOS, H. Q. E.; CARVALHO, M. M. de.; FONSECA, D. M. da; ALVAREZ V., V. H. Níveis críticos de fósforo no solo e planta para poáceas forrageiras tropicais em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p.173-182, 2002.

CARDOSO, A. S.; BERNDT, A.; LEYTEM, A.; ALVES, B. J.; DE CARVALHO, I. D. N.; DE BARROS SOARES, L. H.; BODDEY, R. M. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, v. 143, p. 86-92, 2016.

CARVALHO, C. A. B.; SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F.; PINTO, L. F. M.; CARNEVALLI, R. A.; FAGUNDES, J. L.; PEDREIRA, C. G. S. Demografia do perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim "Tifton 85" sob pastejo. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, p. 591-600, 2000.

CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **Pubvet**, v. 11, p. 0947-1073, 2017.

CASAGRANDE, D. R. Gomes, F. K.; Lopes, O. A. A.; Lara, M. A. S. Compatibilidade entre gramíneas e leguminosas em pastagens consorciadas. **QuaeWork: a method to assess work organization (duration and regulation) at farm-scale**, p. 307.

CASSETARI, A. de S.; SILVA, M. C. P. da; CARDOSO, E. J. B. N. Capítulo 8: **Fixação Biológica de nitrogênio simbiótica**. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. Microbiologia do solo. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. 221 p.

CASTRO, C. S.; LOBO, U. G. M.; RODRIGUES, L. M.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M. Eficiência de utilização de adubação orgânica em forrageiras tropicais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.4, p.48-54, 2016.

CHEN, Y.; CLAPP, C. E.; MAGEN, H. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: the role of organo-iron complexes. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 50, n. 7, p. 1089-1095, 2004. <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408579>

Climate Change Displacement and International Law. (Palais des Nations, Geneva) Disponível em: <http://www.unhcr.org/4d05ecf49.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2022.

CNA, **Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil**. O PIB do Agronegócio cresce 3,81% em 2019. Brasília: CNA, 2020.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHAO, R. L. Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa Responde. Área de Informação da Sede - Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E), Brasília- DF. 2015.

COSTA, João Victor. Doses of humic acid and water deficit in the growth of zeon grass. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. 2021.

COSTA, N.L.; MATTOS, P.S.R.; BENDAHAN, A.B. Morfogênese de duas poáceas forrageiras nativas dos lavrados de Roraima. **PUBVET**, Londrina, V. 2, N. 43. SILVA, L. C. V. et al. Ambientes de luz e substratos orgânicos no crescimento e qualidade de mudas de noni. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 120706-120719, 2021.

CRUZ, Joyce das Neves. Avaliação da compactação do solo e resistência à penetração em diferentes usos dos solos na região Oeste da Bahia. 2021.

DA SILVA, Pedro Luan Ferreira. Compactação e seus efeitos sobre o funcionamento do solo e a absorção de nutrientes pelas plantas: Uma revisão bibliográfica. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 3, n. 2, 2021.

DA SILVA, R. R.; DE FREITAS, G. A.; DA SILVA CARNEIRO, J. S.; RAMALHO, F. F.; DE MELO, A. V.; DO CARMO ALEXANDRINO, G.; DE ANDRADE, C. A. O. Resíduos orgânicos na recuperação de solo degradado sob pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Global Science and Technology**, v. 11, n. 2, 2018.

DAN, M.L. **Seleção de espécies arbóreas para sistemas silvipastoris a partir de uma abordagem etnoecológica no sul do Espírito Santo**. 2020. 262 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2020.

Darolt, M. R., & SKORA NETO, F. SPD em agricultura orgânica. **Revista Plantio Direto**, p. 70. 2002.

DATE, R. A.; EAGLES, D. A. *Bradyrhizobium* strain effectiveness for *Stylosanthes macrocephala*. **Tropical Grasslands**, v. 44, p. 158, 2010.

DE FIGUEIREDO, E. B., S. et al. Green housegas balance and carbono foot print of beefcattle in three contra sting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 420-431, 2016.

DE JESUS, M. C.; DOS SANTOS BRITO, A.; DE OLIVEIRA SILVA, M.; TEIXEIRA, S. S.; DE CARVALHO, W. D. Permeabilidade ao ar e porosidade de solos na região semiárida. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v. 25, n. 3, p. 230-239, 2017.

