



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



ADRIELLE RODRIGUES PRATES

**COMPOSTO DE LODO DE ESGOTO E BIOESTIMULANTE NA PRODUÇÃO
DE TAPETES DE GRAMA ESMERALDA**

Botucatu

2024

ADRIELLE RODRIGUES PRATES

**COMPOSTO DE LODO DE ESGOTO E BIOESTIMULANTE NA PRODUÇÃO DE
TAPETES DE GRAMA ESMERALDA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Horticultura)

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas

Coorientador: Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy

Botucatu

2024

P912c	<p>Prates, Adrielle Rodrigues</p> <p>Composto de lodo de esgoto e bioestimulantes na produção de tapetes de grama Esmeralda / Adrielle Rodrigues Prates. -- Botucatu, 2024</p> <p>178 p. : il., tabs., fotos</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu</p> <p>Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas</p> <p>Coorientador: Leandro José Grava de Godoy</p> <p>1. Agronomia. 2. Resíduo urbano. 3. Zoysia japonica. 4. extrato de algas. 5. bactérias. I. Título.</p>
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:


COMPOSTO DE LODO DE ESGOTO E BIOESTIMULANTE NA PRODUÇÃO DE TAPETES DE GRAMA ESMERALDA


AUTORA: ADRIELLE RODRIGUES PRATES

ORIENTADOR: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

COORIENTADOR: LEANDRO JOSE GRAVA DE GODOY

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Horticultura), pela Comissão Examinadora:


Prof. Titular ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS (Participação Presencial)
Ciência Florestal Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP


Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO (Participação Virtual)
Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Pesquisador Dr. PATRICK LUAN FERREIRA DOS SANTOS (Participação Virtual)
. / Qually Grama


Prof.ª Dr.ª JANINE FARIAS MENEGAES (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Câmpus de Botucatu


Pesquisadora Dr.ª MARCELA CAETANO LOPES (Participação Presencial)
Uberaba/MG / Sumitomo Chemical

Botucatu, 26 de abril de 2024.

Dedico essa grande conquista a Deus, por sempre estar me abençoando e me protegendo em todos os momentos da minha vida.

Dedico aos meus pais Moacir e Sylvania por me apoiar em todos os meus sonhos e no momento mais difícil do doutorado foram os principais responsáveis de eu conseguir finalizar essa grande etapa da minha vida.

Dedico ao meu tio Melchior e minha tia Maria que assim como meus pais foram fundamentais para a realização desse grande sonho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar ao meu lado nos momentos mais difíceis

À Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu, pela oportunidade oferecida por meio do curso de pós-graduação, contribuindo para minha formação científica e profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, pela oportunidade, por todos os ensinamentos e conselhos.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy, pelo apoio científico e orientações.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Unesp Turfgrass Science, pela dedicação ao trabalho, pela amizade e por acreditarem nos nossos projetos. Agradeço em especial ao Patrick Luan, Matheus Leal e João Victor por ter me recebido ao grupo e sempre à disposição a me orientar e ajudar.

As empresas Qually Grama, Tera Ambiental, Acadian e Vittia, que acreditaram no nosso projeto e proporcionaram todo o apoio para realização do mesmo.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição de Plantas e do Laboratório de Fertilidade do solo, pelo apoio técnico das análises laboratoriais.

Ao time feminino de futsal da Unesp – campus de Botucatu, por dividir a paixão pela modalidade.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente estiveram presentes nessa caminhada.

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

“... Nada mais sei, senão que estou agora antes do meu último cume, e diante daquele que me foi poupado durante muito tempo. Ah, tenho que seguir meu caminho mais difícil! Ah, comecei minha peregrinação mais solitária!

Aquele, no entanto, que é da minha natureza não evita tal hora, da hora que diz: Agora só tu segues o caminho para a tua grandeza! Cume e abismo são agora compreendidos juntos!

Tu segues o caminho para a tua grandeza: agora se tornou o teu último refúgio, o que era até agora teu último perigo!

Tu segues o caminho para tua grandeza: agora deve ser a tua melhor coragem para que não haja mais qualquer caminho atrás de ti...”

NIETZSCHE, F. **Assim falava Zaratustra**. Cotia: Pé da letra, 2021.

RESUMO

No sistema produtivo de tapetes de gramas, o objetivo primordial é alcançar um produto de alta qualidade em um tempo reduzido. No entanto, ao longo dos anos, o manejo da colheita pode comprometer a qualidade do solo, prolongando o tempo necessário para o crescimento da grama e, por consequência, aumentando os custos de produção, ao mesmo tempo em que diminui a qualidade do produto final. Portanto, torna-se imprescindível buscar alternativas sustentáveis que estejam alinhadas com a Agenda 2030 da ONU. Essas alternativas não devem apenas promover o desenvolvimento saudável das plantas, mas também aprimorar as propriedades físicas e químicas do solo. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade agrônômica da aplicação do composto de lodo de esgoto (CLE) associado com bactéria promotora de crescimento e extrato de algas marinhas na produção de tapetes de grama Esmeralda em dois ciclos agrícolas. Visando uma melhor qualidade dos tapetes em um menor tempo de produção associado com a redução da aplicação de fertilizantes minerais. O experimento foi instalado em condições de campo em Tatuí-SP em fevereiro de 2021, organizados em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram originados do esquema fatorial $5 \times 3 + 1$, sendo: cinco doses de CLE (0,0; 2,5; 5,0; 7,5; e 10,0 t ha⁻¹), associado com ausência ou presença de bioestimulantes: (i) bactéria promotora de crescimento *Azospirillum brasilense* e (ii) extrato a base algas marinhas *Ascophyllum nodosum*, e um tratamento adicional (controle, tratamento que foi apenas realizado a calagem). Os parâmetros avaliados foram os atributos químicos do solo ao longo do tempo e aderido ao tapete de grama; foi avaliado o crescimento da Esmeralda no campo e qualidade do tapete, sendo estes: Intensidade da coloração verde da folha; índice de vegetação de diferença normalizada; taxa de cobertura verde; massa seca das aparas; massa do tapete inteiro, espessura e resistência ao rompimento dos tapetes; massa seca das raízes, estolões e rizomas; massa seca das folhas; acúmulo de nutrientes das aparas, folhas e raízes; além da produtividade da grama. Nos dois ciclos a aplicação do CLE melhorou a qualidade química do solo com a redução da acidez potencial, aumentou o pH e a saturação por bases. No primeiro ciclo, ocorreu um período de maior estresse hídrico, o qual teve um impacto pronunciado na resposta dos tratamentos. Dessa forma, a aplicação de *Ascophyllum nodosum* se destacou ao manter um desenvolvimento da grama com o ambiente desfavorável. Além disso, a aplicação do *Ascophyllum nodosum* associado ao CLE melhorou a qualidade dos tapetes com o aumento do sistema radicular e uma maior resistência ao rompimento, além do que houve um aumento nos acúmulos de nutrientes nas raízes. A aplicação de *Azospirillum brasilense* em conjunto com o CLE também resultou em uma melhoria na qualidade do tapete de grama, porém, não alcançou o mesmo nível observado quando comparado à associação de *Ascophyllum nodosum* com o CLE. No segundo ciclo houve maior precipitação pluviométrica e a aplicação do *Azospirillum brasilense* sem aplicação do CLE proporcionou maior produtividade e qualidade do tapete de grama. Conclui-se que a associação de bioestimulantes com CLE pode ser uma ótima alternativa sustentável para melhorar a qualidade dos tapetes e reduzir o uso de fertilizantes minerais sintéticos em período de maior estresse da planta.

Palavras-chave: *Zoysia japonica* Steud; resíduo urbano; fertilizantes orgânicos; extratos de algas; bactérias promotoras de crescimento.

ABSTRACT

In the turfgrass production system, the primary goal is to achieve a high-quality product in a reduced time frame. However, over the years, harvest management can compromise soil quality, prolonging the time required for turfgrass growth and consequently increasing production costs while diminishing the quality of the final product. Therefore, it is essential to seek sustainable alternatives aligned with the UN's 2030 Agenda. These alternatives should not only promote healthy plant development but also enhance the physical and chemical properties of the soil. In this context, this study aims to evaluate the agronomic viability of applying sewage sludge compost (SSC) combined with growth-promoting bacteria and seaweed extract in the production of Esmeralda turfgrass sod over two growing cycles. The goal is to achieve better quality sod in a shorter production time while reducing the application of mineral fertilizers. The experiment was conducted under field conditions in Tatuí, São Paulo, in February 2021, organized in a randomized block design with four replications. The treatments were derived from a 5 x 3 + 1 factorial scheme, with five doses of SSC (0.0; 2.5; 5.0; 7.5; and 10.0 t ha⁻¹), combined with the absence or presence of biostimulants: (i) growth-promoting bacteria *Azospirillum brasilense* and (ii) seaweed extract based on *Ascophyllum nodosum*, and an additional treatment (control, only liming was performed). The evaluated parameters included soil chemical attributes over time and those adhered to the turfgrass; Esmeralda growth in the field and sod quality, such as: leaf green color intensity; normalized difference vegetation index; green cover rate; dry clipping weight; entire sod mass, thickness, and tear resistance; dry mass of roots, stolons, and rhizomes; dry leaf mass; nutrient accumulation in clippings, leaves, and roots; and turfgrass productivity. In both cycles, SSC application improved soil chemical quality by reducing potential acidity, increasing pH, and base saturation. In the first cycle, there was a period of greater water stress, which had a pronounced impact on treatment responses. Thus, the application of *Ascophyllum nodosum* stood out by maintaining grass development in an unfavorable environment. Additionally, the combination of *Ascophyllum nodosum* with SSC improved sod quality by increasing root system development and tear resistance, as well as enhancing nutrient accumulation in the roots. The application of *Azospirillum brasilense* combined with SSC also resulted in improved sod quality, though not to the same extent as the combination of *Ascophyllum nodosum* with SSC. In the second cycle, there was higher rainfall, and the application of *Azospirillum brasilense* without SSC resulted in higher productivity and sod quality. In conclusion, the combination of biostimulants with SSC can be an excellent sustainable alternative to improve sod quality and reduce the use of synthetic mineral fertilizers during periods of increased plant stress.

Keywords: *Zoysia japonica* Steud; urban waste; organic fertilizers; seaweed extracts; growth-promoting bacteria.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	Produção de grama Esmeralda.....	21
2.2	Aspectos gerais do lodo de esgoto e seu uso na agricultura.....	24
2.3	Bioestimulantes na agricultura.....	26
2.4	Interação da produção de grama em relação CLE e bioestimulantes.....	29
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1	Descrição da área experimental.....	32
3.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	34
3.3	Obtenção e caracterização do composto de lodo de esgoto – CLE	35
3.4	Instalação e desenvolvimento do experimento do primeiro ciclo (2021-2022).....	37
3.5	Instalação e desenvolvimento do experimento do segundo ciclo (2022-2023).....	44
3.6	Informações climáticas do primeiro e segundo ciclo da grama.....	46
3.7	Colheita dos tapetes de grama nos dois ciclos estudados.....	48
3.8	Parâmetros avaliados no experimento.....	50
3.8.1	Solo: Determinação dos atributos químicos do solo.....	50
3.8.2	Planta.....	51
3.8.2.1	Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Taxa de cobertura verde no solo.....	51
3.8.2.2	Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Intensidade de cor verde da folha e índice de vegetação da diferença normalizada.....	53
3.8.2.3	Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Massa seca total e acúmulo de nutrientes das aparas.....	54
3.8.2.4	Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Produtividade da grama, espessura e resistência dos tapetes de grama ao rompimento	56

3.8.2.5	Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Massa do tapete inteiro, biomassa seca e acúmulo de macro e micronutrientes nas partes da grama (folhas + caules, rizomas + estolões e raízes).....	58
3.8.2.6	Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Análise dos atributos químicos da camada de solo do tapete colhido.....	59
3.9	Análises estatísticas.....	59
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4.1	Atributos químicos do solo.....	60
4.1.1	Atributos químicos do solo após seis meses da aplicação CLE do primeiro e segundo ciclo da grama.....	60
4.1.2	Atributos químicos do solo após a colheita dos tapetes do primeiro e segundo ciclo da grama.....	70
4.1.3	Atributos químicos do solo aderidos aos tapetes colhido do primeiro e segundo ciclo da grama.....	80
4.2	Crescimento e aspecto visual da grama.....	90
4.2.1	Índice de cor verde (ICV) medidos no primeiro e segundo ciclo da grama.....	90
4.2.2	Índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) no primeiro e segundo ciclo da grama.....	96
4.2.3	Taxa de cobertura verde no primeiro e segundo ciclo da grama.....	103
4.3	Biomassa total das aparas e acúmulo de nutrientes nas partes da grama e acúmulo total extraído pela grama.....	109
4.3.1	Biomassa total e acumulo das aparas do primeiro e segundo ciclo da gama.....	109
4.3.2	Acúmulo das folhas e caule do tapete colhido do primeiro e segundo ciclo da grama.....	116
4.3.3	Acúmulo de nutrientes nas raízes, rizomas e estolões do tapete colhido do primeiro e segundo ciclo da grama.....	123
4.3.4	Somatória da biomassa seca de toda s as partes da grama (aparas, folhas, caule, raízes, rizomas e estolões do tapete) e nutrientes do primeiro e segundo ciclo e eficiência da adubação	

	mineral convencional somada ao conteúdo somado de N, P e K no CLE.....	130
4.4	Produtividade da cultura e qualidade do tapete.....	141
5	CONCLUSÕES.....	151
	REFERÊNCIAS.....	153
	APÊNDICE A.....	169
	APÊNDICE B.....	170
	APÊNDICE C.....	171
	APÊNDICE D.....	172
	APÊNDICE E.....	173
	APÊNDICE F.....	174
	APÊNDICE G.....	175
	APÊNDICE H.....	176
	APÊNDICE I.....	177
	APÊNDICE J.....	178

1 INTRODUÇÃO

O uso inadequado, o armazenamento negligente e o descarte impróprio dos resíduos produzidos pela atividade humana representam sérios problemas tanto para o meio ambiente quanto para a saúde pública. Com o aumento contínuo na produção desses resíduos, essa questão tornou-se uma preocupação global. No entanto, o uso correto e seguro desses materiais pode trazer benefícios substanciais, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico (Prates, 2020). Entre os diversos tipos de resíduos, o lodo de esgoto se destaca como um subproduto orgânico gerado durante o processo de tratamento de esgoto. Este contém uma alta concentração de nutrientes e matéria orgânica, o que o torna uma excelente opção para ser utilizado como fertilizante e/ou melhorador de solo agrícola (Berton; Nogueira, 2010; Bloem *et al.*, 2017).

No Brasil, há mais de quatro décadas, o lodo de esgoto tem sido objeto de estudos como uma fonte alternativa de adubação, podendo, em determinadas circunstâncias, substituir parcialmente os fertilizantes minerais (Matos, 2016; Prates, 2020). Essa prática confere ao lodo de esgoto um papel crucial na agricultura e silvicultura, ao mesmo tempo em que contribui para a redução dos gastos com fertilizantes inorgânicos (Nogueira *et al.*, 2013; Abreu-Junior *et al.*, 2019; Florentino *et al.*, 2019). A compostagem do lodo de esgoto é uma técnica adotada por algumas empresas para gerenciar os resíduos provenientes das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), visando reduzir o volume e os custos de armazenamento (Visentin *et al.*, 2020), além de permitir a reciclagem dos nutrientes presentes.

Nos últimos anos houve um aumento importante no mercado de gramados ornamentais e esportivos no Brasil, onde a grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) é espécie que corresponde a 70/80% da grama plantada, dada a sua versatilidade de atender desde áreas residenciais até campos esportivos (Santos; Castilho, 2018).

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela grama e por estar presente no lodo de esgoto em quantidades consideráveis em relação aos demais nutrientes exigidos pelas culturas, torna-se bastante atrativo para a produção de tapetes de gramas (Backes *et al.*, 2013; Backes *et al.*, 2017; Godoy; Villas Boas; Backes, 2012; Mota *et al.*, 2019), uma vez que o seu uso permite diminuir custos com fertilizantes nitrogenados comerciais, aliado ao destino sustentável do resíduo. Sabe-se, no entanto, que elevada quantidade de N pode incentivar o crescimento de

folhas em detrimento de raízes e estolões (Backes, 2008). Como a qualidade e o tempo de produção dos tapetes de grama está associada com o bom desenvolvimento do sistema radicular, alternativas devem ser estudadas de modo que o sistema radicular desenvolva adequadamente.

Os bioestimulantes são substâncias orgânicas que pode ser encontrada em vários produtos, por exemplo, microorganismos e extratos de algas (Galindo *et al.*, 2019). A sua aplicação na agricultura pode favorecer as culturas, promovendo desenvolvimento das plantas, estimulando o crescimento do sistema radicular e contribuindo para os ganhos de produtividade, expressando assim o seu potencial genético (Bonomelli *et al.*, 2018; Di Stasio *et al.*, 2018; Galindo *et al.*, 2019; Vendruscolo *et al.*, 2017), além de trazer benefícios em gramados sobre condições estressantes (Butler, 2006; Elansary *et al.*, 2017; Zhang; Wang; Ervin; 2010). No entanto, ainda pouco se sabe sobre seus benefícios em relação a produção de grama e a interação com adubação orgânica.

Considerando os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Organização das Nações Unidas (ONU), este estudo atende principalmente ao nº 11 que é tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; o nº13 que refere a tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos; e por fim o nº 15 que fala em proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e as perdas de biodiversidade (ONU, 2015).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a produção de tapetes de grama Esmeralda em função do uso de lodo de esgoto compostado e bioestimulantes, visando a diminuição na necessidade a diminuição da fertilização mineral convencional atrelado a maior qualidade do produto final em um menor ciclo de produção, já que espera que os produtos aplicados estimulam o crescimento da grama.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Produção de grama Esmeralda

Os gramados sobressaem tanto por sua estética quanto por suas funcionalidades, pois sua presença fornece local confortável e seguro para práticas esportivas e lazer, além dos benefícios ambientais, como evitar a erosão do solo, ajudar na retenção da água da chuva e contribuir para amenizar as altas temperaturas. Além disso, áreas gramadas valoriza os trabalhos paisagísticos e es estimulam práticas esportivas (Dias, 2018).

Na gramicultura, estimou-se por meio do levantamento realizada pela Associação Grama Legal e aos dados de registro do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para o ano de 2022, que a produção de gramas abrangeu uma área estimada entre 30-35 mil hectares, com uma média de 32,5 mil hectares em todo o país (Santos; Carribeiro, 2022). Entre as espécies produzidas no levantamento de 2022, identificou-se que 79,03% das gramas cultivadas pertencem ao gênero *Zoysia*, sendo a grama Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud) a cultivar de maior importância e econômica. Seguida, temos a grama São Carlos (*Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv) com 15,21%; diferentes tipos de bermudas (*Cynodon spp*), tendo 5,3%; Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum* (Walter) Kuntze) com 0,27% e *Paspalum spp.* com 0,19%. A maior parte produzida é destinada para obras de engenharia (63%), seguida dos paisagismos (31%) e por último para o setor esportivo (6%) (Santos; Carribeiro, 2022).