DE OLIVEIRA, D. M. **Potencial de insumos biológicos no desenvolvimento de forrageiras**. 2020, 147 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo.

DELASQUIS, P. J.; STANICH, K.; GIRARD, B.; MAZZA, G. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. **International journal of food microbiology**, v. 74, n. 1-2, p. 101-109, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00734-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00734-6)

DENARDIN, J. E. Manejo da cultura de soja para terras baixas. In Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO DE PESQUISA DA

SOJA DA REGIÃO SUL. p. 40. 2014, Pelotas. Atas e resumos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014.

DIAS FILHO, M B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**. 2014.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. **rev. atual. e ampl.**, 4 ed. Belém, PA, 2011.

DICKMANN, L.; NAKAO, A. H.; MODESTO, V. C.; SANCHES, I. R.; ANDREOTTI, M. Residual da adubação fosfatada e efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho verão consorciado com gramínea na região do cerrado. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**. v. 11, n. 3, pág. e9111326134-e9111326134, 2022.

DRESCHER, M. S.; REINERT, D. J.; DENARDIN, J. E.; GUBIANI, P. I.; FAGANELLO, A.; SILVA, B. R. D.; ZARDIN, M. C. Haste sulcadora para descompactação do solo na operação de semeadura. **Ciência Rural**, v. 47, n. 3, 2017

EAT-Lancet - Alimento Planeta Saúde, Dietas saudáveis a partir de sistemas alimentares sustentáveis, 2020. Disponível em: <https://irpcdn.multiscreensite.com/63a687e5/files/uploaded/EATLancet Commission Summary Report Portugese. pdf>.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 2011. 230 p.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Novo **PEDEAG** 2007-2025: Planejamento estratégico de desenvolvimento da agricultura capixaba. Vitória: SEAG, 2008. 284p.

FAÇANHA, A. R.; FAÇANHA, A. L. O.; OLIVARES, F. L.; GURIDI, F.; SANTOS, G. A.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, V. M.; BRASIL, F.; SCHRIPSEMA, J.; BRAZ-FILHO, R.; OLIVEIRA, M.A.; CANELLAS, L. P. Bioatividade de ácidos húmicos: Efeito sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1301-1310, 2002.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA Ltda. Parâmetros para avaliação da resistência à penetração. **Nota de Aplicação** – PLG1020. Falker Automação Agrícola. Rev. A. n. 3, 2009. Disponível em: https://www.falker.com.br/download.php?file_id=84; Acesso em: 02 junho 2021.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA Ltda. Parâmetros para avaliação da resistência à penetração. **Nota de Aplicação** – PLG1020. Falker Automação Agrícola. Rev. A. n. 3, 2009. Disponível em: https://www.falker.com.br/download.php?file_id=84; Acesso em: 02 junho 2021.

FAO.FAO.STAT. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. acesso em: 20 jan. 2022.

FERNANDES, L. S.; SANTOS DIFANTE, G.; COSTA, M. G.; NETO, J. V. E.; ARAÚJO, I. M. M.; DANTAS, J. L. S.; GURGEL, A. L. C. Pasture structure and sheep performance supplemented on different tropical grasses in the dry season. Revista Mexicana de Ciências Pecuárias, v. 11, n. 1, p. 89-101, 2020.

FERREIRA, C.J.B; TORMENA, C.A; CECATO, U; FRANCO, H.H.S; MOREIRA, W.H; GALBEIRO, S; RIBEIRO, O.L. Soil physical properties under a 'Tanzânia' grass pasture fertilized with mineral nitrogen or intercropped with stylosanthes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.53, n.4, p.478-486, Apr. 2018.

GAIOTTO, AUGUSTO HENRIQUE PIRES et al. NICOTINAMIDA, Azospirillum brasilense E FITOHORMÔNIOS COMO BIOESTIMULANTES EM MILHO. 2021.

GLICK, B. R., 2015. **Beneficial Plant-Bacterial Interactions**. Springer, Nova York, NY.

GONÇALVES, F. G. “**SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO pesquisa e desenvolvimento de tecnologias**”. In: BURAK, D. L. et al., Insumos biológicos na recuperação de pastagens degradadas da região sul do estado do Espírito Santo. 1ªed. São Paulo: científica digital, 2021, p.304-326.

GUO, X.; LIU, H.; S. Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic

functions. **Science of the total environment**, v. 662, p. 501-510, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.137> .

HITA MEJÍA, David de. “Efectos de los ácidos húmicos sedimentarios en los microbiomas endófitos: implicaciones y potencial agronómico”. García-Mina, J. M. y Fuentes, M. (dirs.). Tesis doctoral. Universidad de Navarra, Pamplona, 2020.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R. S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 221, p.125-131, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.024>.

HUNGRIA, M; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: A new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American J. Plant Sci**, v. 6, p. 811–817, 2015. doi:10.4236/ajps.2015.66087

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. MONITORAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA DO BRASIL 2016 – 2018. Rio de Janeiro, 2020.

IGIEHON, N. O.; BABALOLA, O. O. Rhizosphere microbiome modulators: contributions of nitrogen fixing bacteria towards sustainable agriculture. **International journal of environmental research and public health**, v. 15, n. 4, p. 574, 2018.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Pres.

JINDO, K.; MARTIM, S. A.; NAVARRO, E. C.; AGUIAR, N. O.; CANELLAS, L. P. Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes. **Plant and Soil**, v. 353, n. 1-2, p. 209-220, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-011-1024-3>

KARIA, C. T.; ANDRADE, R. P.; CHARCHAR, M. D. A.; Gomes, A. C. **Caracterização morfológica de acessos do gênero Stylosanthes no banco ativo de germoplasma da Embrapa Cerrados-coleção 1994/1995**. Embrapa Cerrados-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2002.

KAWAKAMI, K. C. **Ciclagem de nutrientes na sucessão milho-capim-marandu adubados com composto de lodo de esgoto: fertilidade do solo e produtividade**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. 2022.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 390p.

LADEIRA, M. Avaliação nutricional do feno de *Stylosanthes guianensis*. 2001. 35p. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LIMA, S. W. S. **Desenvolvimento de um mecanismo puncionador para dosagem de adubos**. 2021.

LUDLEY, K. E.; ROBINSON, C. H.; JICKELLS, S.; CHAMBERLAIN, P. M.; WHITAKER, J. Potential for monoterpenes to affect ectomycorrhizal and saprotrophic fungal activity in coniferous forest is revealed by novel experimental system. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 41, n. 1, p. 117-124, 2009.

MACHADO, S. L. M.; SALES, E. C. J.; REIS, S. T.; MESQUITA, V. G.; CARVALHO, Z. G.; MONÇÃO, F. P.; GOMES, E. A. S.; QUEIROZ, D. S.; LIMA, A. C. R. Forage accumulation, tillering and bromatological characteristics of *Brachiaria* grass under nitrogen fertilization. **Científica**, v. 45, n. 2, p. 197-203, 2017. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n2p197-203>.

MARCHINI, D. C.; LING, T. C.; ALVES, M. C.; CRESTANA, S.; SOUTO, S. N.; ARRUDA, O. G. D. Matéria orgânica, infiltração e imagens tomográficas de Latossolo em recuperação sob diferentes tipos de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 574-580, 2015.

MARQUES JÚNIOR, R. B.; CANELLAS, L. P.; SILVA, L. G. da; OLIVARES, F. L. Promoção de enraizamento de microtoletes de cana-de-açúcar pelo uso conjunto de substâncias húmicas e bactérias diazotróficasendofíticas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1121-1128, 2008.

MARTINS, João Vitor da Silva. **Características agronômicas e nodulação em genótipos de feijoeiro (Phaseolus vulgaris) inoculados com Rhizobium tropici e Azospirillum brasilense**. 2022.

MELO, Hyrandir C. **Plantas: Biologia Sensorial, Comunicação, Memória e Inteligência**. Editora Appris, 2021.

MENDES, Lucas José, et al. Nitrogênio acumulado e biologicamente fixado por árvores não inoculadas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg sob povoamentos monoespecíficos no bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 44, n. 2, pág. 503-512, 2021.

MENDES, R. T.; CORDEIRO, S. A.; LEITE, A. M. P.; OLIVEIRA, R. J.; COUTO, L. C.; GODOY, T. M.; GUERRA, C. A.; GONTIJO, R. N. Sistemas agroflorestais como geração de renda no Norte de Minas e no Alto Jequitinhonha. **Silvicultura e manejo florestal**. Técnicas de Utilização e Conservação da Natureza – 1414-5219, 2021.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de análises**. Viçosa: UFV, 2017.