Assim como no sistema de produção de qualquer cultura, o sistema produtivo de grama requer planejamento para garantir a obtenção de um produto de qualidade, alta produtividade com menor custo de produção. A implantação de um campo de produção de grama é comumente realizada pelo plantio de mudas "plugs", pois a formação da área ocorre por meio da propagação vegetativa. Antes disso, é realizado o preparo inicial do solo, seguido pela correção do solo e, em seguida, o nivelamento da área para facilitar a colheita. Uma característica importante do sistema produtivo de tapete de grama é a utilização contínua das áreas de produção por vários anos sem a mobilização do solo, devido à rebrota das raízes e rizomas da grama anterior. No entanto, o intenso tráfego de máquinas e implementos, associado aos solos argilosos, provoca uma grande compactação do solo, o que

pode prejudicar o desenvolvimento da grama no ciclo posterior. Além disso, antes da colheita da grama, a área é irrigada e passa por um rolo compactador para facilitar o corte dos tapetes e garantir que fiquem firmes e inteiros, o que aumenta ainda mais a compactação do solo (Godoy *et al.*, 2012). Para minimizar essa compactação, é realizada a escarificação superficial do solo. No entanto, mesmo com esses procedimentos, a alta compactação pode prejudicar o desenvolvimento das raízes.

Após a colheita, a área é preparada para um novo ciclo, que pode durar até 15 meses. Para não prejudicar o crescimento da grama e manter a estrutura das raízes e rizomas, o solo não é mobilizado. Dessa forma, a calagem e a adubação são distribuídas superficialmente, o que pode reduzir a eficiência desses processos. Com um ciclo longo e baixa eficiência, os custos de adubação são altos. Embora a escarificação ajude a melhorar a eficiência, é importante buscar alternativas sustentáveis de manejo para aumentar a eficiência da adubação e, conseqüentemente, reduzir os custos de produção.

A dimensão comercial de um tapete de grama é de 40 cm de largura por 62,5 cm de comprimento. Para garantir um gramado de qualidade, é essencial adquirir um tapete que respeite essas dimensões e possua características de alta qualidade: verde intenso e uniforme, alta resistência para não se desfazer durante o manuseio e transporte, alta densidade com folhas verdes que não deixem o solo aparecer, e estar livre de pragas, doenças e plantas daninhas (Santos; Carribeiro, 2022). Essas qualidades asseguram um gramado de excelência. O enraizamento é um fator fundamental para garantir essas características, principalmente a resistência do gramado, além de permitir que ele se estabeleça mais rapidamente no local onde será implantado, diminuindo assim os custos de implantação.

A grama Esmeralda é originária da Ásia, principalmente do Japão, onde a primeira referência escrita a gramados aparece no "Man'yōshū", uma coleção de poemas datada de 759 d.C. Foi introduzida nos Estados Unidos em 1985 e, de lá, foi trazida ao Brasil pelo engenheiro agrônomo Minuro Ito (GURGEL, 2003). Ela é utilizada em áreas residenciais, rodovias e campos esportivos, sendo os dois primeiros os mais utilizados atualmente. Para áreas esportivas, ela é utilizada principalmente em campos amadores, CTs, e fairways de golfe, ela é escolhida por sua resistência e menor exigência de adubação em comparação com a grama Bermuda, que é mais recomendada para campos profissionais. Ela se adapta amplamente ao clima brasileiro, possuindo ciclo perene, crescimento rizomatoso-

estolonífero, folhas de textura fina a média e coloração verde-esmeralda. Além disso, forma tapetes de ótima qualidade devido ao entrelaçamento de rizomas e estolões, tornando-se resistente ao pisoteio (Gazola, 2017; Matos, 2016; Oliveira *et al.*, 2018; Santos; Castilho, 2018).

O desenvolvimento adequado do gramado requer um correto manejo nutricional, demandando quantidades elevadas de nitrogênio, nutriente que está diretamente relacionado com o crescimento dos gramados (Backes *et al.*, 2017; Godoy; Villas Boas; Backes, 2012). Conforme Backes *et al.* (2009) e Lima *et al.* (2015), doses elevadas de N e altas frequência de aplicação, podem reduzir o tempo de produção da grama. Todavia, doses excessivas promovem o crescimento da parte aérea em detrimento do rizomas e estolões, diminuindo a qualidade do tapete reduzindo a produtividade, por quebra no momento da colheita e no manuseio (transporte) (Candogan *et al.*, 2015; Lima, 2009; Zhang *et al.*, 2018).

Até 2021, não havia no estado de São Paulo uma recomendação oficial de adubação para implantação e manutenção de gramados, nem para produção de tapetes de grama (Godoy; Villas Boas; Backes, 2012). Em 2022 foi lançado o novo Boletim 100, com recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Edição que apresenta um capítulo detalhado sobre gramados, incluindo adubação no sistema produtivo. A elaboração desse capítulo contou com vasta experiências de pesquisadores na área de gramados no Brasil, além do embasamento de várias pesquisas científicas (Backes *et al.*, 2009; Godoy *et al.*, 2007; Lima *et al.*, 2010).

De acordo com Backes (2008), a eficiência da adubação nitrogenada para gramados pode ser aumentada com a utilização de fontes de liberação lenta, como a utilização da matéria orgânica, pois favorece o crescimento uniforme da grama, já que as rápidas liberações de fontes solúveis podem causar crescimento acelerado e até mesmo queima das folhas, além da necessidade de roçadas mais frequentes, aumentando o custo de produção.

Dessa forma, por também haver uma liberação lenta de nutrientes, a aplicação de lodo de esgoto como fonte de adubação orgânica torna-se uma alternativa sustentável que pode aumentar a eficiência da adubação nitrogenada em gramados, favorecendo o lento crescimento e conseqüentemente diminuindo os custos de roçadas (Mota, 2016). Portanto, pesquisas com a utilização de lodo de esgoto e seus derivados, vem demonstrando ótimos resultados para a produção de

tapetes de grama Esmeralda, podendo até substituir a fertilização mineral convencional, com a utilização da uréia (Backes *et al.*, 2013; Backes *et al.*, 2017; Mota *et al.*, 2019). No entanto, requer mais estudos para consolidar esta tecnologia e viabilizar de maneira econômica o seu uso.

2.2 Aspectos gerais do lodo de esgoto e seu uso na agricultura

O lodo de esgoto é um subproduto gerado no processo de tratamento de esgotos, composto principalmente por material orgânico. Sua composição varia conforme a origem e o método de tratamento empregado (Berton; Nogueira, 2010; Prates *et al.*, 2022). Recentemente, o Senado Brasileiro aprovou o novo marco legal do Saneamento Básico (PL 4.162/2019), o qual estabelece que até 2033, os projetos deverão contemplar 90% da coleta e tratamento de esgoto, aumentando com isso o potencial de geração de LE (Brasília, 2019), o que torna o descarte final de maneira sustentável extremamente necessário.

Este material possui uma característica distinta devido à sua abundância de nutrientes, particularmente nitrogênio e fósforo (P), além de outros micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn), que em certos casos podem substituir parcialmente os fertilizantes minerais (Prates, 2020; Prates *et al.*, 2021; Prates *et al.*, 2022). Essa característica contribui para a preservação da fertilidade do solo, aprimora a qualidade da biomassa microbiana e estimula as atividades enzimáticas no solo, ao mesmo tempo em que ajuda a prevenir a contaminação e a degradação dos recursos hídricos por dar um destino adequado para esse material (Albuquerque *et al.*, 2015; Hamdi *et al.*, 2019; Nogueira *et al.*, 2008). Adicionalmente, pode-se obter receita através da sua comercialização na agricultura.

Dessa forma, quando o lodo de esgoto é aplicado ao solo de acordo com critérios agronômicos adequados, pode proporcionar uma série de benefícios para as propriedades físico-químicas e biológicas do solo, além de promover o crescimento das plantas (Berton; Nogueira, 2010). No entanto, é fundamental destacar que a aplicação do lodo de esgoto em sistemas agrícolas deve ser realizada dentro dos limites permitidos para metais pesados, pois pode representar uma potencial fonte de poluição para os corpos d'água (MAPA, 2016; Prates, 2020).

Em alguns países altamente industrializados, o lodo resultante é direcionado para a agricultura, sendo sua disposição final gerenciada por uma logística que considera aspectos ambientais e econômicos (Janowska *et al.*, 2017; Matos, 2018). No Brasil, a maioria das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) ainda direciona esse resíduo para aterros sanitários, apesar de ser uma prática dispendiosa e poluente (Bittencourt, 2018; Leite, 2016). O que o emprego do lodo em solos agrícolas representa um custo menor em comparação com a incineração ou o depósito em aterros sanitários (Lamastra; Suciú; Trevisan, 2018; Vicentim *et al.*, 2020). Justificando assim numerosas pesquisas realizadas no Brasil para viabilizar a utilização desse resíduo em ambientes agrícolas.

Embora a aplicação do lodo de esgoto possa trazer vantagens diretas ao solo e, conseqüentemente, às culturas agrícolas, é importante destacar que esse resíduo pode conter contaminantes, como metais pesados, certos compostos orgânicos e agentes patogênicos (Ivanová *et al.*, 2018; Nascimento *et al.*, 2018). Assim, a compostagem do lodo de esgoto surge como uma técnica crucial para mitigar a contaminação dos solos agrícolas. Por meio da compostagem, a mobilidade dos metais pesados pode ser limitada, reduzindo sua solubilidade e seu potencial de biodisponibilidade no solo. Além disso, essa técnica contribui para diminuir a carga patogênica presente no lodo, incluindo microrganismos como *Enterococcus* e *Escherichia coli*, frequentemente utilizados como indicadores da eficácia do pré-tratamento do lodo de esgoto (Khalil *et al.*, 2011; Pilnáčeka *et al.*, 2019). Um gerenciamento adequado do lodo de esgoto não apenas estabiliza o produto final, mas também reduz seu volume (Nguyen; Shima, 2019; Yu *et al.*, 2019).

A aplicação de lodo de esgoto e composto de esgoto para fins de adubação tem sido estudada em várias culturas, por exemplo, nas culturas de: soja (*Glycine max* (L.) Merr), Milho (*Zea mays* L) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), proporcionado à maioria dessas culturas produtividade equivalente ou superior aos que receberam apenas a adubação mineral (Prates *et al.*, 2021; Prates *et al.*, 2022, Oliveira *et al.*, 2023). Na produção de tapetes de grama o uso de lodo de esgoto e o composto de esgoto se mostrou promissor para um adequado fornecimento de nutrientes (Backes *et al.*, 2013; Mota *et al.*, 2019).

No trabalho de Backes *et al.* (2013), foi observado que, com o aumento das doses de lodo, houve um incremento na resistência dos tapetes, atingindo 34,4 kgf na dose de 46,9 Mg ha⁻¹. Essa mesma dose proporcionou a máxima taxa de

cobertura do solo pela grama. No estudo de Mota *et al.* (2019), a aplicação de 30 Mg ha⁻¹ de lodo compostado permitiu a formação completa do tapete de grama, atingindo 100% de cobertura do solo aos 212 dias. Todavia, esses trabalhos não incluíram adubação nitrogenada, para suprir a necessidade de nutriente e utilizaram doses muito altas, o que pode ser um entrave para os produtores devido ao alto custo de transporte desse produto. Assim, há a necessidade de estudos que investiguem o uso combinado de doses mais baixas de composto de lodo de esgoto com adubação mineral. Ademais, o lodo geralmente apresenta baixos teores de potássio (K) em suas características, tornando necessária a complementação com fertilizantes minerais convencionais.

Um outro aspecto apontado pela pesquisa é que com o uso do lodo de esgoto ocorre uma diminuição da massa dos tapetes, pelo fato que o lodo de esgoto acaba fazendo parte do tapete que está sendo cortado, e por ser um material de menor densidade do que o solo, os tapetes formados são mais leves, o que é uma característica interessante (Backes *et al.*, 2013; Mota, 2016). Entretanto, doses altas tem a tendência de diminuir a resistência desses tapetes, pois o maior fornecimento de N proporciona maior crescimento das folhas em detrimento aos estolões, rizomas e raízes (Backes, 2008; Backes *et al.*, 2013; MOTA, 2016). Uma alternativa para auxiliar no crescimento de raízes, rizomas e estolões é o uso de bioestimulantes, por favorecer o crescimento vegetal pela ação do fitormônios (Galindo *et al.*, 2019; Vogel *et al.*, 2014).

2.3 Bioestimulantes na agricultura

Na legislação Brasileira, não se encontra o termo bioestimulante, o que nos deparamos, por meio da Instrução Normativa nº 61 de 8 de julho de 2020, o termo biofertilizante, que se refere ao “produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante” (Brasil, 2020). Nessa normativa podemos incluir como biofertilizantes os aminoácidos; substâncias húmicas; extratos de algas ou algas processadas; extratos vegetais; e a combinação deles.

Entretanto, para a literatura científica internacional encontramos o termo bioestimulante, definido como um produto que tem como base substâncias naturais

ou microrganismos, detendo função de melhorar as respostas aos estresses abióticos e bióticos e a produtividade. Desse modo, os produtos que podem ser utilizados como fonte bioestimulantes, são os ácidos húmicos e fúlvicos, os hidrolisados protéicos e outros compostos nitrogenados como aminoácidos, extratos de algas e de plantas, microrganismos benéficos, polímeros como a quitosana, entre outros, desde que comprovada a sua bioatividade (Du Jardin, 2015).

Na legislação brasileira é excluído na categoria de biofertilizantes os microrganismos benéficos (bactérias e fungos). De modo que, para os fixadores de nitrogênio são chamados de inoculantes; os que controlam pragas e doenças são os agentes biológicos, já os condicionadores biológicos do solo são microrganismos que atuam na melhoria das propriedades físicas químicas do solo. Desse modo, para este estudo, no intuito de abranger os dois produtos testados (extrato de algas e microrganismos benéficos) adotou-se o termo biestimulantes, baseado na literatura científica internacional.

Os bioestimulantes são substâncias naturais ou sintéticas que quando aplicados na planta são capazes de aumentar o crescimento e a produtividade das culturas (Bontempo *et al.*, 2016), uma vez que apresentam compostos capazes de atuar em diversos processos metabólicos da planta, favorecendo o seu potencial genético, além de auxiliar no equilíbrio hormonal e crescimento radicular, o que promove uma melhora na absorção de nutrientes e uma maior resistência ao déficit hídrico (Rodrigues *et al.*, 2015; Ramos *et al.*, 2015; Vendruscolo *et al.*, 2017).

A maioria dos compostos bioestimulantes são biorreguladores, como as auxinas, as citocininas e o ácido giberélico (Bontempo *et al.*, 2016). Todavia, além dos biorreguladores existem produtos como extrato de algas marinhas, ácidos húmicos e microrganismos, sendo este último, bactérias promotoras de crescimento. Dessa forma, muitos dos estudos com bioestimulantes, em especial os microrganismos, são realizadas em culturas como: soja, milho e feijão, demonstrando efeitos positivos em sua utilização (Bontempo *et al.*, 2016; Hungria *et al.*, 2010; Ramos *et al.*, 2015).

Em relação às bactérias promotoras de crescimento, como do gênero *Azospirillum* spp., estas são frequentemente utilizados como uma nova tecnologia na agricultura atual, especialmente em gramíneas de grande interesse agrônomo, por exemplo, a cultura do milho (Afzal *et al.*, 2019), pois podem aumentar a

disponibilidade de nutrientes na rizosfera devido a maior área de superfície radicular (Araujo, 2019).

A espécie como *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg & Döbereiner tem apresentado um papel importante na fixação biológica de nitrogênio atmosférico (N₂), em menor quantidade quando se comparado aos microrganismos que apresentam associações simbióticas (Rizóbios) em leguminosas, porém, vem tornando-se uma alternativa sustentável no manejo nutricional de N em gramíneas (Hungria *et al.*, 2010; Vogel *et al.*, 2014), podendo reduzir gastos com fertilizantes nitrogenados. Segundo Esperancini *et al.* (2015), os fertilizantes nitrogenados representam 7,5% do custo total das culturas de modo geral. Além disso, por serem considerados promotoras de crescimento vegetal, esses microrganismos podem promover a produção de fitohormônios como as auxinas, giberelinas e citocininas (Vogel *et al.*, 2014).

Além das pesquisas que mostram os efeitos benéficos do *Azospirillum brasilense* em culturas como: braquiárias (*Brachiaria* spp), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L), milho e trigo (*Triticum aestivum* L.) (Chaves *et al.*, 2015; Hungria; Nogueira; Araujo, 2016; Galindo *et al.*, 2015a, Galindo *et al.*, 2020) atualmente, vem se iniciando estudos com inoculação desse microorganismo na produção de grama, observando uma melhora na taxa de cobertura do gramado (Ferraz *et al.*, 2019). Todavia, ainda pouco se sabe sobre os efeitos no crescimento, no desenvolvimento e nas implicações no sistema de produção de gramas.

Os extratos de algas também vêm se demonstrando um importante bioestimulante vegetal, por promover uma melhora nos processos fisiológicos das plantas, como a absorção de nutrientes e fotossíntese, além de serem constituídos por macro e micronutrientes (Santos *et al.*, 2019; Zandonadi, 2018). Uma das algas mais estudadas é a *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis., essa espécie apresenta também alguns fitormônios que estão envolvidos na regulação de processos fisiológicos das plantas, como: ácido indol-3-acético (AIA), giberelinas, citocininas e ácidos jasmônicos, o que promove efeitos no desenvolvimento e crescimento vegetal (Bonomelli *et al.*, 2018; Di Stassio *et al.*, 2018). Os efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* vêm sendo amplamente estudados em várias culturas (Gehling *et al.*, 2017; Galindo *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2019b). Nos trabalhos com gramados mostrou-se um melhor desempenho das plantas em condições adversas, tais como déficit hídrico e baixas temperaturas (Elansary *et al.*, 2017). Dessa forma,

no estudo de Elansary *et al.* (2017), a aplicação de extrato de algas na dose de 7 mL·L⁻¹ apresentou melhor desempenho nas plantas tratadas, tanto durante intervalos prolongados de irrigação quanto em condições salinas. Isso se deve ao aumento nos mecanismos de defesa antioxidante, como as atividades de catalase, superóxido dismutase e ascorbato peroxidase, além de antioxidantes não enzimáticos, e à redução da peroxidação lipídica.

2.4 Interação da produção de grama em relação CLE e bioestimulantes

Na retirada dos tapetes de grama, compactar o solo para facilitar a colheita é uma prática entre os produtores. Desse modo, as propriedades físicas e químicas do solo são afetadas negativamente. As propriedades físicas são afetadas pela compactação e a química pela remoção da porção mais fértil do solo, pois a camada superficial é removida com o tapete (Backes, 2008), sendo está porção onde concentra maior teor de matéria orgânica e maior população microbiana. Além disso, a compactação do solo dificulta o crescimento das estruturas vegetativas da grama, como rizomas e raízes, devido ao impedimento físico. Isso pode prolongar o ciclo da cultura, uma vez que aumenta o tempo necessário para o fechamento da grama. Como resultado, pode haver um gasto energético maior para o fechamento, necessitando de uma quantidade maior de adubação mineral.

Em função do que acontece no solo em decorrência da colheita do tapete, é de se esperar que a adição do lodo compostado superficialmente aumente o teor de matéria orgânica, conforme já foi observado por Backes (2008) na camada de 0- 5 cm. O que também poderá favorecer a atividade proveniente do bioestimulante, além de fornecimento de nutrientes.