MESQUITA, L.F.; **Caracterização de solos sob diferentes coberturas vegetais da sub-bacia hidrográfica do Rio Alegre- ES – 2011**. 61f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

MIRZA, M. S.; AHMAD, W.; LATIF, F.; HAURAT, J.; BALLY, R; NORMAND, P.; MALIK, K. A. Isolation, partial characterization, and effect of plant growth-

promoting bacteria (PGPB) on micropropagated sugarcane in vitro. **Plant and Soil**, v. 237, p. 47-54, 2001. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013388619231>

MONTAGNER, D.; ARAUJO, A. R.; EUCLIDES, V.; MACEDO, M.; ZIMMER, A.; ANDRADE, R. Potencial produtivo dos capins BRS Piatã e BRS Paiaguás em sistema de integração lavoura-pecuária. **Embrapa Gado de Corte** - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (Infoteca-E), 2018. 30p.

MORAIS, Ester et al. EFEITO DE BACTÉRIAS RIZOSFÉRICAS NO DESENVOLVIMENTO DA CENOURA (*Daucus carota*). 2021.

MOREIRA, B. D. A., VIANA, R., de FIGUEIREDO, P. A. M., RAMOS, S., TEIXEIRA FILHO, M. C. M., MAY, A., LOPES, P. Qualidade tecnológica do sorgo sob manejo de maturadores químicos. 2022.

MOREIRA, S. DE F.; SANTOS DE O. S. D.; PEREIRA JÚNIOR, A. Análise quantitativa e qualitativa de um solo degradado pela pecuária. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47698-47715, 2020.

MUNIZ, M. P. **Sucessão de forrageiras após a soja, desempenho de bovinos e produção de biomassa em sistema de integração lavoura-pecuária.**2020. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia) apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde.

NARANJO, J. F.; CUARTAS, C. A.; MURGUEITIO, E.; CHARÁ, J.; BARAHONA, R. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. **Livestock Research for Rural Development**, v 24, p 15, 2012.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; GESSA, C.; FERRARESE, L.; TRAINOTTI, L. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. **Soilbiology & biochemistry**, v. 32, n. 3, p. 415-419, 2000.

NASCIMENTO, V. N.; ALMEIDA, G. L. P.; BATISTA, P. H. D.; COUTINHO, A. S. Atributos físicos do neossolorególítico distrófico sob pastagem submetido à colheita mecanizada da forragem e pastejo animal. **Boletim de Indústria Animal**, v. 74, n. 3, p. 169-175, 2017.

NESPER, M.; BÜNEMANN, E. K.; FONTE, S. J.; RAO, I. M.; VELÁSQUEZ, J. E.; RAMIREZ, B.; HEGGLIN, D.; FROSSARD, E.; OBERSON, A. Pasture degradation decreases organic P content of tropical soils due to soil structural decline. **Geoderma**, v. 257, p. 123-133, 2015.

NOVOTNY, E. H.; CANELLAS, L. P.; COLNAGO, L. A. **Caracterização da matéria orgânica do solo**. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. de O. (org.). O solo: estrutura e composição. São Carlos, SP: Cubo, 2022. cap. 11, p. 153-196. 2022.

OLIVEIRA, N. A. **A influência da cobertura vegetal no conforto térmico urbano em uma região do semiárido Norte Mineiro**. 2021. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais). Universidade Federal de Minas Gerais.

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de *Urochloa cv. Marandu* em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1121-1129, 2004.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. de; TAVELA, R. C.; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n.7, p. 917-923, 2008.

PACIULLO, D. S. C.; DERESZ, F.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; VERNEQUE. Morfogênese e acúmulo de biomassa foliar em pastagem de capim-elefante avaliada em diferentes épocas do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n.7, p. 881-887, 2003.

PALHETA, Juscelino Gonçalves et al. **Associação de Azospirillum brasilense com ureia convencional e fertilizante nitrogenado de eficiência aumentada no crescimento, trocas gasosas e teor nutricional em híbrido de milho**. Tese de Doutorado. UFRA/Campus Belém. 2022.

PARRADO, J.; BAUTISTA, J.; ROMERO, E. J.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A. M.; FRIAZA, V.; MEJADA, M. Production of a carobenzymatic extract: potential use as a biofertilizer. **Bioresour. Technol.** 99:2312-2318, 2007.