Na produção comercial de grama busca-se um crescimento rápido dos estolões e raízes, resultando na formação de tapetes com qualidade por vários ciclos e em menor tempo (Araújo *et al.*, 2020). Onde o sistema produtivo é muito afetado, pois após o corte do tapete do ciclo anterior, ocorre a remoção da parte aérea e também de raízes e rizoma, ocasionando um estresse bastante elevado. Dessa forma, as bactérias promotoras de crescimento, como o *Azospirillum brasilense*, tornam-se uma alternativa sustentável e de baixo custo, por favorecer o crescimento vegetal (Galindo *et al.*, 2020; Vogel *et al.*, 2014). Já que vários trabalhos confirmam que *Azospirillum* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das

raízes de diversas espécies de plantas, favorecendo a absorção da água, nutrientes e maior tolerância ao estresse, resultando em uma planta mais vigorosa (Hungria, 2011). Portanto, com a melhora na estrutura das raízes por meio da inoculação desse organismo, torna-se um fator chave na busca de tapetes de grama com qualidade.

De acordo com Barassi *et al.* (2008), observaram que a inoculação de *Azospirillum*, tem o potencial de amenizar uma série de fatores que possam provocar estresse, destacando um aumento do teor de clorofila, que reflete diretamente na melhoria dos parâmetros fotossintéticos, condutância estomática, melhoria no potencial hídrico, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular e aumento a fitomassa das plantas.

Também se espera que a inoculação dessas bactérias promova melhoria na fertilidade do solo do ambiente estressado, por meio de processos que aumentam a disponibilidade de nutrientes, como a fixação biológica de nitrogênio e solubilização do fosfato (Araújo *et al.*, 2020). Com a disponibilidade de nutrientes, pode ocorrer um aumento na população e atividade microbiana no solo, favorecendo a produção de exsudados radiculares, sendo esses exsudados (juntamente com a introdução de matéria orgânica proveniente do CLE) agentes que promovam maior agregação das partículas do solo, formando estruturas maiores, contribuindo para boa aeração e maior capacidade de infiltração de água (Silva *et al.*, 2019), melhorando a qualidade do solo.

Segundo Butler (2006), um dos principais benefícios da aplicação de extratos de algas marinhas é o aumento da tolerância ao estresse dos gramados estabelecidos, pois compostos como a betaína, presente no extrato de alga, desempenha um papel vital no ajuste citoplasmático em resposta ao estresse, além disso, também foram atribuídos à sua atividade hormonal, especialmente de citocininas e auxinas.

Estudos com extrato de algas marinhas na manutenção de gramados mostraram-se ser promissor nas condições de estresse como: déficit hídrico, alta radiação, temperatura, salinidade, corte regular, altos níveis de tráfego, além de ataques de patógenos ao estimular os sistemas de defesa da planta contra o estresse oxidativo; aumentando a qualidade do gramado tanto no aspecto visual

quanto na resistência física (Butler; Hunter 2006; Elansary *et al.*, 2017; Zhang; Ervin, 2008; Zhang; Wang; Ervin; 2010).

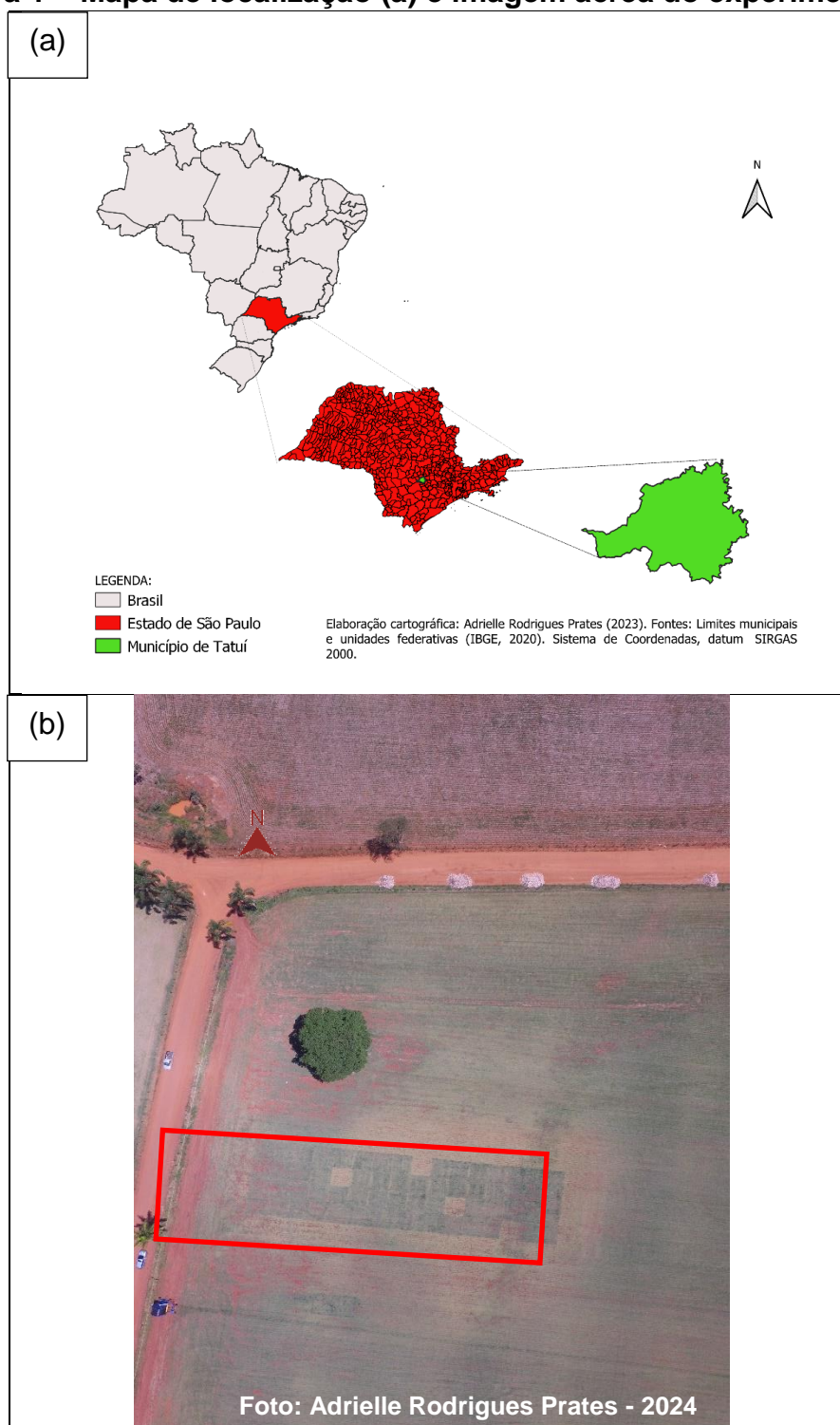
Bluter (2006), ainda afirma que os extratos de algas marinhas podem melhorar as características de retenção de água dos solos, pois o ácido algínico que está contido nessas algas, combina com radicais metálicos no solo para formar um polímero com uma massa molecular aumentado, na qual essas moléculas ajudam a estruturar o solo; além de estimular atividade microbiana existente no solo (Mueller; Kussow, 2005). Dessa forma, este trabalho tem como princípio entender os efeitos desses produtos, no intuito de validar essa tecnologia, em que se enquadra em alternativas sustentáveis que buscam melhorias na qualidade produtiva dos gramados, além de diminuir custos de produção.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área experimental

O experimento foi desenvolvido em condições de campo, na propriedade produtora de grama pertencente a empresa Qually Grama, no município de Tatuí, SP, localizado nas coordenadas 23°35'23" Sul e 47°98'59" Oeste, a uma altitude de 645 m e com um relevo plano (Figura 1a,b). De acordo com a classificação de Köppen (1948), a localidade é classificada mesotérmico úmido subtropical de inverno (Cwa), com temperatura situadas entre 18 a 20 °C, com amplitude térmica de aproximadamente 7,0 °C e precipitação pluvial média anual de 1100mm (Monteiro, 1973). Ademais, Mochizuki *et al* (2006), indica que o município de Tatuí apresenta duas estações bem definidas, com um verão chuvoso e um inverno mais seco e com temperaturas mais baixas.

O estudo foi realizado em dois ciclos, com repetição dos tratamentos; sendo os períodos: Primeiro ciclo conduzido em fevereiro de 2021 até maio de 2022 e o segundo ciclo conduzido de agosto de 2022 até maio de 2023. O solo foi caracterizado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (Santos *et al.*, 2018).

Figura 1 – Mapa de localização (a) e imagem aérea do experimento (b)

A espécie utilizada foi *Zoysia japonica* Steud, cultivar Esmeralda. A área destinada a condução do experimento vem sendo utilizada para produção comercial desde 2009, sem a renovação da área de cultivo. Para o estudo, utilizou a rebrota do tapete anterior, por se tratar de uma espécie rizomatosa e estolonífera, que pode ser colhida em área total, visto que após a retirada dos tapetes (colheita) ficam rizomas

subsuperficiais capazes de rebrotarem e cobrir novamente o solo. E por ser tratar de uma espécie de ampla adaptação às condições climáticas do Brasil, desenvolvendo-se muito bem em diferentes tipos de solo, podendo ser cultivada em várias regiões do país (Gurgel, 2003).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi organizado em blocos casualizados, com 16 tratamentos e quatro repetições, totalizando 64 unidades experimentais (Figura 2a). Os tratamentos foram formados em um esquema fatorial $5 \times 3 + 1$, sendo: cinco doses de composto de lodo de esgoto (CLE) (0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 t ha⁻¹ CLE base úmida), com ausência ou presença de bioestimulantes: (i) bactéria promotora de crescimento *Azospirillum brasilense* e (ii) extrato a base algas marinhas *Ascophyllum nodosum*, e um tratamento adicional caracterizado como controle absoluto, um tratamento adicional caracterizado como controle absoluto, sem a aplicação de CLE, bioestimulantes ou fertilização mineral convencional, contando apenas com a calagem, apenas com a calagem (Figura 2b). As doses de CLE foram definidas de acordo com os padrões estabelecidos pelo mercado, sendo que as aplicações superiores a 10 t ha⁻¹ são inviáveis devido ao alto custo de transporte.

Figura 2 – Croqui da área experimental (a) e os tratamentos aplicados (b)

(a)	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>49(T6)</td><td>50(T11)</td><td>51(T3)</td><td>52(T10)</td><td>53(T9)</td><td>54(T2)</td><td>55(T8)</td><td>56(T16)</td><td>57(T1)</td><td>58(T13)</td><td>59(T7)</td><td>60(T5)</td><td>61(T12)</td><td>62(T4)</td><td>63(T14)</td><td>64(T15)</td> </tr> <tr> <td>33(T14)</td><td>34(T7)</td><td>35(T2)</td><td>36(T16)</td><td>37(T1)</td><td>38(T12)</td><td>39(T5)</td><td>40(T10)</td><td>41(T9)</td><td>42(T8)</td><td>43(T4)</td><td>44(T3)</td><td>45(T6)</td><td>46(T15)</td><td>47(T11)</td><td>48(T13)</td> </tr> <tr> <td>17(T5)</td><td>18(T12)</td><td>19(T14)</td><td>20(T13)</td><td>21(T3)</td><td>22(T15)</td><td>23(T8)</td><td>24(T6)</td><td>25(T2)</td><td>26(T16)</td><td>27(T1)</td><td>28(T11)</td><td>29(T9)</td><td>30(T7)</td><td>31(T10)</td><td>32(T4)</td> </tr> <tr> <td>1(T4)</td><td>2(T15)</td><td>3(T6)</td><td>4(T10)</td><td>5(T11)</td><td>6(T9)</td><td>7(T13)</td><td>8(T7)</td><td>9(T16)</td><td>10(T3)</td><td>11(T12)</td><td>12(T14)</td><td>13(T2)</td><td>14(T1)</td><td>15(T5)</td><td>16(T8)</td> </tr> </tbody> </table>																49(T6)	50(T11)	51(T3)	52(T10)	53(T9)	54(T2)	55(T8)	56(T16)	57(T1)	58(T13)	59(T7)	60(T5)	61(T12)	62(T4)	63(T14)	64(T15)	33(T14)	34(T7)	35(T2)	36(T16)	37(T1)	38(T12)	39(T5)	40(T10)	41(T9)	42(T8)	43(T4)	44(T3)	45(T6)	46(T15)	47(T11)	48(T13)	17(T5)	18(T12)	19(T14)	20(T13)	21(T3)	22(T15)	23(T8)	24(T6)	25(T2)	26(T16)	27(T1)	28(T11)	29(T9)	30(T7)	31(T10)	32(T4)	1(T4)	2(T15)	3(T6)	4(T10)	5(T11)	6(T9)	7(T13)	8(T7)	9(T16)	10(T3)	11(T12)	12(T14)	13(T2)	14(T1)	15(T5)	16(T8)
49(T6)	50(T11)	51(T3)	52(T10)	53(T9)	54(T2)	55(T8)	56(T16)	57(T1)	58(T13)	59(T7)	60(T5)	61(T12)	62(T4)	63(T14)	64(T15)																																																																	
33(T14)	34(T7)	35(T2)	36(T16)	37(T1)	38(T12)	39(T5)	40(T10)	41(T9)	42(T8)	43(T4)	44(T3)	45(T6)	46(T15)	47(T11)	48(T13)																																																																	
17(T5)	18(T12)	19(T14)	20(T13)	21(T3)	22(T15)	23(T8)	24(T6)	25(T2)	26(T16)	27(T1)	28(T11)	29(T9)	30(T7)	31(T10)	32(T4)																																																																	
1(T4)	2(T15)	3(T6)	4(T10)	5(T11)	6(T9)	7(T13)	8(T7)	9(T16)	10(T3)	11(T12)	12(T14)	13(T2)	14(T1)	15(T5)	16(T8)																																																																	
(b)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº de tratamento</th> <th>Legenda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,0 t ha⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,0 t ha⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,0 t ha⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2,5 t ha⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>2,5 t ha⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>2,5 t ha⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>5,0 t ha⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>5,0 t ha⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>5,0 t ha⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>7,5 t ha⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>7,5 t ha⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>7,5 t ha⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>10,0 t ha⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>10,0 t ha⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>10,0 t ha⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i></td> </tr> </tbody> </table>																Nº de tratamento	Legenda	1	Controle	2	0,0 t ha ⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes	3	0,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i>	4	0,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i>	5	2,5 t ha ⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes	6	2,5 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i>	7	2,5 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i>	8	5,0 t ha ⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes	9	5,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i>	10	5,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i>	11	7,5 t ha ⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes	12	7,5 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i>	13	7,5 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i>	14	10,0 t ha ⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes	15	10,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i>	16	10,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i>																														
Nº de tratamento	Legenda																																																																															
1	Controle																																																																															
2	0,0 t ha ⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes																																																																															
3	0,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i>																																																																															
4	0,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i>																																																																															
5	2,5 t ha ⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes																																																																															
6	2,5 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i>																																																																															
7	2,5 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i>																																																																															
8	5,0 t ha ⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes																																																																															
9	5,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i>																																																																															
10	5,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i>																																																																															
11	7,5 t ha ⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes																																																																															
12	7,5 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i>																																																																															
13	7,5 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i>																																																																															
14	10,0 t ha ⁻¹ CLE - Sem bioestimulantes																																																																															
15	10,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. brasiliense</i>																																																																															
16	10,0 t ha ⁻¹ CLE - Com <i>A. nodosum</i>																																																																															

3.3 Obtenção e caracterização do composto de lodo de esgoto – CLE

O CLE foi obtido da empresa Tera Ambiental Ltda, localizada na cidade de Jundiaí, SP. Trata-se de um fertilizante orgânico composto Classe B (Figura 3), conforme as especificações da Instrução Normativa da Secretaria de Defesa Agropecuária nº 61, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Brasil, 2020), produzido a partir da compostagem termofílica de resíduos orgânicos urbanos diversos. Para os dois ciclos do trabalho, foram adquiridos dois lotes diferentes de CLE. Ambos os lotes foram previamente analisados em laboratório, onde foram avaliadas suas características químicas (pH, CTC, MO, C-orgânico, umidade, N, P, K, Ca, Mg, S, As, Ba, Cd, Ca, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se e Zn) e microrganismos patogênicos (coliformes termotolerantes, salmonella e ovos viáveis de helmintos), seguindo as recomendações previstas na Resolução nº 498 do Conama (Conama, 2020) (Tabela 1).

Figura 3 - O composto de lodo de esgoto (CLE)

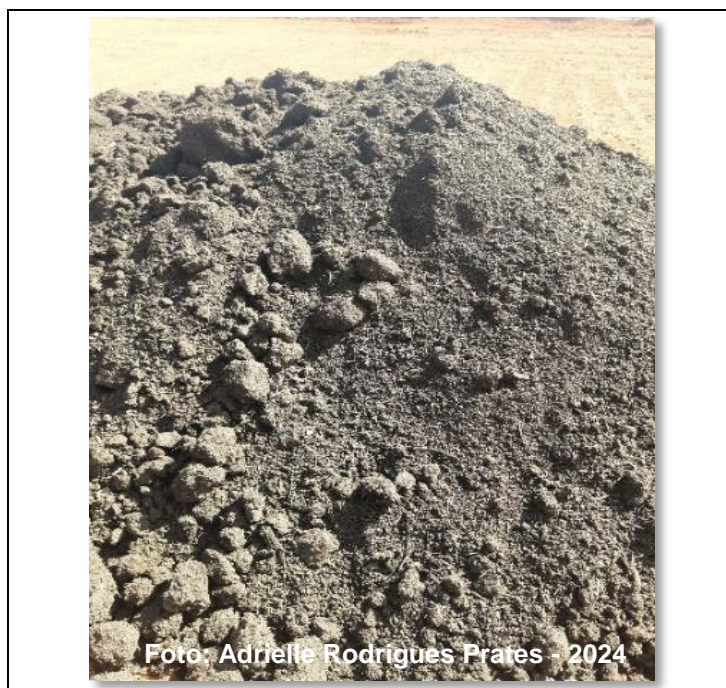


Tabela 1 - Composição química e microbiológica de amostras do composto de lodo de esgoto (Média ± desvio-padrão; n = 3)

Característica	Unidade	2021	2022	Limite ⁽¹⁾
<i>Química</i>				
pH _(CaCl2)	-	7,6 ± 0,35	7,6 ± 0,21	-- ⁽²⁾
Umidade Total	%	40 ± 0,15	39,2 ± 1,87	--
Carbono Orgânico	g kg ⁻¹	160,7 ± 1,07	177,3 ± 1,49	--
Capacidade de troca C/N	mmol _c dm ⁻³	315 ± 35,36	257,3 ± 1,00	--
		13 ± 1,53	13 ± 1,00	--
Base seca				
Matéria Orgânica Total	g kg ⁻¹	322,8 ± 2,10	319,2 ± 2,68	
Nitrogênio Total	g kg ⁻¹	15,9 ± 0,13	13,6 ± 0,21	--
Fósforo (P ₂ O ₅) Total	g kg ⁻¹	23,2 ± 0,24	27,8 ± 0,86	--
Potássio (K ₂ O) Total	g kg ⁻¹	10,9 ± 0,21	11,5 ± 0,12	--
Cálcio (Ca) Total	g kg ⁻¹	59,2 ± 0,74	45,9 ± 1,20	--
Magnésio (Mg) Total	g kg ⁻¹	19,7 ± 0,34	12,6 ± 0,48	--
Enxofre (S) Total	g kg ⁻¹	7,4 ± 0,02	11,7 ± 0,13	--
Arsênio	mg kg ⁻¹	5,4 ± 0,18	6,0 ± 0,93	20,0
Boro	mg kg ⁻¹	40 ± 0,00	-----	
Cádmio	mg kg ⁻¹	0,8 ± 0,00	1,0 ± 0,18	3,0
Cobre	mg kg ⁻¹	268 ± 16,97	289 ± 22	--
Chumbo	mg kg ⁻¹	17,0 ± 0,57	18,5 ± 2,19	150,0
Cromo	mg kg ⁻¹	63,9 ± 2,47	69,2 ± 23	--
Selênio	mg kg ⁻¹	1,0 ± 00	2,1 ± 1,70	80
Ferro	mg kg ⁻¹	18900 ±	18666 ±	--
Manganês	mg kg ⁻¹	503 ± 51,62	624 ± 170	--
Mercúrio	mg kg ⁻¹	0,2 ± 0,04	0,2 ± 0,04	1,0
Molibdênio	mg kg ⁻¹	6,2 ± 0,64	7,7 ± 0,17	--
Níquel	mg kg ⁻¹	23,3 ± 0,21	29,1 ± 7,85	70,0
Zinco	mg kg ⁻¹	530 ±	664 ± 62	--
<i>Microbiológica</i>				
<i>Salmonella</i> sp.	NMP/10g	Ausente		Ausente
<i>Coliforme</i>	NMP/g	0		0
Ovos viáveis de	Ovos/g de	0,7		0,05

(1) Instrução normativa nº 7 MAPA (2016). (2) Não determinado. NMP = Número mais provável.