PARRADO, J.; ESCUDERO, M.L.; FRIAZA, V.; GONZÁLEZ-MIRET, M.L.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A.M.; BAUTISTA, J.; HEREDIA, F.J. Enzymatic vegetable extract with bio-active components: influence of fertiliser on the colour and anthocyanins of red grapes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 12, p. 2310-2318, 2007.

PEREIRA, Rafael Peres Ferreira. **O uso de modelos baseados em agentes como atividade complementar à dinâmica presencial no ensino de ecologia e relações alimentares**. 2022.

PEREIRA, S. E. M.; MANZATTO, C. V.; SKORUPA, L. A.; PENTEADO, M. I. de O.; OLIVEIRA, P. de; NOVAES, N. M. L. N.; SIMÕES, M. G. Análise multicritério para planejamento em sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta. **Embrapa Meio Ambiente-Documentos (INFOTECA-E)**, 2018.

PONCE, M. F. P., VILLAO, F. A., MORÁN, J. M., TAMAYO, P. V., GARCÍA, W. M. IDENTIFICACIÓN DE PROPIEDADES DEL SUELO AGRÍCOLA EN LA PARROQUIA CHARAPOTÓ. **UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166**, v. 6, n. 2, p. 15-28, 2022.

PRAÇA, N. M. P. **Efeito do óleo essencial de eucalipto e de substâncias húmicas no crescimento de *Brachiaria* e *Estilosantes* em diferentes condições hídricas**. 2019, p. 101. Dissertação (mestrado em Agroquímica). Programa de pós-graduação em Agroquímica, Universidade Federal do Espírito Santo.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A., DADALTO, G. G.; OLIVEIRA J.A. **Manual de Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo - 5º aproximação**. Vitória, SEEA/Incaper/Cedagro. 305p, 2007.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória: Incaper, 2013.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. D. A.; SILVA, A. G. D.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542006000300024>.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

RAMOS, F. T.; RAMOS, D. T.; CREMON, C.; ROQUE, M. W. “Erosão por salpicamentosob diferentes sistemas de manejo em um neossoloquartzarênico em Cáceres (MT)”. **Global Science and Technology**, Rio Verde (GO), v. 4, n. 1, 2011, p. 38-50.

REDIN, M.; SANTOS, G. D. F. D.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L. D. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 381-392, abr/jun. 2011.

REIS, E. Opportunities and challenges to the sustainable development of cattle raising in Brazil, 1970–2005. **EconomiA**, v. 18, n. 1, p. 18-39, 2017.

REIS, Lucas Inocência Pinto dos. **Adubação nitrogenada foliar sobre a produção de pastagens: revisão de literatura**. 2021.

RIBEIRO, H.; JAIME, P. C.; VENTURA, D. Alimentação e sustentabilidade. *Estud. av. São Paulo*, v. 31, n. 89, pág. 185-198, 0103-4014 2017.

RODRÍGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften**, v. 91, n. 11, p. 552-555, 2004.

ROSE, M. T., PATTI, A. F., LITTLE, K. R., BROWN, A. L., JACKSON, W. R., & CAVAGNARO, T. R.. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. **Advances in agronomy**, v. 124, p. 37-89, 2014. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4>

SANDI, J. T. T.; BLANCO, R. F. Atividade inseticida do óleo essencial obtido de eucalipto, *Eucalyptus globulus* Labill (Myrtaceae), sobre o gorgulho do milho, *Sitophilus zeamais*, (Coleoptera: curculionidae), **Revista de Biologia e Saúde da UNISEP Biology & Health Journal**, v. 1, n. 1, p. 93-100, 2007.

SANTINI, J. M. K.; BUZETTI, S.; GALINO, F. S.; DUPAS, E.; COAGUILA, D. N. Técnicas de manejo para recuperação de pastagens degradadas de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk). **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, p. 331-340, 2015.

SANTOS, D. C.; JÚNIOR, R. G.; VILELA, L.; PULROLNIK, K.; BUFON, V. B.; SOUZA, A. F. F. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 16-24, 2016.

SANTOS, D. M. da S.; BUSH, A.; DA SILVA, E. R.; ZUFFO, A. M.; STEINER, F. Bactérias fixadoras de nitrogênio e molibdênio no cultivo do amendoim em solo do Cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 5, p. 84-92, 2017.

SANTOS, J. V.; RODRIGUES, J. O. Ocupação da Terra e Diagnóstico de Degradação no Sul do Espírito Santo. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 16, n. 1, p. 45-51, 2020.

SARMIENTO, M. T.; MONTOYA, T. J.; VANEGAS J. G.; OVIEDO, V. J. D. **Ácidos Húmicos: sustrato natural empleado como tratamiento alternativo en la inhibición de la bacteria Helicobacter Pylori, aporte desde la docencia para una mejora en la calidad de vida.** 2021.

SAVIOLI, M. R.; SECCO, D.; TOKURA, L. K.; CHANG P, VILLA, V., CASTRO, M.S. Componentes de produção da soja sob níveis de compactação do solo. **Acta Iguazu**, v. 10, n. 2, p. 1-12. 2021.

SEAG. Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Orientação e Manejo adequado de Recuperação de Pastagens. 2017. Disponível em: <<https://seag.es.gov.br/orientacao-e-manejo-adequado-para-recuperacao>>. Acesso em 08 de maio de 2020.

SEN, A., SRIVASTAVA, V. K., SINGH, R. K., SINGH, A. P., RAHA, P., GHOSH, A. K., et al., 2015. **Respostas do solo e da planta a aplicação de *Ascophyllum nodosum* extrair para trigo de plantio direto (*Triticum aestivum* EU).** *Comum. Soll Sci. Plant Anal.* 46, 123-136.

SHAH, Z. H.; REHMAN, H. M.; AKHTAR, T.; ALSAMADANY, H.; HAMOOH, B. T.; MUJTABA, T.; DAUR, I.; ZAHRANI, Y.A.; ALZHRANI, H. A. S.; SHAWKAT, A.; SEUNG, H. Y.; GYUHWA, C. Humic substances: determining potential molecular regulatory processes in plants. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 263, 2018. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2018.00263>

SIGNORELL, A. et al. (2021). DescTools: Tools for descriptive statistics. R package version 0.99.44. <https://cran.r-project.org/package=DescTools>.

SILVA, C. A. S.; JOSET, W. C. L.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; BARBOSA, A. V. C. SILVA, W. C.; SILVA, J. A. R. **Animal protein consumer's perception on the welfare of production animals in Belém, Pará State, Brazil**. Acta Scientiarum. Animal Sciences, v.43, n.1, e53784, 2021. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.53784>.

SILVA, C. J.; ALMEIDA, R. G.; HONORATO, C. A.; SILVA, J. A. N. Desempenho de novilho nelore em pastagem degradada submetida a diferentes processos de recuperação e renovação. **Agrarian**, v. 11, n. 41, p. 260-266, 2018.

SILVA, D. R. G.; COSTA, K. A. D. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. D.; BERNARDES, T. F. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-66902013000100023>.

SILVA, G.M.A.; FIEDLER, N.C.; SILVA, E.C.; RAMALHO, A.H.C. Ocupação da Terra e Diagnóstico de Degradação em Município no Sul do Espírito Santo. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.16, n.1, p. 45-51, 2020.

SILVA, J. M. P.; CAVICHIOLI, F. A. O uso da agricultura 4.0 como perspectiva do aumento da produtividade no campo. **Revista Interface Tecnológica**, FATEC Taquaritinga, v. 17, n. 2, p. 616-629, 2447-3980, 2020.

SILVA, M. W. et al. **Sistemas silvipastoris e preparo do solo na renovação de pastagens degradadas no Espírito Santo**. 2021.

SILVA, P.L.F. Compactação e seus efeitos sobre o funcionamento do solo e a absorção de nutrientes pelas plantas: Uma revisão bibliográfica. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.3, n.2, p.24-33, 2021.

SILVA, V. N. **Fertilizante de liberação controlada para produção de mudas de *Libidibia ferrea* (Mart. Ex Tul.) LP Queiroz: uma espécie de rápido crescimento e tolerante ao plantio em áreas abertas.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SILVA, V. P. Avaliação nutricional de fenos de estilosantes e de alfafa em equinos. Tese (Doutorado) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS ESCOLA DE VETERINÁRIA, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA, Belo Horizonte - MG, 2010.

SILVA, W.C.; SILVA, J.A.R. SILVA, E.B.R. Percepção do consumidor de proteína animal sobre o bem-estar dos animais de produção em Santarém, Pará, Brasil. **Revista CES Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.15, n.2, p.64-74, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.15.2.5>.