3.4 Instalação e desenvolvimento do experimento do primeiro ciclo (2021-2022)

Antes da instalação do estudo foram realizadas, em área total, amostragens do solo na camada de 0,0-0,10 m de profundidade para caracterização química (Raij *et al.*, 2001) e para caracterização física (Embrapa, 1997) (Tabela 2).

**Tabela 2 - Atributos químicos⁽¹⁾ e físicos⁽²⁾ da amostragem iniciais de solo
(Média ± desvio-padrão; n = 3)**

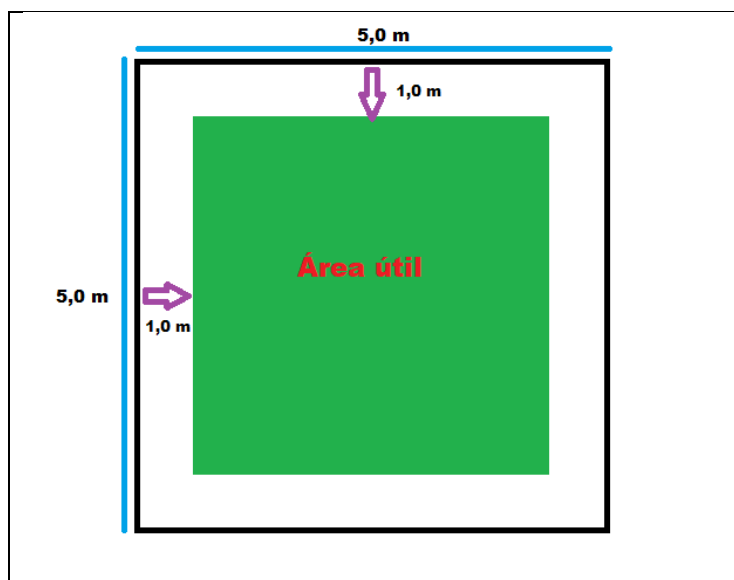
Atributos	Unidade	Profundidade (cm)
		0–0,10 m
pH (CaCl ₂)	-	5,1 ± 0,05
Matéria orgânica	g dm ⁻³	25 ± 0,87
Fósforo	mg dm ⁻³	19,6 ± 8,41
Potássio	mmol _c dm ⁻³	2,1 ± 0,17
Cálcio	mmol _c dm ⁻³	37 ± 3,20
Magnésio	mmol _c dm ⁻³	10,1 ± 0,89
Alumínio	mmol _c dm ⁻³	1 ± 0,09
H+Al	mmol _c dm ⁻³	36 ± 1,56
SB	mmol _c dm ⁻³	49 ± 4,05
S-SO ₄	mg dm ⁻³	14 ± 0,19
CTC	mmol _c dm ⁻³	85 ± 5,42
V	%	58 ± 1,30
Boro	mg dm ⁻³	0,30 ± 0,01
Cobre	mg dm ⁻³	1,3 ± 0,02
Ferro	mg dm ⁻³	22 ± 0,34
Manganês	mg dm ⁻³	6,4 ± 0,39
Zinco	mg dm ⁻³	0,4 ± 0,04
Areia (> 0,05 mm)	g kg ⁻¹	681 ± 3,21
Silte (> 0,002 e < 0,05 mm)	g kg ⁻¹	176 ± 4,93
Argila (< 0,002 mm)	g kg ⁻¹	143 ± 2,00
Textura	-	Muito argilosa

⁽¹⁾ Raij *et al.* (2001). ⁽²⁾ Embrapa (1997). CTC = Capacidade de troca catiônica. SB = Soma de bases. V = Saturação por bases.

A delimitação das parcelas experimentais ocorreu no dia 20 de janeiro de 2021, posteriormente a colheita dos tapetes (6 de janeiro de 2021). Além disso, antes mesmo da delimitação da área e após a colheita, o solo foi preparado com auxílio de um escarificador de haste e “estrelinha” (equipamento tipo grades aradoras, que fazem a escarificação superficial do solo à 2 cm). O preparo prévio visou reduzir a compactação da camada superficial e melhorar as características físicas para o desenvolvimento da grama.

A área experimental apresentou uma dimensão total de 1600 m², constituída por parcelas de 5,0 m x 5,0 m (25 m²). Considerou-se uma área útil de 9,0 m², localizada no centro da parcela para realização das avaliações em campo e coleta de amostras (Figura 4).

Figura 4 – Dimensões da parcela experimental e sua área útil



No dia 4 de fevereiro de 2021, antes da aplicação dos tratamentos e com base nos resultados da avaliação da fertilidade do solo, foi realizado a calagem ($0,64 \text{ t ha}^{-1}$) com o objetivo de elevar a saturação por base a 70%, utilizou-se o fator de correção para a camada de 0 a 10 cm, uma vez que o calcário foi aplicado manualmente na superfície, sem incorporação, utilizando calcário agrícola com PRNT a 85, CaO de 36,0% e MgO de 12,0% (Figura 5).

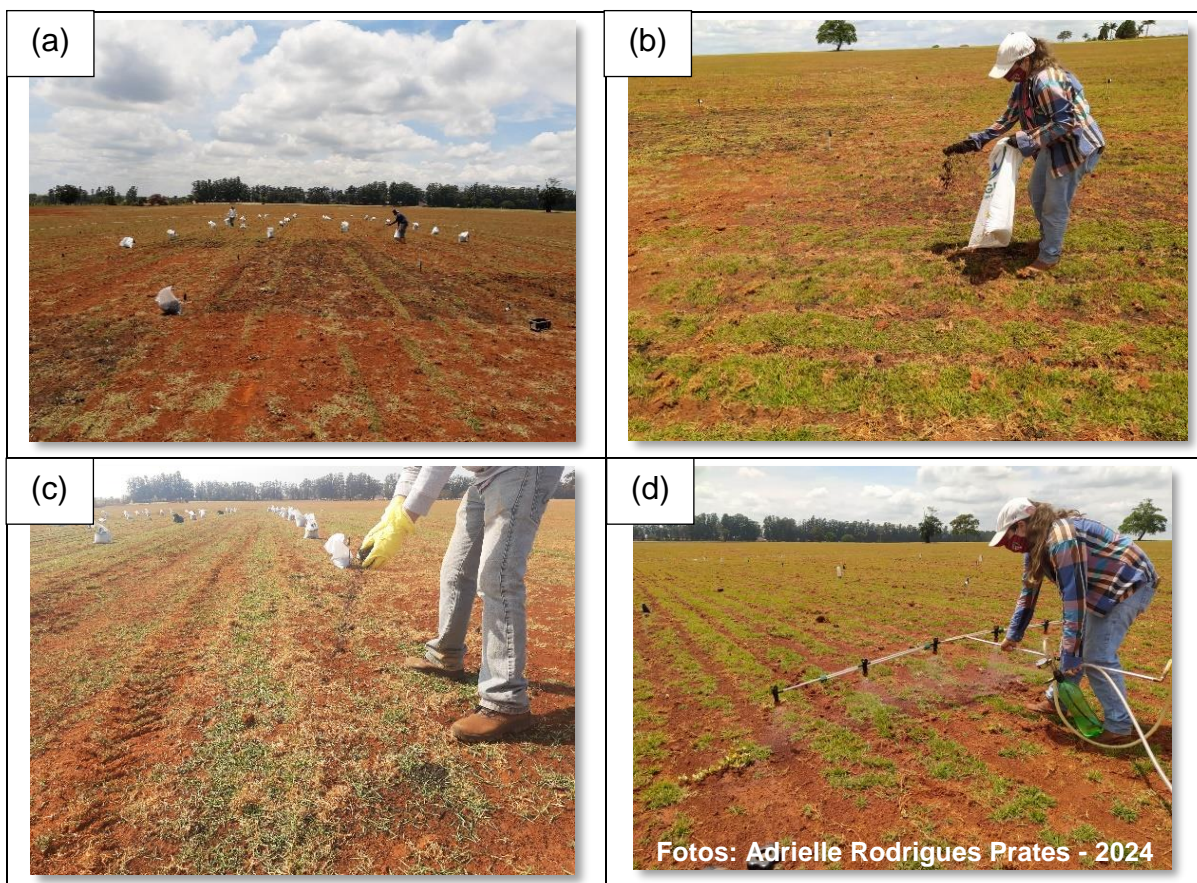
Figura 5 – Aplicação de calcário agrícola na superfície para a neutralização da acidez do solo onde o experimento foi realizado cm a grama cv Esmeralda



Os tratamentos experimentais foram aplicados uma semana após a realização da calagem, no dia 10 de fevereiro de 2021. Essa aplicação foi realizada após 35 dias da colheita da grama, em que a área apresentava as primeiras

brotações de grama, provenientes das estruturas de propagação que permaneceram na área. O CLE foi distribuído manualmente na superfície do solo sobre a área total das parcelas, logo após procedeu a aplicação dos bioestimulantes (Figuras 6a, b e c).

Figura 6 – Aplicação do CLE (a, b, e c) e aplicação dos bioestimulantes (d) no campo de grama cv. Esmeralda



A aplicação do *Azospirillum brasilense* ocorreu por meio de um inoculante líquido comercial (Biomax® Azum) que apresenta 3×10^8 UFC mL⁻¹ (unidade formadoras de colônia por mL). A aplicação se deu em dois períodos, na brotação e após sete meses da primeira aplicação (18 de setembro de 2021, terminando período de inverno e iniciando a primavera); na dosagem 400 mL⁻¹ do inoculante líquido de cada aplicação (Figura 6d). Para a aplicação do *Ascophyllum nodosum*, foi utilizado o extrato líquido, produto comercial Acadian®. Foram realizadas quatro aplicações de 1,0 L ha⁻¹ do extrato, totalizando 4,0 L ha⁻¹; sendo que, a primeira e a terceira aplicação foram realizadas no mesmo momento da aplicação do *Azospirillum brasilense*, e para segunda e quarta foi realizada em um intervalo de 30

a 40 dias na primeira e terceira, respectivamente (Tabela 3). As aplicações do inoculante e do extrato foi por meio de uma barra de pulverização com o bico tipo leque, acoplada um cilindro de CO₂, utilizando um volume de calda de 400 L ha⁻¹.

Essas dosagens tanto para o inoculante quanto para o extrato, foram de acordo com as recomendações dos fabricantes. Já em relação as datas, buscou se aplicar na brotação para fornecer um arranque inicial da grama e nas últimas aplicações, buscou alinhar o período de pleno crescimento da grama (primavera e verão).

Tabela 3 - Data de aplicação do biestimulantes durante o período do primeiro ciclo da cultura da grama cv. Esmeralda

Bioestimulante	Data de aplicação			
	Primeira aplicação: Brotação (Verão)		Segunda aplicação: Após 7 meses (Primavera)	
<i>Azospirillum brasiliense</i>	10/02/2021		18/09/2021	
<i>Ascophyllum nodosum</i>	10/02/2021	22/03/2021	18/09/2021	23/10/2021

Exceto no tratamento controle, todos os tratamentos receberam complementação de N, P e K, por meio de fertilizante mineral. A complementação foi conforme o conteúdo total desses nutrientes no CLE (Tabela 4). Ou seja, a quantidade aplicada de N, P (P₂O₅) e K (K₂O) foi da diferença da dose total do adubo mineral com a concentração total de nitrogênio, fósforo e potássio das doses de CLE.

Tabela 4 - Quantidade aplicada de matéria seca do CLE, concentração de Nitrogênio, Fósforo e Potássio nas doses aplicadas e contribuição do CLE na adubação total no primeiro ciclo da cultura da grama cv. Esmeralda

Dose CLE (base úmida, 40%)	Dose CLE (base seca)	Nutrientes total contidos no CLE (kg ha ⁻¹)			Contribuição do CLE em relação a adubação mineral convencional (%)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2,5 t ha ⁻¹	1,5 t ha ⁻¹	23,9	34,8	16,3	5,4	43,5	6,3
5,0 t ha ⁻¹	3,0 t ha ⁻¹	47,7	69,6	32,7	10,8	87,0	12,6
7,5 t ha ⁻¹	4,5 t ha ⁻¹	71,6	104,4	49,0	16,3	130	18,8
10 t ha ⁻¹	6,0 t ha ⁻¹	95,4	139,2	65,4	21,7	174	25,1

A quantidade de adubo mineral aplicado durante todo o primeiro ciclo da grama Esmeralda para o tratamento sem aplicação de CLE foi de 440 kg ha⁻¹ de N (nitrato de amônio), 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Superfosfato triplo) e 260 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Desse modo, com o aumento das doses de CLE reduzia a quantidade fertilizante mineral para manter entre os tratamentos a mesma quantidade de N, P e K (Tabela 5). A quantidade total de fertilizante foi baseada na necessidade nutricional pela necessidade da cultura. Verificou-se baixa precipitação pluviométrica, dessa maneira, houve menor absorção de nutrientes pelas plantas e, portanto, ocorreu uma necessidade maior de aplicação de nitrogênio e potássio para o seu fechamento, sendo que, inicialmente as doses totais estabelecidas para obter um tapete de qualidade foram de: 350 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O (Godoy *et al.*, 2012), sendo aplicado 440 kg de N, 80 kg de P₂O₅ e 260 kg de K₂O no primeiro ciclo da grama.

Tabela 5 - Quantidade total de adubo mineral (NPK) em função das doses de CLE aplicados durante todo o primeiro ciclo da cultura da grama cv. Esmeralda

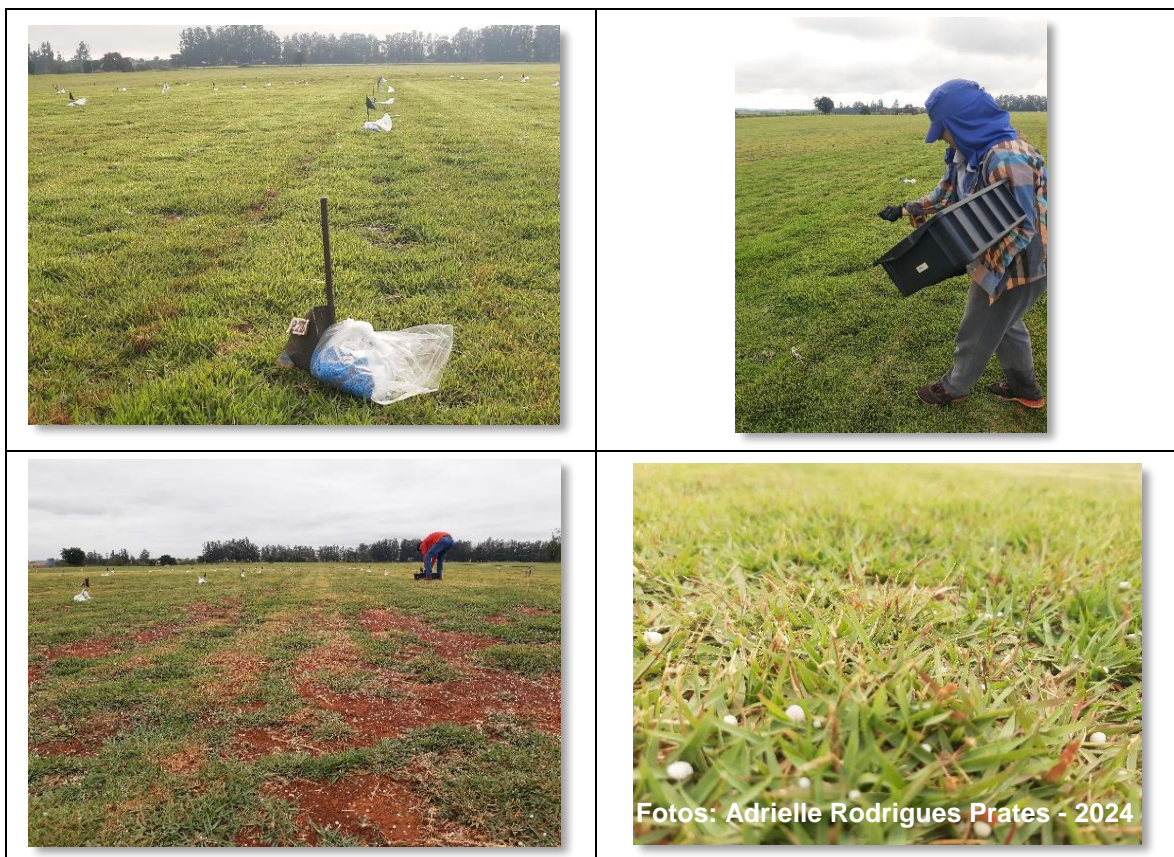
Dose (base úmida, 40%)	CLE	Nutrientes total (kg ha ⁻¹)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0 t ha ⁻¹		440,0	80,0	260,0
2,5 t ha ⁻¹		416,1	45,2	243,7
5,0 t ha ⁻¹		392,3	10,4	227,3
7,5 t ha ⁻¹		368,4	0,0	211,0
10 t ha ⁻¹		344,4	0,0	194,6

A aplicação de fósforo na forma de P₂O₅ foi realizada totalmente no início do estudo (26 de fevereiro de 2021), no mesmo período foi aplicado 26,36 % da dose total de N e 25,38% da dose total de K₂O. Dessa maneira, para o melhor aproveitamento da cultura o N e K deve ser aplicado parceladamente (Tabela 6). A aplicação dos fertilizantes foi realizada manualmente da superfície do solo (Figura 7).