SILVEIRA, A. R., ROCHA, W. W., LEITE, Â. M. P., SANTOS, J. J., & DIAS JÚNIOR, M. S. Capacidade de suporte de cargas de um Latossolo submetido a duas alternativas de uso do solo e sob Floresta Nativa. **Scientia Forestalis**, p50, 2022. <https://doi.org/10.18671/scifor.v50.05>

SKERMAN, P.J.; CAMERON, D.G.; RIVEROS, F. **Leguminosas forrageiras tropicales** (nº2). Roma. FAO, 1991, 707pg.

SOUSA, R. R. J. **Adubação nitrogenada e consórcio de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e Estilosantes cv. Campo Grande.** 2017. 88f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

SOUZA, F. M. D.; LEMOS, B. J. M.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C. D.; MAGNABOSCO, C. U.; CASTRO, L. M. D.; LOPES, F. B.; BRUNES, L. C. Introduction of forage legumes, liming and phosphorus in degraded “*Brachiaria brizantha*” pastures. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 3, p. 355-364, 2016.

STADNIK M. J.; ASTOLFI P.; FREITAS M. B. Bioestimulantes: uma perspectiva global e desafios para a América Latina. In: I Simpósio Latino-Americano sobre Bioestimulantes na Agricultura, 2017, Florianópolis. **Anais[...]** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, p. 18-23. 2017.

STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; BOSENBECKER, V. K.; STEFFEN, G. P. K.; LUPATINI, M.; CAMPOS, Â.D.; GOMES, C.B. Avaliação de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de *Meloidogy negraminicola* em arroz irrigado. **Nematologia Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 126-134, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 6 ed., 2017.

TAN, M.; ZHOU, L.; HUANG, Y.; WANG, Y.; HAO, X.; WANG, J. Antimicrobial activity of globulol isolated from the fruits of *Eucalyptus globulus* Labill. **Natural Product Research**, v. 22, n. 7, p. 569-575, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1080/14786410701592745>.

TANAKA, K.; CHO, S.-H.; LEE, H.; PHAM, A.Q.; BATEK, J.M.; CUI, S. **Effect of lipo-chitooligosaccharide on the initial growth of grass seedlings**. C4. J. Exp. Robô. 66, 5727–5738. Tandon, S., Dubey, A., 2015.

TEIXEIRA, R. N. V.; PEREIRA, C. E.; KIKUTI, H.; DEMINICIS, B. B. *Brachiaria brizantha* (Syn. *Urochloa brizantha*) cv. Marandu sob diferentes doses de nitrogênio e fósforo em Humaitá-AM, Brazil. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava-PR, v.11, n.2, p.35-41, may - aug., 2018.

TELLES, T. S.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; RIGHETTO, A. J.; RIBEIRO, M. R. **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil**. 2021. IPEA. <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10531>.

TERRA, A. B. C.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V. D.; SILVA, N. C. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 11-20, 2019. <http://dx.doi.org/10.19084/rca.16016>.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Federative Republic of Brazil intended nationally determined**

contribution towards achieving the objective of the United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponível em: <<http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Brazil/1/BAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>>. Acesso em: 20 jan 2021.

VALENTIM, S. B. **Insumos biológicos no crescimento de capim marandu e estilosantes cv. campo grande.** 2018, p. 95. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo.

VANDEBURG, K. L.; STEFFENS, T. J.; LUST, D. G.; RHOADES, M. B.; BLASER, B. C.; PETERS, K.; HAM, M. J. Efeitos do pisoteio e cobertura na compactação do solo e estabelecimento de mudas em pastagens com sementeira ao longo do tempo. **Rangeland Ecology Management** , 2020.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

YOUNG, C. C., CHEN, L. F. Polyamines in humic acid and their effect on radical growth of lettuce seedlings. **Plant and Soil**, v. 195, n. 1, p. 143-149, 1997. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1004247302388>.

ZATTA, A. C. **Estratégias de manejo da desfolha para a reforma da estrutura do dossel de pasto perene de clima tropical.** Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2021.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; DE ALMEIDA, R. G. Degradação, recuperação e renovação de pastagens. **Embrapa Gado de Corte- Documentos (INFOTECA-E)**, 2012.