Tabela 6 - Período de aplicação e quantidade em porcentagem de N e K durante todo o primeiro ciclo da cultura da grama cv. Esmeralda

Data da aplicação	Quantidade aplicada de NPK (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
26 de fevereiro de 2021	26,4	100,0	25,38
17 de abril de 2021	-----	-----	15,38
4 de setembro de 2021	19,3	-----	19,22
11 de novembro de 2021	24,0	-----	16,92
22 de janeiro de 2022	9,3	-----	----
1 de março de 2022	14,0	-----	23,10
7 de maio de 2022	7,0	-----	----

Figura 7 – Aplicação manual de NPK, durante o ciclo da cultura da grama cv. Esmeralda



Foi realizado o manejo fitossanitário da grama de acordo com a necessidade e as recomendações técnicas. A aplicação de água era realizada por meio de carretel com aspersor tipo canhão auto propelido, manejada pela fazenda de produção, apenas para manter a sobrevivência (“Irrigação de sobrevivência”) da grama nos períodos mais seco e após aplicação do adubo mineral, aplicado em média uma lâmina de 10mm.

3.5 Instalação e desenvolvimento do experimento do segundo ciclo (2022-2023)

No dia 6 de agosto de 2023, deu início ao segundo ciclo do estudo, com a aplicação novamente dos tratamentos. Assim como no primeiro ciclo do estudo, logo a após aplicação dos bioestimulantes (das primeiras aplicações), foi aplicado integralmente a quantidade do CLE, de forma manual na superfície do solo sobre a área total das parcelas. As aplicações dos bioestimulantes também se dividiram em dois momentos, sendo estes na brotação e após sete meses da primeira aplicação

(Tabela 7), sendo 4 aplicações totais para o extrato de algas e duas aplicações para a bactéria. Em relação a adubação mineral, a complementação de N, P e K, também foi de acordo com o conteúdo total desses nutrientes no CLE (Tabela 8).

Tabela 7 - Data de aplicação do bioestimulantes durante o período do segundo ciclo da cultura da grama cv. Esmeralda

Bioestimulante	Data de aplicação			
	Primeira aplicação: Brotação (Inverno)		Segunda aplicação: Após 7 meses (Verão)	
<i>Azospirillum brasiliense</i>	06/08/2022		07/03/2023	
<i>Ascophyllum nodosum</i>	06/08/2022	08/09/2022	07/03/2023	07/04/2023

Tabela 8 - Quantidade aplicada de matéria seca do CLE e concentração de N, P e K nas doses aplicadas e contribuição do CLE na adubação total no segundo ciclo da cultura da grama cv. Esmeralda

Dose CLE (base úmida, 39,2%)	Dose CLE (base seca)	Nutrientes total contidos no CLE (kg ha ⁻¹)			Contribuição do CLE em relação a adubação mineral convencional (%)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2,5 t ha ⁻¹	1,5 t ha ⁻¹	21,7	42,3	17,5	7,2	42,3	8,6
5,0 t ha ⁻¹	3,0 t ha ⁻¹	42,3	84,5	34,9	14,1	84,5	17,4
7,5 t ha ⁻¹	4,6 t ha ⁻¹	63,4	126,8	52,4	21,1	126,8	26,2
10 t ha ⁻¹	6,1 t ha ⁻¹	84,5	169,0	69,9	28,2	169,0	35,0

Para o segundo ciclo a quantidade aplicado de fertilizantes mineral foi menor em relação ao primeiro. Foi aplicado 300 kg ha⁻¹ de N, diferentemente do primeiro estudo, foi utilizado a ureia como fonte de N. Essa mudança se deve a dificuldade de encontrar nitrato de amônio, por causa da crise dos fertilizantes que ocorreu em 2021 e 2022. Ademais, foi aplicado 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Super fosfato triplo) e 200 kg ha⁻¹ de K₂O (Cloreto de potássio) para o tratamento sem aplicação de CLE (Tabela 9), sendo essas quantidades parceladas ao longo do ciclo (tabela 10).

Devido o ano de 2022 ter apresentado quantidade maiores de precipitações pluviais, houve uma necessidade menor de aplicar fertilizante mineral, pois ocorreu um melhor e maior aproveitamento dos nutrientes pela grama.

Tabela 9 - Quantidade total de adubo mineral (NPK) em função das doses de CLE aplicados durante todo o segundo ciclo da cultura da grama cv. Esmeralda

Dose CLE (base úmida, 40%)	Nutrientes total (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0 t ha ⁻¹	300,0	100,0	200,0
2,5 t ha ⁻¹	278,3	57,7	182,5
5,0 t ha ⁻¹	257,4	15,5	165,0
7,5 t ha ⁻¹	236,6	0,0	147,6
10 t ha ⁻¹	215,5	0,0	130,1

Tabela 10 - Parcelamento e período de aplicação de N e K durante todo o segundo ciclo da cultura da grama cv. Esmeralda

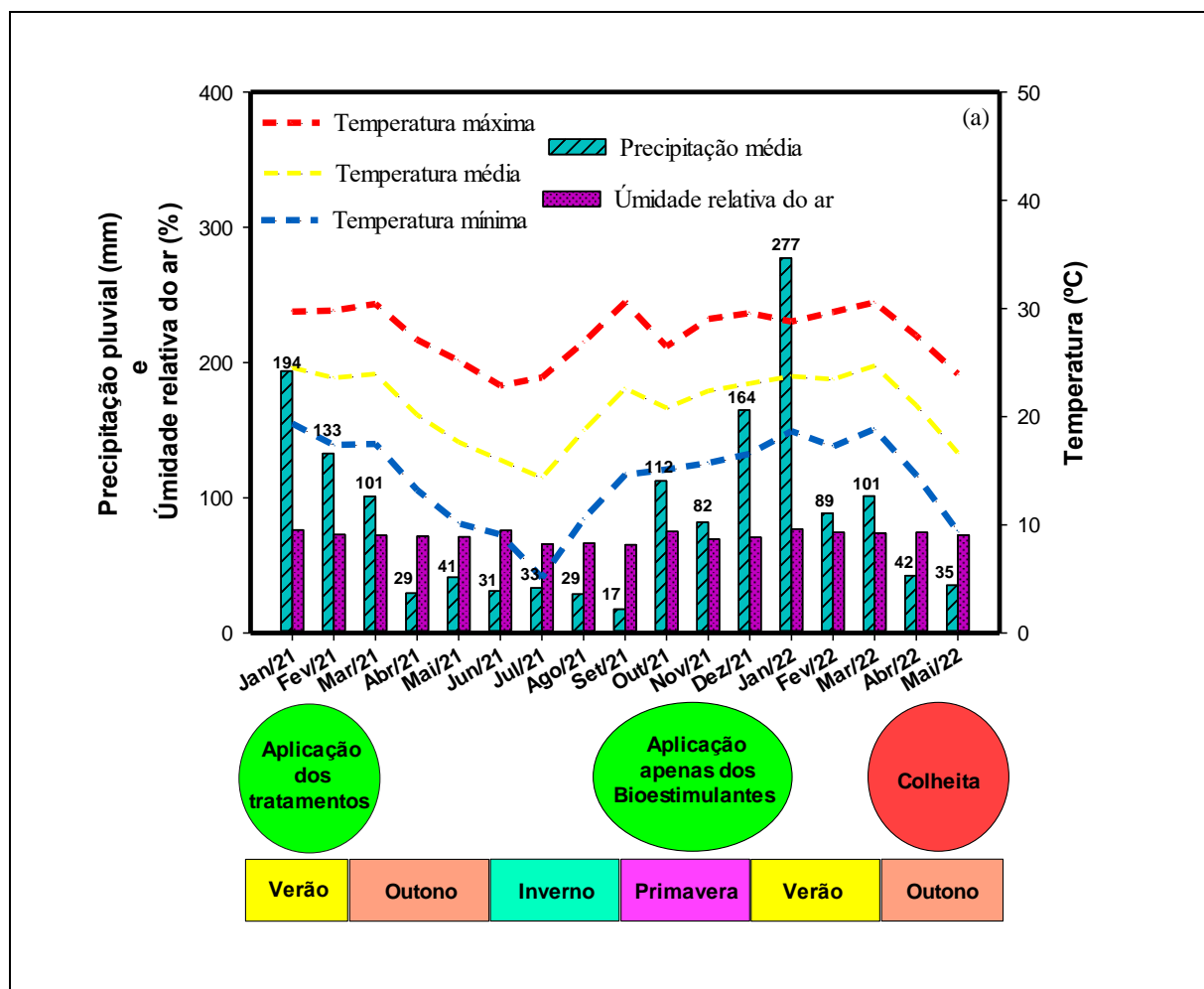
Data da aplicação	Quantidade aplicada de NPK (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
23 de setembro de 2022	50,0	100,0	25,0
11 de novembro de 2022	33,3	-----	30,0
21 de dezembro de 2022	25,0	-----	25,0
06 de fevereiro de 2023	16,7	-----	20,0
18 de abril de 2023	8,3	-----	----

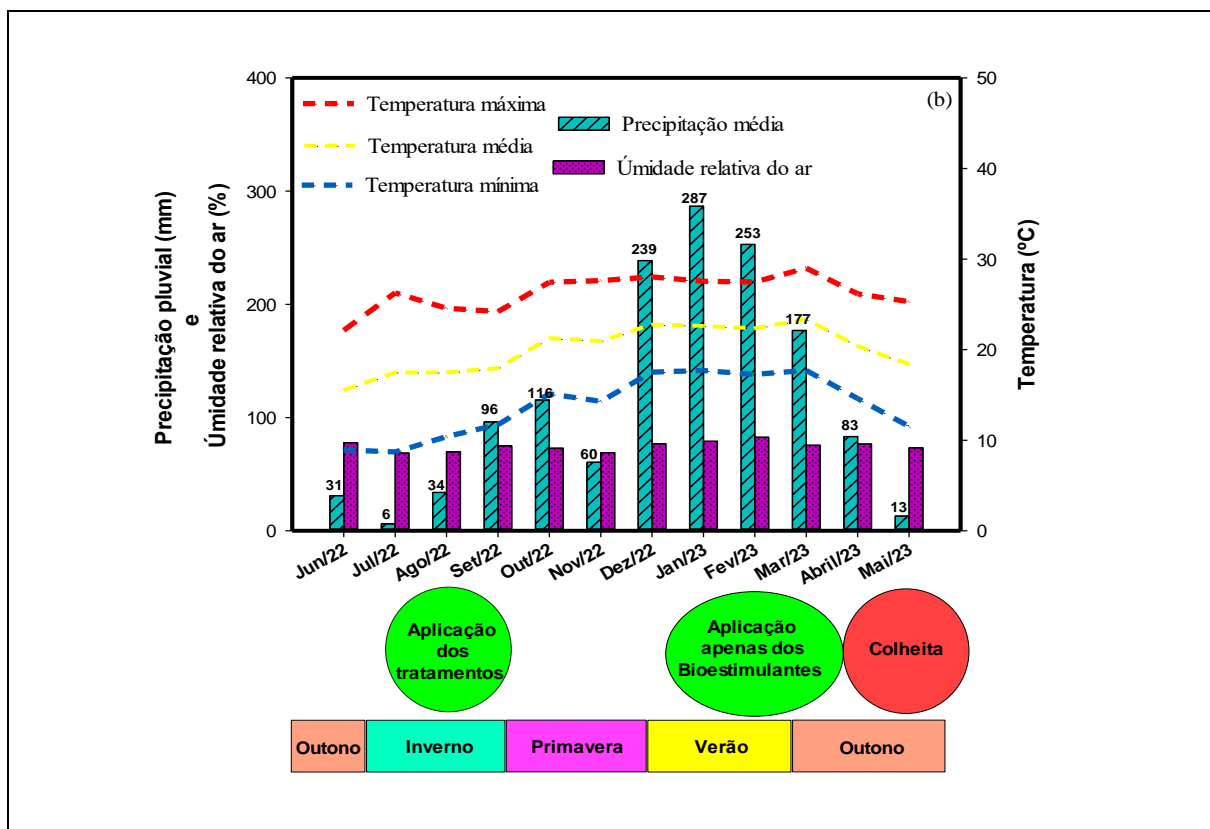
3.6 Informações climáticas do primeiro e segundo ciclo da grama

Os dados climáticos (temperaturas média, máxima e mínima, precipitação pluviais foram registrados durante todo o ciclo da cultura, no momento do corte do tapete anterior até o corte da grama do estudo em questão (Figura 9), dados coletados por meio do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas (CIIAGRO, 2024). O total de precipitação dos dois ciclos foram de 1.187 mm no primeiro ciclo (15 meses)

e 1358 mm no segundo ciclo (10 meses), sendo que no primeiro ciclo houve maior distribuição irregular das chuvas em relação ao segundo ciclo.

Figura 9 – Precipitação pluvial, umidade relativa do ar, temperaturas média, máxima e mínima obtidas durante o primeiro (a) e segundo ciclo da grama cv. Esmeralda (b)





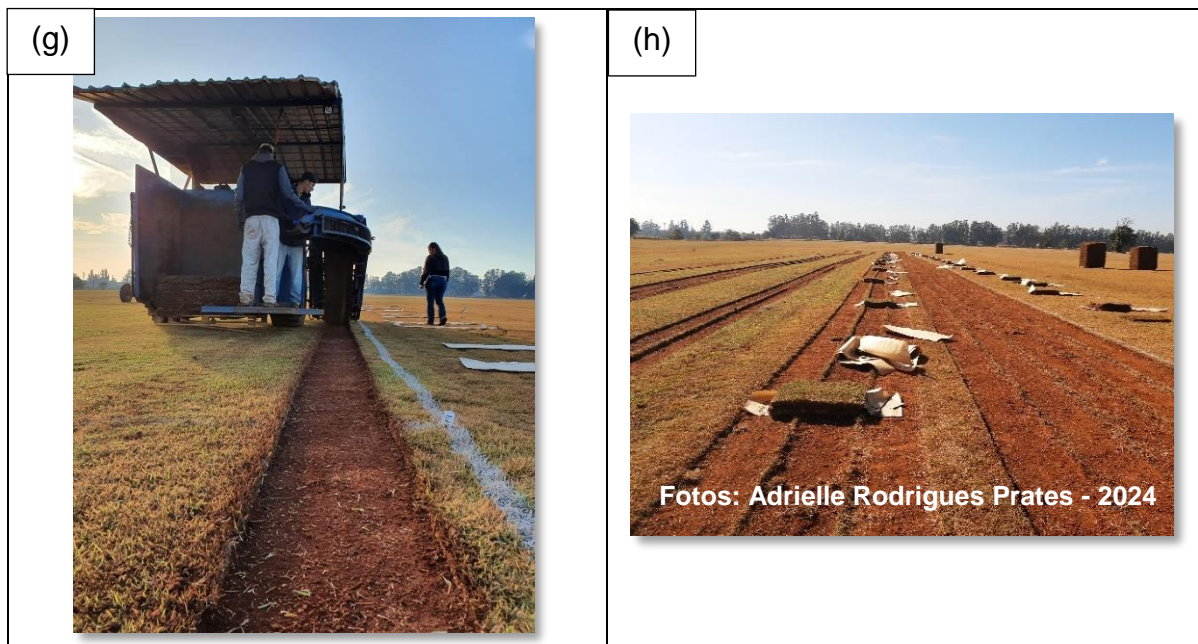
3.7 Colheita dos tapetes de grama nos dois ciclos estudados

A colheita dos tapetes do primeiro ciclo da cultura foi realizada no dia 27 de maio de 2022 (15 meses após a primeira aplicação dos tratamentos) e no segundo ciclo foi realizada no dia 19 de maio de 2023 (9 meses após a primeira aplicação dos tratamentos) (Figura 8). No dia anterior a realização da colheita foi aplicada uma lâmina de 10 mm de água, por intermédio de um caminhão pipa, com o objetivo de aumentar a umidade do solo e favorecer a compactação realizada pelo rolo compactador (Figura 8d, e); prática que favorece a colheita mecanizada. (Figura 8f, g, h). No dia da colheita foram realizados quatro passadas do rolo compactador, de dimensões 1,50 m x 1,20 m e 5.000 Kg, que foi tracionado por um trator Case IH, modelo Farmall 80, a uma velocidade de trabalho de aproximadamente 6,0 Km h⁻¹ na primeira marcha reduzida. A colheita foi realizada com o auxílio de uma colhedora mecânica, acoplada ao trator. A colhedora foi regulada para que tapetes de grama fossem colhidos com dimensões comerciais de 0,40 m de largura por 0,625 m de comprimento, com espessura de 0,03 m. Para facilitar a colheita dos tapetes na posição correta, todas as parcelas foram pintadas com tinta branca (Forth

Gramados Tintas) da Forth Jardim, que são utilizados em campos esportivos (Figuras 8a, b, c). Depois os tapetes acondicionados em palhetes foram levados ao Departamento de Ciência florestal, Solos e Ambiente da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da Unesp, campus de Botucatu, SP, por meio de um caminhão para realização das análises.

Figura 8 – Demarcação da área para a colheita (a, b, c), passada do rolo compactador (d, e), colheita dos tapetes de grama do primeiro ciclo e segundo ciclo grama cv. Esmeralda (f, g, h)



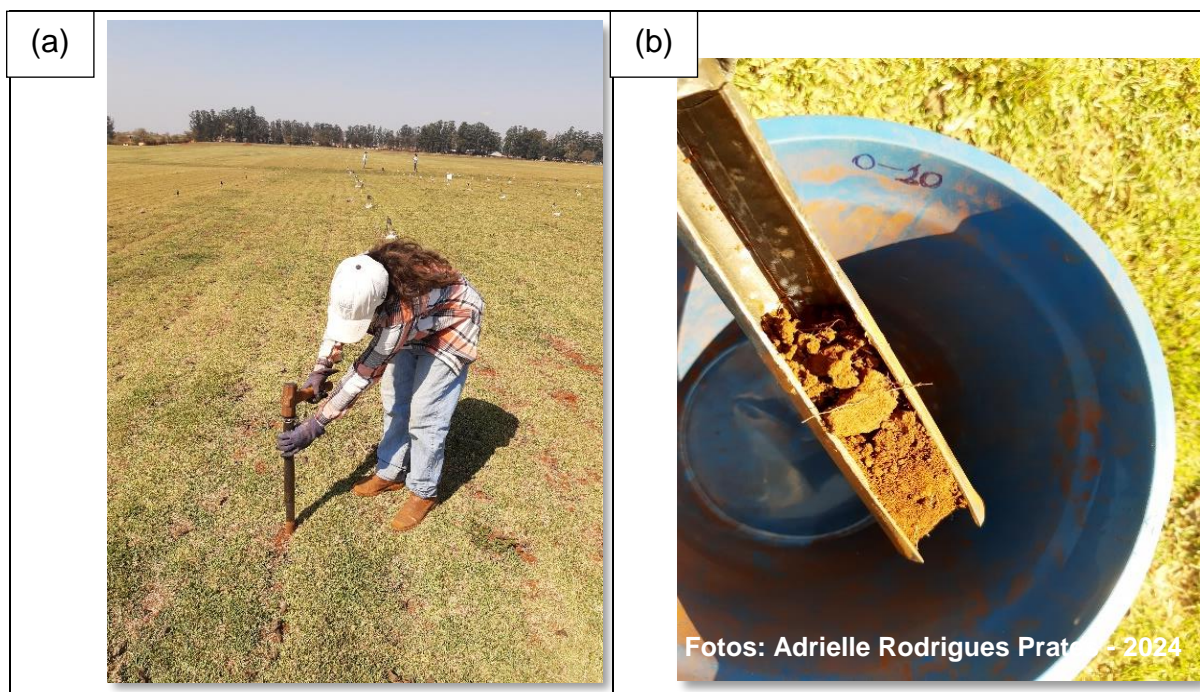


3.8 Parâmetros avaliados no experimento

3.8.1 Solo: Determinação dos atributos químicos do solo

Os atributos químicos do solo foram determinados por meio da coleta de amostras de solo provenientes da camada 0,0 - 0,10 m, que foram coletadas em dois períodos: A primeira coleta foi realizada seis meses após aplicação dos tratamentos (antes da segunda aplicação do *Azospirillum brasilense*, e antes terceira e quarta aplicação do *Ascophyllum nodosum*) e a segunda coleta foi realizada ao final do ciclo (após a colheita dos tapetes), foram coletadas três amostras simples para formar uma composta, por meio de um trado tipo sonda (Figuras 10a, b). Sendo, os atributos químicos determinados conforme os protocolos analíticos descritos em Raij et al. (2001): Matéria orgânica, pH, $H^+ + Al^{+3}$, CTC, V, P, K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} . Aos teores disponíveis de Cu, Fe, Mn e Zn no solo foram obtidos por meio do extrator químico DTPA em pH 7,3 (Abreu et al., 2001a) e o teor de B no solo foi avaliado por extração com cloreto de bário (Abreu et al., 2001b).

Figura 10 – Amostragem do solo para análise química (a, b) das parcelas experimentais

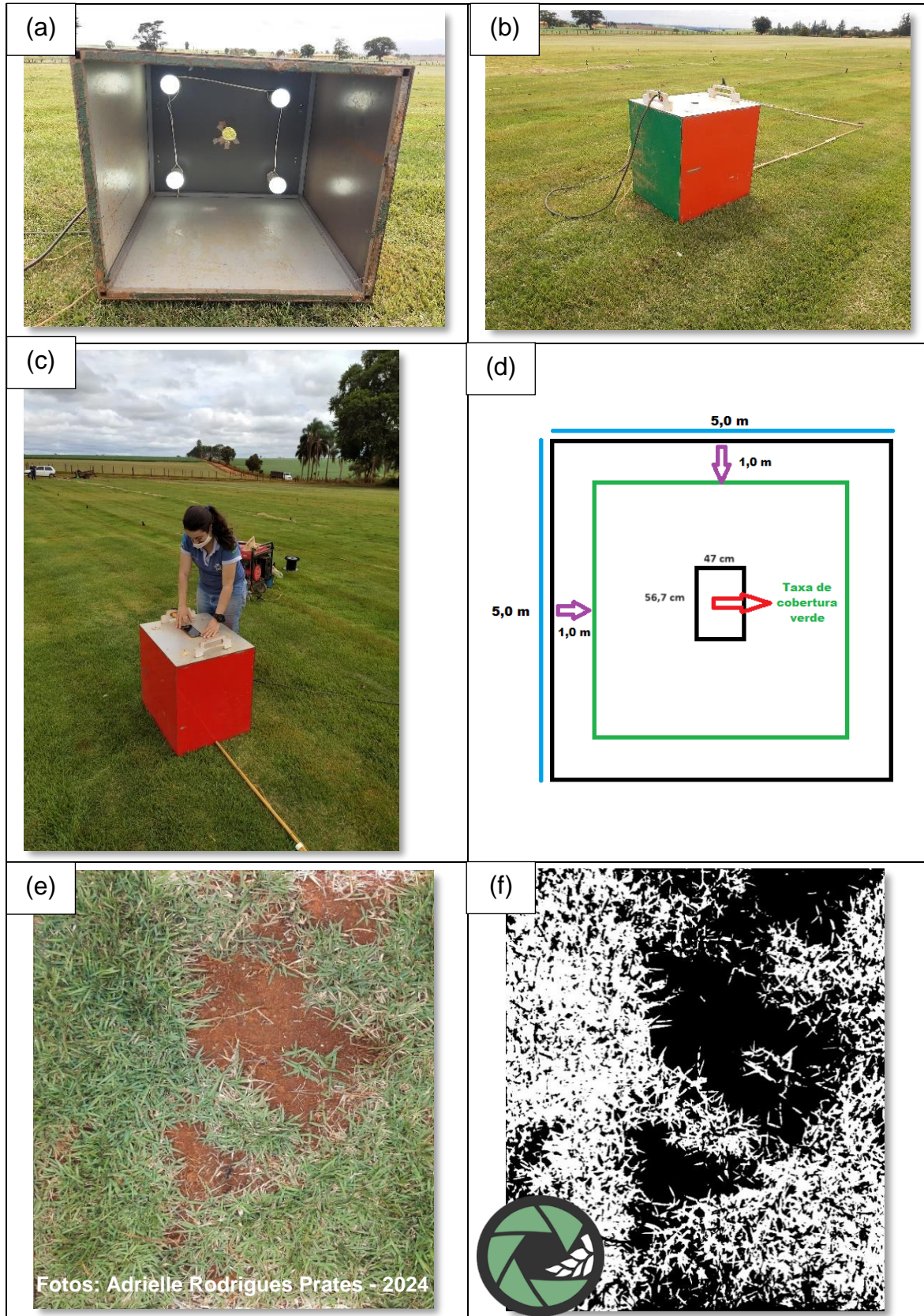


3.8.2 Planta

3.8.2.1 Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Taxa de cobertura verde no solo

A avaliação da taxa de cobertura verde do solo foi realizada mensalmente, após aplicação dos tratamentos (no intervalo entre 28 ou 35 dias após aplicação dos tratamentos e entre uma leitura e outra). Foi determinada por meio de imagem digital, em que são tiradas fotografias, com uma câmera de celular com resolução de 12 MP, fixado em uma estrutura denominada "light box", (Peterson; Arnold; Bremer, 2011) (Figuras 11a, b, c), posicionada no mesmo local dentro da área útil (Figuras 11d), por uma régua que auxiliava a posicionar a caixa no lugar. As imagens coletas foram submetidas a análise com auxílio do software Canopeo para definir a taxa de cobertura do verde do solo (Figura 11 e, f).

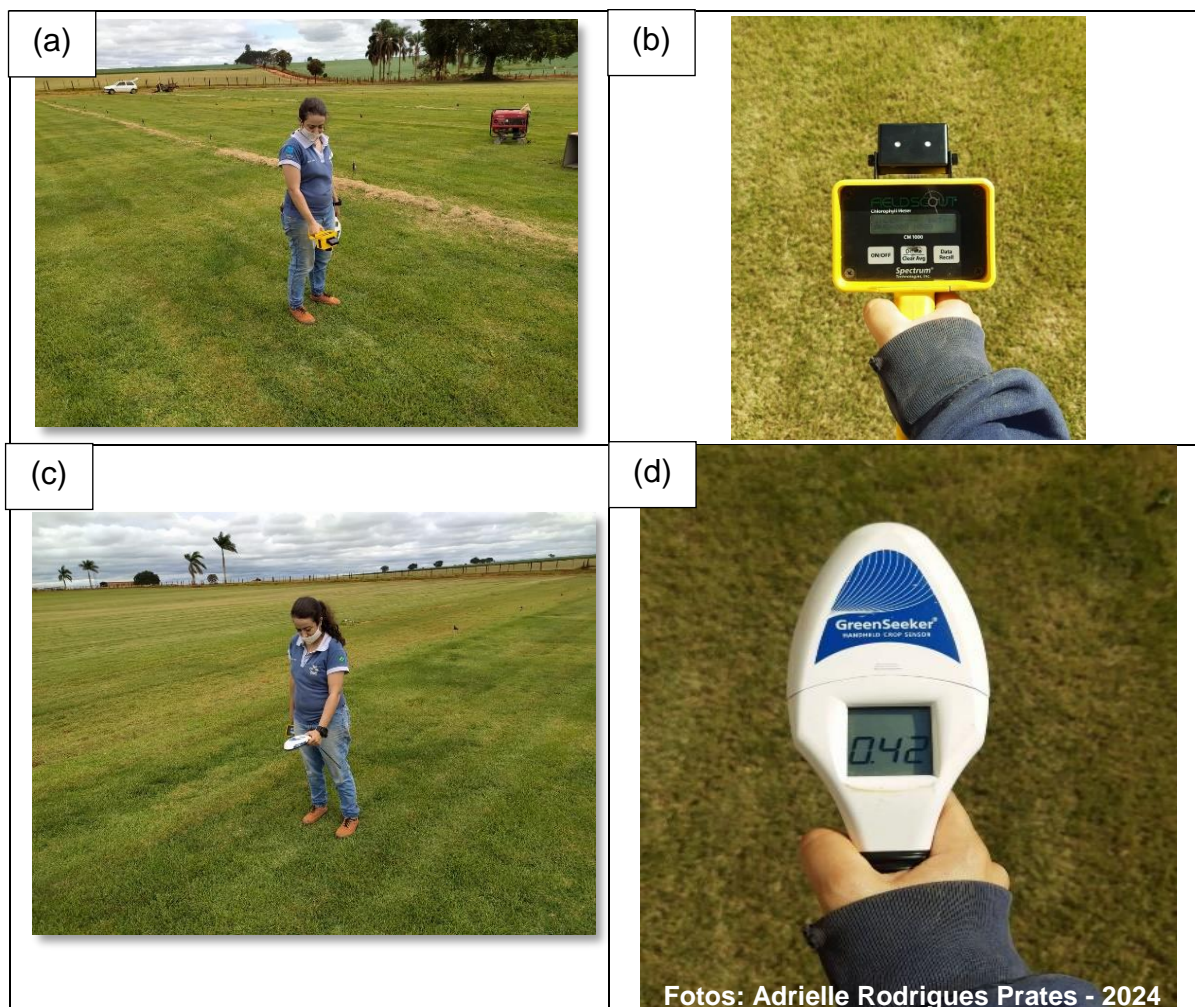
Figura 11 – Detalhe da câmara “light box” (a), posição da câmara “light box” (b, d) e obtenção da imagem com celular (c), detalhe da imagem capturada e tratada no software (e, f) nas parcelas experimentais



3.8.2.2 Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Intensidade de cor verde da folha e índice de vegetação da diferença normalizada

A determinação da intensidade de cor verde da folha (ICV) foi utilizado com o auxílio do equipamento Field Scout CM-1000. Em que foram realizadas cinco leituras paralelamente à superfície do gramado em cada parcela, na altura de 1,0 m, aleatoriamente na área útil (Figuras 12a, b). E no mesmo período também foi determinado a avaliação de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) pelo aparelho portátil GreenSeeker, também com cinco leituras aleatoriamente na parcela útil (Figuras 12c, d). As leituras de IVC e NDVI foram realizadas no mesmo período da determinação da taxa de cobertura verde, ressalta-se que, na fase inicial de formação do gramado tomou-se o cuidado para fazer as leituras apenas nos locais aonde a grama já havia sido formada, além disso, a realização das leituras foram feitas do período da manhã, entre as 8h até 10h.

Figura 12 – Determinação do IVC (a, b) e NDVI (c, d) nas parcelas experimentais



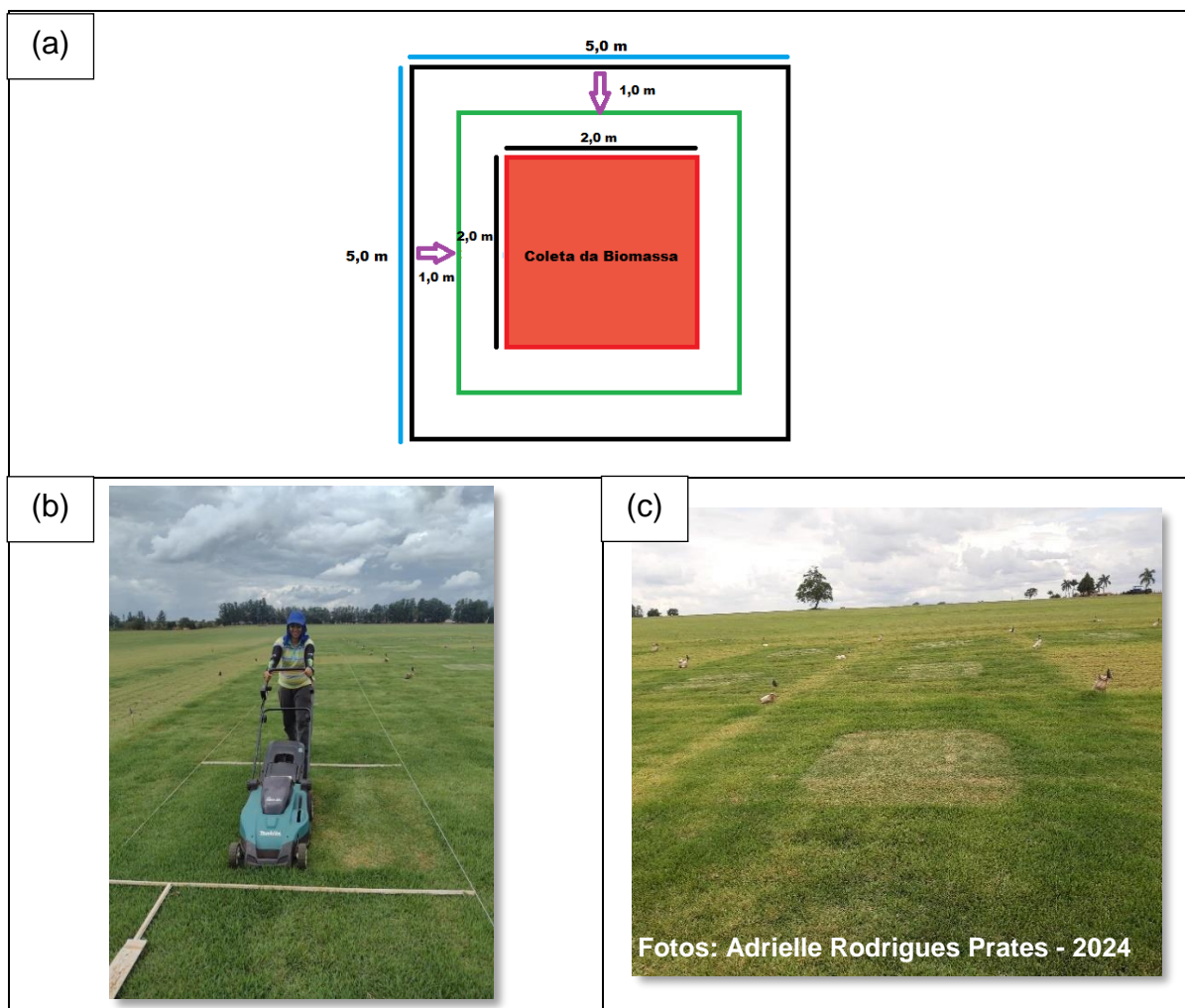
3.8.2.3 Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Massa seca total e acúmulo de nutrientes das aparas

A determinação do acúmulo de matéria seca total produzida pela grama, ocorreu respeitando o ciclo de roçadas da produção. A biomassa foi coletada com auxílio do cortador de grama a bateria DLM432Z (marca Makita), com lâmina rotativa tipo normal, em uma área de 4,0 m² (dentro na área útil) (Figuras 13 a), e na altura de 2,0 cm (Figuras 13b, c). Posteriormente as parcelas foram roçadas por uma roçadora rotativa acoplada ao trator.

Durante o primeiro ciclo foram realizadas dez coletas (10 roçadas) no período de: 24/05/2021; 7/08/2021; 13/11/2021; 04/12/2021; 20/12/2021; 19/01/2022; 09/02/2023; 23/02/2022; 16/03/2023 e 07/04/2023. Em relação ao segundo ciclo

foram realizadas cinco coletas no período de: 02/12/2022; 06/01/2023; 24/01/2023; 24/02/2023 e 28/03/2023.

Figura 13 – Área coletada da biomassa produzida (a), coleta da biomassa produzidas nas parcelas experimentais (b, c)



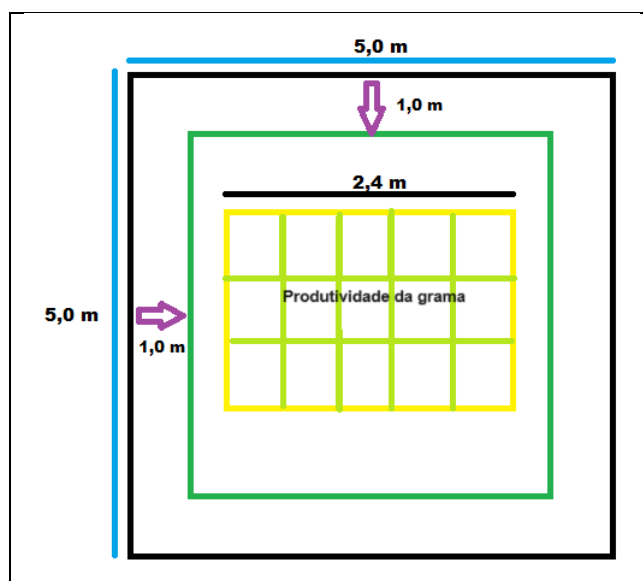
O material vegetal coletado foi lavado e em seguida acondicionados em sacos de papel e identificados; secas em estufa de circulação e renovação de ar forçada por 72 h na temperatura de 65°C. Posteriormente a secagem o material foi aferido para obtenção da matéria seca e moído. Do material moído das aparas, foi retirado a 50 g de cada período coletado e posteriormente foi misturado para determinar a média dos teores de nutrientes exportado pela grama (Malavolta *et al.*, 1997). O acúmulo de nutrientes foi determinado a partir do cálculo da matéria seca total e

multiplicado pelos teores de nutrientes e convertidos para kg ha^{-1} (macronutrientes) e g ha^{-1} (micronutrientes).

3.8.2.4 Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Produtividade da grama, espessura e resistência dos tapetes de grama ao rompimento

A produtividade da grama foi avaliada durante a colheita. Nesse momento, quando os tapetes de grama eram colhidos pela colhedora, foi feita uma contagem de 18 tapetes dentro da área útil (Figura 14), contabilizando quantos tapetes viáveis (inteiros) foram obtidos. Em seguida, essa quantidade foi convertida em porcentagem.

Figura 14 – Localização dentro da parcela experimentais onde foi realizado a produtividade da grama cv. Esmeralda



Após a colheita dos tapetes no campo, três tapetes por parcela foram levados ao Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Unesp, no câmpus de Botucatu, SP, para avaliações. Primeiramente, os três tapetes foram selecionados para a avaliação da espessura, utilizando um paquímetro digital (Figura 15a). Em seguida, foram submetidos à avaliação da resistência ao rompimento. Essa avaliação consiste em fixar o tapete nas extremidades superiores por um conjunto deslizante e, através de uma manivela, ocorre o deslocamento vertical até que o

tapete se rompa em duas partes. Com o rompimento da grama houve o registro da força em N (Kgf) de tração com o auxílio do dinamômetro (Figura 15b), conforme a metodologia descrita por Santos *et al.* (2010).

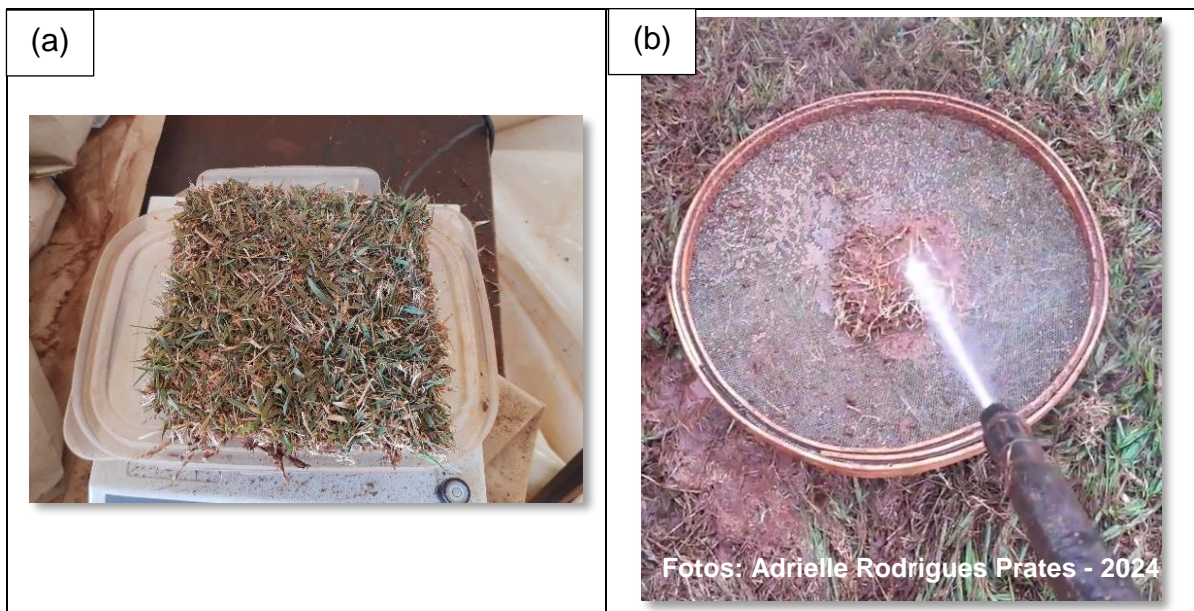
Figura 15 – Avaliação da espessura (a) e resistência (b, c) do tapete de grama cv. Esmeralda colhido



3.8.2.5 Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Massa do tapete inteiro, biomassa seca e acúmulo de macro e micronutrientes nas partes da grama (folhas + caules, rizomas + estolões e raízes)

Para a determinar a massa do tapete inteiro, os três tapetes por parcela foram pesados em uma balança digital, antes mesmo de submeter a análise de resistência. Para a determinação da biomassa, os mesmos foram retirados uma placa de dimensão 15 cm x 15 cm por tapete e lavados para retirada do solo aderido (Figuras 16a, b). Após a retirada do solo os materiais vegetais foram separados em partes vegetais: folhas + caules, rizomas + estolões e raízes. Cada parte foi lavada em água deionizada e secas a uma temperatura de 65°C por 72 h. O material seco foi pesado para determinação da matéria seca, valores convertidos para kg ha⁻¹. Posteriormente foram determinados os teores de macro e micronutrientes de acordo com a metodologia de Malavolta *et al.* (1997). Desse modo, o acúmulo de nutrientes foi obtido por meio da multiplicação entre a biomassa seca pela concentração de nutriente de cada parte (folhas + caules e rizomas + estolões) da grama.

Figura 16 – Preparação das amostras para avaliação da biomassa e acúmulo de nutrientes dos tapetes de grama cv. Esmeralda (a, b)



3.8.2.6 Aspecto visual, crescimento e qualidade final do tapete: Análise dos atributos químicos da camada de solo do tapete colhido

O solo aderido ao sistema radicular da grama foi coletado das placas antes que as mesmas fossem submetidas a lavagem. Em seguida o solo foi colocado para secar ao ar, no intuito de determinar os atributos químicos: M.O., pH, $H^+ + Al^{+3}$, Al^{+3} , CTC, V, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn (Abreu *et al.*, 2001a; Abreu *et al.*, 2001b; Raji *et al.*, 2001). De modo, a avaliar o quanto de nutrientes na camada superficial do solo que foram retirados juntamente com o tapete até o destino final.

3.9 Análises estatísticas

A análise estatística foi realizada por meio do programa RStudio (v. 4.0.3; RStudio Desktop, Boston, MA, USA) (Rstudio Team, 2016). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo aplicado o teste de Tukey ($P \leq 0,05$) e regressão polinomial para as interações quando o teste F for significativo. Para o efeito da aplicação dos bioestimulantes também foi realizado o teste de Tukey ($P \leq 0,05$), entretanto, nos casos que somente obteve efeito de doses os resultados foram submetidos ao teste de Tukey ($P \leq 0,05$) e regressão polinomial. Ainda, por meio do teste de Dunnett ($P \leq 0,05$), foram verificadas as diferenças entre as doses de CLE dentro cada aplicação de bioestimulantes em relação ao tratamento controle.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os resultados apresentados a seguir, foi seguida uma sequência de análises. Primeiramente, verificou-se a interação entre as doses de CLE e a aplicação de bioestimulantes. Se as interações foram significativas, procedeu-se com a análise de regressão, que estão apresentadas nos apêndices e desdobramento pelo teste de Tukey (nas tabelas). Em seguida, examinou-se se houve efeito das doses dentro do fator dos bioestimulantes. Posteriormente, foi realizada a comparação entre o tratamento controle e os demais tratamentos. Por fim, para as interações não significativas entre o CLE e os bioestimulantes, verificou-se se houve efeito das doses independentemente da aplicação dos bioestimulantes, apresentada por meio das figuras, exceto das variáveis de produtividade e qualidade do tapete que foi feito as figuras para o teste de regressão quando houve interação significativas.

4.1 Atributos químicos do solo

4.1.1 Atributos químicos do solo após seis meses da aplicação CLE do primeiro e segundo ciclo da grama

Verificou-se interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes para pH, H+Al, V, P, Ca e S-SO₄, no primeiro ciclo da grama e após seis meses da primeira aplicação dos tratamentos (Tabela 11). No segundo ciclo do estudo, houve uma quantidade maior de interação entre os atributos químicos, sendo estes: M.O., H+Al, V, CTC, K, Mg e S-SO₄ (Tabela 12).

A aplicação do CLE melhorou a qualidade química do solo no primeiro ciclo da grama, observando-se o aumento das doses de CLE sem aplicação de bioestimulantes e com a aplicação dos bioestimulantes, houve um acréscimo linear para V% e uma diminuição da acidez potencial (Apêndice A). Uma das questões que podem contribuir com a diminuição da acidez do solo mediante a aplicação do CLE pode estar associada ao processo de compostagem (Prates, 2022). Nesse método, o composto, ainda em sua fase de processamento, tem a aplicação de calcário e gesso agrícola com proporções abaixo de 5,0 % da massa final do produto.

No segundo ciclo, esse comportamento assemelhou-se ao primeiro ciclo, com aumento linear do V% para o aumento das doses sem aplicação dos bioestimulantes e com aplicação do *A. brasilense* e decréscimo linear para a acidez potencial apenas com as doses de CLE. Entretanto, observou-se que com a aplicação do extrato, o aumento das doses de CLE reduziu o V%. Importante destacar também que o CLE introduzido no sistema não conseguiu aumentar a M.O, principalmente no segundo ciclo, onde constatou-se um decréscimo linear com o aumento das doses de CLE com a aplicação de extrato e sem aplicação de bioestimulantes. É de se esperar que não haja um aumento significativo na M.O., uma vez que a dose mais elevada de CLE, de 10 t ha⁻¹, resulta apenas em um acréscimo de 1,0% no solo.

Em relação aos macronutrientes, mesmo diminuindo a adubação potássica e fosfatada, os teores de P e K não diferenciaram entre as doses de CLE para os tratamentos sem e com aplicação dos bioestimulantes. Entretanto, para o primeiro ciclo, o teor de P sem aplicação dos bioestimulantes e com aplicação de extrato diminuiu significativamente com o aumento das doses de CLE, conseqüentemente diminuindo a adubação fosfatada; já para a aplicação com *A. brasilense*, não houve essa diminuição, o que pode indicar que a bactéria contribuiu para a solubilização do P.

Se utilizadas corretamente, essas bactérias são capazes de beneficiar as plantas por meio da incorporação de nitrogênio atmosférico no solo, via fixação biológica. Além disso, Vitto *et al.* (2022) observaram que se pode estimular a produção de fitormônios como auxinas, giberelinas e citocininas e solubilizar fósforo.

Ao analisar o fator bioestimulantes, independente das doses de CLE, sem aplicação dos bioestimulantes foi melhor na saturação por bases (V%) no primeiro estudo da grama (primeiro ciclo). No segundo ciclo, a aplicação dos bioestimulantes também melhorou a qualidade química do solo, diminuindo a acidez potencial e aumentando a saturação por bases.

De modo geral, os parâmetros mais afetados pelo o aumento das doses de CLE e diminuição dos adubos mineral convencional foram o pH, acidez potencial e V% no primeiro ciclo e acidez potencial e V% no segundo ciclo. O que pode estar relacionado que além do composto apresentar aditivos como calcário e gesso, os adubos nitrogenados aplicados em maiores quantidades para as menores doses de CLE, têm caráter ácido, que afeta acidez do solo.

Ao comparar o tratamento controle aos demais no primeiro ciclo da grama, destaca-se que a aplicação do *Azospirillum* e sem aplicação de bioestimulantes aumentou significativamente os teores de K e S em relação ao controle (Tabela 11). Esse comportamento manteve-se no segundo ciclo, com todos os tratamentos apresentando maiores disponibilidades de K (Tabela 12). Além disso, as maiores doses de CLE promoveram maiores disponibilidades de S no solo em relação ao controle. Dessa forma, apesar da aplicação do CLE e dos bioestimulantes melhorar a qualidade do solo nos seis primeiros meses de estudo nos dois ciclos em relação aos tratamentos com adubação mineral convencional total, não diferiu do tratamento controle, podendo estar relacionado a esse tratamento não ter havido crescimento da grama, portanto, não teve interação com a planta.

Tabela 11 – Atributos químicos do solo após seis meses de aplicação de CLE e bioestimulantes para o primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	M.O. (g dm ⁻³)			pH (CaCl ₂)			H + Al (mmolc dm ⁻³)			V (%)			CTC (mmolc dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		23			5,3			30			64			83	
0 t ha ⁻¹ de CLE	24	25	26	5,0aA	4,9bA α	5,1aA	37aA α	40aA α	33bB	56bB α	53dB α	62aA	86	85	90
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	24	23	24	5,3aA	4,9bAB α	5,1aA	31bcB	39aA α	33bB	64aA	55cdB α	62aA	87	87	88
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	25	25	23	5,1aA	5,0abA	4,9aA α	33abB	35bAB α	37aA α	63aA	59bcA	54bB α	93	87	82
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	24	25	23	5,1aA	5,3aa	5,0aA	34abA α	29cB	35abA α	60abB	66aA	60abB	88	87	89
10 t ha ⁻¹ de CLE	23	23	24	5,2aAB	5,3aA	5,0aA	29cB	27cB	32aA	66aA	65abA	59abB	86	81	81
Média	-	-	-	5,1A	5,1A	5,1A	-	-	-	62A	60AB	59b	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		0,91 ^{NS}			3,81 ^{**}			25,65 ^{**}			8,15 ^{**}			1,95 ^{NS}	
Bioestimulantes (B)		0,05 ^{NS}			2,73 ^{NS}			2,19 ^{NS}			3,85 [*]			1,27 ^{NS}	
(CLE) x (B)		0,56 ^{NS}			3,94 ^{**}			13,35 ^{**}			9,58 ^{**}			1,39 ^{NS}	
CV (%)		10,9			2,9			5,5			4,9			6,0	
Tratamento	P-resina (mg dm ⁻³)			K (mmolc dm ⁻³)			Ca (mmolc dm ⁻³)			Mg (mmolc dm ⁻³)			S-SO ₄ (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		32			2,6			38			11			15	
0 t ha ⁻¹ de CLE	26abA	33aA	22bA	3,9 α	3,9 α	3,8 α	35bAB	32bB	40aA	9	8	13	21aB	20aB	39aA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	25abB	29aB	54aA α	3,2	3,9 α	3,1	41abA	33bB	40aAB	11	10	11	22aA	33aA	22aA
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	39aA	28aA	26bA	3,3	3,7 α	2,5	44aA	38abAB	32bB	11	9	10	39aA α	26aA	26aA
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	17bA	23aA	21bA	2,8	3,8 α	2,7	39abA	42aA	39abA	11	11	11	32aA	25aA	23aA
10 t ha ⁻¹ de CLE	26abA	27aA	19bA	3,4	3,4	2,8	41abA	40abA	35abA	12	10	10	19aB	40aA α	23aAB
Média	-	-	-	3,3B	3,8A	3,0C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		3,98 ^{**}			7,68 ^{**}			1,85 ^{NS}			0,69 ^{NS}			0,34 ^{NS}	
Bioestimulantes (B)		0,14 ^{NS}			18,21 ^{**}			3,12 ^{NS}			1,58 ^{NS}			0,32 ^{NS}	
(CLE) x (B)		3,12 ^{**}			2,06 ^{NS}			4,05 ^{**}			1,57 ^{NS}			3,38 ^{**}	
CV (%)		37,9			11,7			10,8			17,9			38,0	

** , * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 12 – Atributos químicos do solo após seis meses de aplicação de CLE e bioestimulantes para o segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	M.O. (g dm ⁻³)			pH (CaCl ₂)			H + Al (mmol _c dm ⁻³)			V (%)			CTC (mmol _c dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		33			5,3			34			59			83	
0 t ha ⁻¹ de CLE	41aA α	37aAB	32bB	5,2	5,1	5,3	45aA α	41abA α	34aB	51abB α	55abB	61aA	89aA	91aA	86aA
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	37abA	37aA	38abA	5,1	5,1	5,2	42abcA α	39bcA	39aA	51abA α	54abA	57abA	86aA	86aA	91aA
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	40abA	36aA	39abA	5,1	5,1	5,1	44abA α	45aA α	35aB	50bB α	53bAB	57abA	89aB	98aA α	83aB
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	39abA	36aA	36abA	5,1	5,2	5,0	38bcA	37bcA	38aA	55abA	57abA	54abA	85aA	87aA	85aA
10 t ha ⁻¹ de CLE	34bA	35aA	40aA	5,2	5,3	5,0	36cA	35cA	39aA	57aAB	60aAB	53b	85aA	87aA	83aA
Média	-	-	-	-	-	-	41A	40A	37B	53B	56A	57A	87AB	88A	85B
Teste F															
Doses de CLE		0,63 ^{NS}			0,42 ^{NS}			4,82 ^{**}			1,86 ^{NS}			3,39 [*]	
Bioestimulantes (B)		2,12 ^{NS}			0,04 ^{NS}			8,45 ^{**}			7,35 ^{**}			5,42 ^{**}	
(CLE) x (B)		2,60 [*]			0,76 ^{NS}			5,40 ^{**}			3,88 ^{**}			3,29 ^{**}	
CV (%)		9,5			4,0			7,6			5,7			4,6	
Tratamento	P-resina (mg dm ⁻³)			K (mmol _c dm ⁻³)			Ca (mmol _c dm ⁻³)			Mg (mmol _c dm ⁻³)			S-SO ₄ (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		7			1,8			35			11,5			20	
0 t ha ⁻¹ de CLE	9	11 α	8	3,2aA α	3,4aA α	2,9aA α	33aA	36aA	38aA	9,0aB	10,7aAB	11,2aA	14cB	15cAB	20cA
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	8	8	7	3,2aA α	3,5aA α	3,4aA α	31aB	33aAB	37abA	9,7aA	10,0aA	11,2aA	20cA	25bA	25bcA
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	6	6	7	3,7aA α	3,4aAB α	2,9aB α	32aA	36aA	34abA	9,5aB	12,0aA	10,7aAB	34aA α	28abB α	25bcB
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	7	7	6	3,6aA α	3,0aB α	3,3aAB α	33aA	35aA	34abA	10,0aA	11,0aA	9,7aA	27bB α	34aA α	33aA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	7	8	7	3,3aA α	3,0aA α	3,5aA α	34aAB	37aA	31bB	11,0aAB	12,0aA	9,2aB	32abA α	31abA α	30abA α
Média	-	-	-	-	-	-	33B	36A	35AB	9,8B	11,1A	10,4AB	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		4,75 ^{**}			0,60 ^{NS}			0,95 ^{NS}			0,51 ^{NS}			48,07 ^{**}	
Bioestimulantes (B)		1,94 ^{NS}			2,15 ^{NS}			4,98 [*]			5,95 ^{**}			0,82 ^{NS}	
(CLE) x (B)		0,89 ^{NS}			3,09 ^{**}			2,09 ^{NS}			2,71 [*]			4,86 ^{**}	
CV (%)		25,2			10,3			8,5			11,3			12,5	

^{**}, ^{*} e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

A quantidade de P_2O_5 aplicada na adubação mineral convencional, embora tenha sido maior no segundo ciclo, resultou em teores mais baixos disponíveis no solo em comparação com o primeiro ciclo. Isso pode estar relacionado ao manejo de aplicação na área antes da instalação do experimento, quando as concentrações eram consideradas adequadas. Essa situação nos leva a reconsiderar as recomendações de adubação fosfatada para a cultura, como presentes no Boletim 100, e destaca a necessidade de mais estudos sobre o fornecimento de fósforo para a grama, já que o P disponível no solo foi exaurido na análise do segundo ciclo.

Nos micronutrientes, a interação entre as doses de CLE e a aplicação do bioestimulante ocorreu apenas para o teor de B no solo, nos dois ciclos da cultura (Tabelas 13 e 14). Dessa maneira, foi verificado apenas um decréscimo linear no teor de boro no primeiro ciclo (Apêndice A).

Sendo assim, após seis meses de estudo, os tratamentos não conseguiram contribuir para a disponibilidade dos micronutrientes no solo, principalmente o CLE que contém quantidades consideráveis desses elementos em sua composição. Portanto, contrariando os estudos de Prates *et al.* (2021 e 2022), com CLE aplicados na soja e milho, que elevaram principalmente os teores de B e Zn. O que pode estar relacionado à cultura da grama que, por apresentar um ciclo mais longo, tem uma absorção maior dos nutrientes.

Todavia, foi observado que o tratamento controle nos ciclos teve maiores teores de B em relação aos tratamentos; isso pode estar relacionado ao crescimento da grama, pois para o tratamento controle, a grama não teve uma taxa de crescimento adequada, conseqüentemente, a absorção desse nutriente foi menor pela planta.

Na comparação dos micronutrientes no solo do primeiro e segundo ciclo, houve diferença significativa de alguns tratamentos em relação ao controle para os teores de B e Mn no solo (Tabelas 9 e 10). No primeiro ano, os tratamentos significativos foram menores para o teor de B e maiores para o teor de Mn em relação ao controle. Todavia, no segundo ciclo da grama, a dose de $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ de CLE manteve o teor de B maior em relação ao controle, independentemente da aplicação de bioestimulante.

No primeiro ciclo os teores de Cu, Fe e Mn apresentaram teores altos no solo, em relação aos critérios apresentado por Boretto *et al.*, (2022). Já no segundo ciclo o teor de Cu foi para nível médio. Todavia, para o teor de B no primeiro ciclo

manteve o teor médio e no segundo ciclo o nível elevou para o alto para a maioria dos tratamentos com CLE. Os teores de Zn para os dois ciclos se mantiveram nível baixo, dessa forma, o CLE não conseguiu aumentar o teor no solo.

Tabela 13 – Teores de micronutrientes do solo após seis meses de aplicação de CLE e bioestimulantes para o primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (mg dm ⁻³)			Cu (mg dm ⁻³)			Fe (mg dm ⁻³)			Mn (mg dm ⁻³)			Zn (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		0,51			0,90			14			6,3			0,3	
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,52aA	0,41aB α	0,44bB	0,9	0,9	0,9	14	15	14	8,2	9,0	7,8	0,2	0,2	0,2
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,45abAB	0,40aB α	0,47abA	1,0	1,0	1,0	14	12	16	8,6	8,5	12,9 α	0,3	0,3	0,5
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,50abA	0,48aA	0,47abA	1,0	1,0	0,9	15	14	14	9,1	10,3 α	10,5 α	0,4	0,4	0,3
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,47abA	0,43aA α	0,48abA	1,0	0,9	1,0	15	14	15	10,0 α	9,6	8,8	0,3	0,4	0,2
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,42bB α	0,44aB	0,53aA	0,9	1,0	1,0	14	14	15	9,6	10,0 α	9,2	0,4	0,7 α	0,3
Média	0,47A	0,43B	0,48A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		1,41 ^{NS}			0,75 ^{NS}			0,18 ^{NS}			1,72 ^{NS}			5,43 ^{**}	
Bioestimulantes (B)		7,76 ^{**}			0,34 ^{NS}			1,72 ^{NS}			0,82 ^{NS}			2,05 ^{NS}	
(CLE) x (B)		3,61 ^{**}			0,41 ^{NS}			1,19 ^{NS}			2,12 ^{NS}			1,92 ^{NS}	
CV (%)		8,7			9,7			12,9			19,6			42,6	
<i>Limites de interpretação</i> ⁽¹⁾															
Baixo		< 0,20			< 0,3			< 5,0			< 1,5			< 0,6	
Médio		0,20 – 0,60			0,3 – 0,8			5,0 – 12,0			1,5 – 5,0			0,6 – 1,2	
Alto		> 0,60			> 0,8			> 12,0			> 5,0			> 1,2	

******, * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. ⁽¹⁾ Boaretto *et al.* (2022).

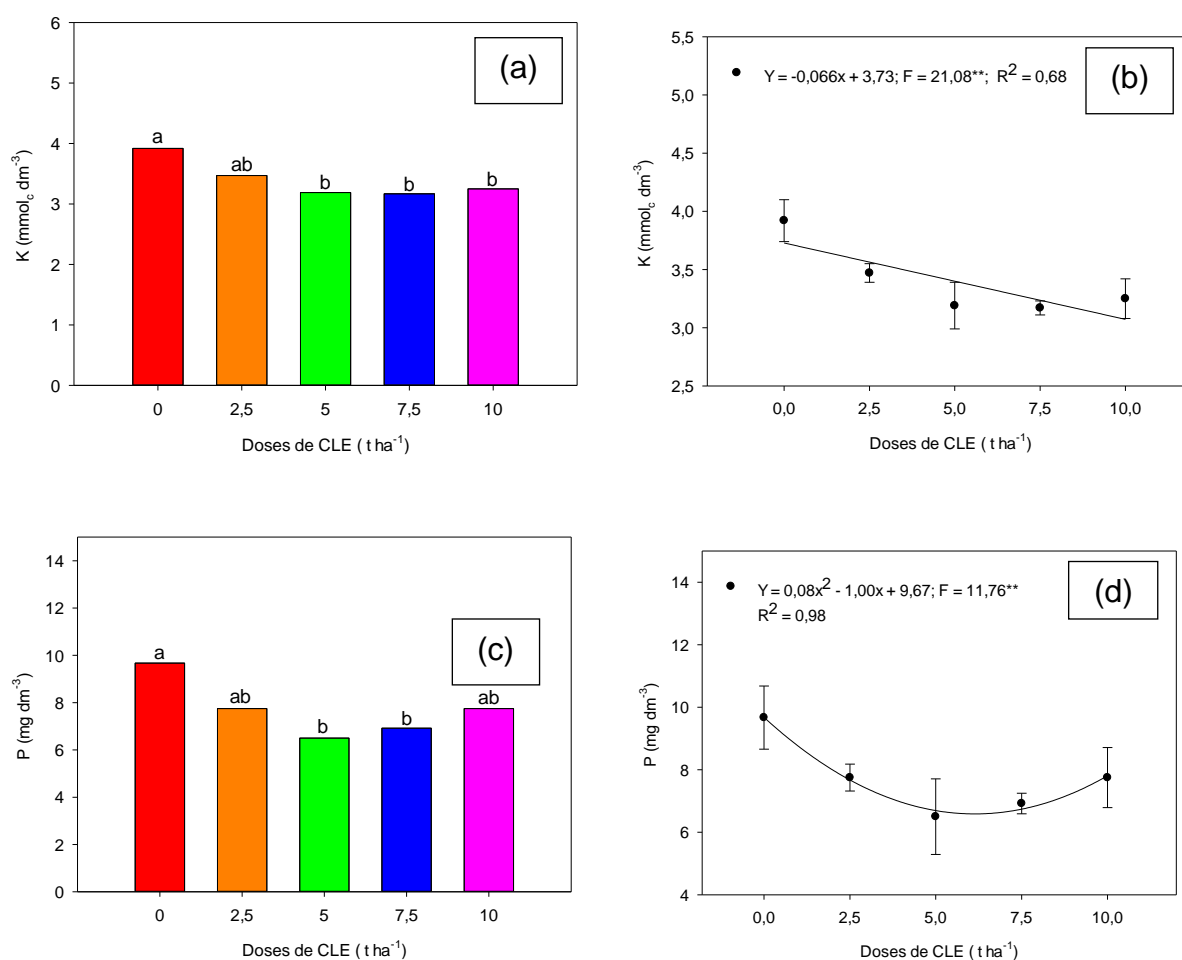
Tabela 14 – Teores de micronutrientes do solo após seis meses de aplicação de CLE e bioestimulantes para o segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (mg dm ⁻³)			Cu (mg dm ⁻³)			Fe (mg dm ⁻³)			Mn (mg dm ⁻³)			Zn (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		0,55			0,8			12			5,2			0,2	
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,52cB	0,58bcAB	0,63aA	0,8	0,8	0,9	12	14	12	7,0	9,3 α	9,1 α	0,2	0,2	0,2
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,74aA α	0,74aA α	0,68aA α	0,9	0,8	0,9	12	14	13	7,4	8,5	8,5	0,2	0,2	0,2
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,65abA	0,51cB	0,61aAB	0,9	0,8	0,9	12	13	12	7,0	7,4	9,6 α	0,2	0,2	0,3
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,55bcB	0,66abA	0,57aAB	0,8	0,8	0,9	12	11	13	8,9 α	7,8	7,0	0,1	0,2	0,2
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,63abcAB	0,56bcB	0,67aA	0,8	0,8	0,8	12	12	13	7,8	8,9 α	6,5	0,3	0,3	0,2
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		11,84**			0,86 ^{NS}			1,62 ^{NS}			0,27 ^{NS}			1,50 ^{NS}	
Bioestimulantes (B)		0,74 ^{NS}			1,15 ^{NS}			1,09 ^{NS}			0,99 ^{NS}			1,63 ^{NS}	
(CLE) x (B)		4,52**			0,58 ^{NS}			1,15 ^{NS}			1,73 ^{NS}			0,81 ^{NS}	
CV (%)		9,6			11,1			12,4							
Limites de interpretação ⁽¹⁾															
Baixo		< 0,20			< 0,3			< 5,0			< 1,5			< 0,6	
Médio		0,20 – 0,60			0,3 – 0,8			5,0 – 12,0			1,5 – 5,0			0,6 – 1,2	
Alto		> 0,60			> 0,8			> 12,0			> 5,0			> 1,2	

** , * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. ⁽¹⁾ Boaretto *et al.* (2022).

Os teores de P e K não apresentaram interação entre as doses de CLE; todavia, houve efeito das doses independentemente da aplicação de bioestimulantes. Dessa forma, verificou-se uma redução dos teores para maiores doses de CLE (Figuras 17a, b, c, d). Pelo fato que foi dito anteriormente, houve diminuição da adubação fosfatada e potássica em doses maiores de CLE, devido ao conteúdo total desses elementos no composto.

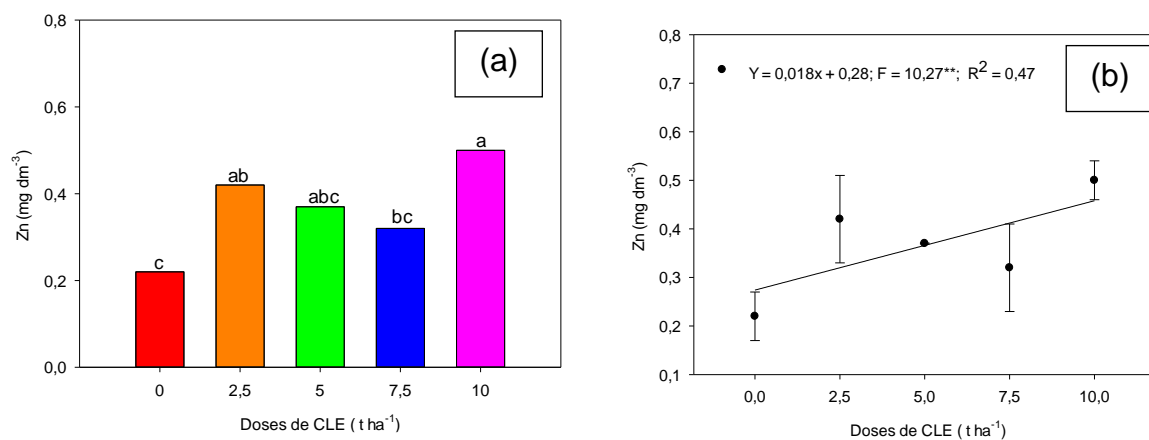
Figura 17 – Atributos químicos do solo após seis mês da aplicação do CLE do primeiro (a, b) e do segundo ciclo da cv. Esmeralda (c, d)



Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade para o gráfico de barras. **, * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente para o gráfico de regressão. Fonte: Prates (2024).

Para os micronutrientes, notou-se também um efeito de doses para o Zn, com maiores doses de CLE, propiciando maiores teores de Zn (Figura 18a, b).

Figura 18 – Micronutrientes no solo após seis meses da aplicação CLE do segundo ciclo da cv. Esmeralda (a, b)



Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade para o gráfico de barras. **, * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente para o gráfico de regressão.

4.1.2 Atributos químicos do solo após a colheita dos tapetes do primeiro e segundo ciclo da grama

Os atributos químicos do solo do primeiro ciclo, após a retirada da grama, apresentaram interação entre as doses de CLE e os bioestimulantes para: M.O., pH, H+Al, CTC, K, Mg e S (Tabela 15). No segundo ciclo, houve apenas interação entre as doses e os bioestimulantes para H+Al, V e P no solo (Tabela 16).

No primeiro ano, o aumento das doses de CLE (sem aplicação dos bioestimulantes) aumentou linearmente o pH e a diminuição da H+Al (Apêndice B). Além disso, com a aplicação da bactéria, houve aumento dos teores de K e do S com o aumento das doses de CLE.

No segundo ciclo, tem como destaque o aumento das doses associado à aplicação do extrato, uma diminuição da qualidade do solo, pela acidificação do solo, devido ao aumento linear da H+Al, decréscimo linear tanto do pH como da V% (Apêndice B). E assim como no primeiro ciclo, o aumento das doses do CLE associado à bactéria aumentou o S no solo; e nesse período, esse aumento também se deu para a M.O.

Diferentemente dos atributos químicos do solo após seis meses de estudo, após a retirada dos tapetes nos dois ciclos, os teores de P e K entre as doses de

CLE revelam que as maiores doses de CLE conseguiram disponibilizar o P, mesmo reduzindo a fertilização fosfatada e potássica.

A fertilidade do solo depois da colheita dos tapetes, verificou-se que principalmente com a aplicação dos bioestimulantes no primeiro ciclo da grama, houve maior acidez potencial e, conseqüentemente, maior CTC (Tabela 15). E assim como no início do experimento, a aplicação de maiores doses de CLE aumentou a disponibilidade de S em relação ao controle, além das menores doses de CLE. Isso se deve pela quantidade considerável desse nutriente no composto. Ao analisar o segundo ciclo da grama, observou-se apenas o aumento significativo da disponibilidade de K com a aplicação da bactéria (Tabela 15).

Vários autores, Ferraz, Momentel e Poggiani (2016), Nogueira (2010), Prates (2022), Pedrosa *et al.* (2018) e Ociepa e Mowiec, Lach (2017), já evidenciaram os efeitos benéficos em solos agrícolas que receberam a aplicação direta de lodo de esgoto *in natura*, principalmente como condicionador de solo, ainda nos solos brasileiros carece de estudos substanciais da eficácia no fornecimento de nutrientes e na melhoria das propriedades químicas do solo através da utilização de fertilizante orgânico proveniente de lodo de esgoto compostado.

Prates (2020), Prates *et al.* (2020), Prates *et al.* (2022), e Oliveira *et al.* (2023) observaram em seus trabalhos que a aplicação do CLE melhora a qualidade química do solo, como a redução da acidez do solo, aumento da saturação por bases e, principalmente, a aplicação CLE contribuíram para a disponibilização de micronutrientes essenciais para culturas como soja, milho e feijão em solos do Cerrado, que frequentemente apresentam deficiência desses nutrientes.

Tabela 15 – Atributos químicos do solo após a colheita dos tapetes de grama do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	M.O. (g dm ⁻³)			pH (CaCl ₂)			H + Al (mmol _c dm ⁻³)			V (%)			CTC (mmol _c dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		28			5,3			29			62			78	
0 t ha ⁻¹ de CLE	28abA	29aA	31aA	4,8bB α	5,1abA	5,1abA	37aA α	35aA	32bcA	59	59,2	59,7	90aA	86bA	80cA
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	23bB	27aAb	27aA	5,2aA	5,2abA	5,1abA	33aA	35aA	37abA α	62	65,5	61,5	88aB	102aA α	99aAB α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	33aA	28aB	30aAB	5,0abA α	5,0bA α	5,0abA α	32aB	37aAB α	38aA α	59	60,5	54,7 α	79aB	94abA α	83bcB
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	24bA	28aA	27aA	5,2aA	5,4aA α	4,9bB	32B	37aAB α	40aA α	64	62,2	56,0	91aA	99aA α	92abA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	26bA	27aA	29,aA	5,2aA	5,1bA	5,2aA	31aA	35aA	30cA	63	61,0	63,2	86aA	90abA	82bcA
Média	27B	28AB	29A	-	-	-	33B	36A	35A				87B	94A	87B
Teste F															
Doses de CLE		7,63**			3,18*			3,33*			4,25**			8,86**	
Bioestimulantes (B)		4,17*			1,48 ^{NS}			4,72*			4,11*			8,85**	
(CLE) x (B)		2,60*			4,32**			3,46**			1,83 ^{NS}			2,30*	
CV (%)		8,5			2,7			8,9			5,6			6,8	
Tratamento	P-resina (mg dm ⁻³)			K (mmol _c dm ⁻³)			Ca (mmol _c dm ⁻³)			Mg (mmol _c dm ⁻³)			S-SO ₄ (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		6			1,6			34			13			16	
0 t ha ⁻¹ de CLE	4	6	4	2,1aA	2,0bA	1,8aA	38	36	33	14aA	12aA	13abA	17bcA	16cA	16cA
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	4	4	4	2,3aA	2,0bA	2,7aA α	39	51 α	42	13aAB	13aB	17aA	15cA	18bcA	20bcA
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	3 α	4	4	2,0aA	2,2bA	2,0aA	33	40	32	12aA	14aA	11bA	20bcA	22bcA	26abA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	4	4	5	2,2aA	2,2bA	2,6aA α	41	44 α	37	15aA	14aA	12bA	25bA α	25bA α	32aA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	3 α	4	4	2,1aB	3,2aA α	2,3aB	39	30	36	13aA	13aA	13abA	45aA α	39aA α	25abB α
Média	-	-	-	-	-	-	38B	42A	36A	-	-	-	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		1,06 ^{NS}			2,74*			10,46**			1,35 ^{NS}			41,39**	
Bioestimulantes (B)		2,13 ^{NS}			0,81 ^{NS}			12,24**			0,07 ^{NS}			0,16 ^{NS}	
(CLE) x (B)		0,60 ^{NS}			2,18*			1,74 ^{NS}			2,58*			7,35**	
CV (%)		31,3			21,2			10,5			15,3			18,3	

** , * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 16 – Atributos químicos do solo após a colheita dos tapetes de grama do segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	M.O. (g dm ⁻³)			pH (CaCl ₂)			H + Al (mmol _c dm ⁻³)			V (%)			CTC (mmol _c dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		28			5,1			34			57			79	
0 t ha ⁻¹ de CLE	25	24	25	5,0	5,0	5,2	37aB	46aA α	32bcB	52aAB	45bB α	58abA	78	84	76
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	24	23 α	25	5,1	5,0	5,1	35aA	37bA	30cA	56aA	53abA	60aA	80	79	77
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	26	25	25	5,0	5,0	5,1	37aA	36bA	36abcA	48aA	54abA	54abA	72	78	78
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	28	26	25	5,1	5,1	5,0	37aAB	33bB	42aA	55aAB	58aA	47bB	82	78	80
10 t ha ⁻¹ de CLE	26	28	27	5,0	5,0	5,0	36aA	39abA	40abA	52aA	51abA	40abA	76	80	81
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		3,15*			0,36 ^{NS}			2,07 ^{NS}			1,93 ^{NS}			0,69 ^{NS}	
Bioestimulantes (B)		0,56 ^{NS}			0,34 ^{NS}			1,05 ^{NS}			0,36 ^{NS}			0,81 ^{NS}	
(CLE) x (B)		0,89 ^{NS}			0,88 ^{NS}			4,15**			3,34**			0,86 ^{NS}	
CV (%)		8,8			2,7			12,4			10,5			7,8	
Tratamento	P-resina (mg dm ⁻³)			K (mmol _c dm ⁻³)			Ca (mmol _c dm ⁻³)			Mg (mmol _c dm ⁻³)			S-SO ₄ (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		6			1,0			34			10,0			16	
0 t ha ⁻¹ de CLE	2aB	7aA	3aB	1,1	1,5	0,8	30	28	32	9,5	8,5	11,5	13c	13b	18a
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	5aA	2bA	4aA	1,7	2,2 α	1,5	33	31	33	10,0	9,0	11,7	17bc	16ab	20a
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	3aA	4abA	3aA	1,4	1,8 α	1,7	25	30	30	8,2	9,7	10,5	16abc	16ab	17a
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	4aA	3bA	3aA	1,4	1,9 α	1,6	32	34	27	11,0	10,0	8,7	26ab	22ab	19a
10 t ha ⁻¹ de CLE	4aA	5abA	3aA	1,5	1,4	1,4	29	32	29	9,0	8,2	9,5	28a	25a	21a
Média	-	-	-	1,4B	1,8A	1,4B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		0,77 ^{NS}			5,64**			1,17 ^{NS}			1,00 ^{NS}			6,42**	
Bioestimulantes (B)		0,88 ^{NS}			6,28**			0,15 ^{NS}			2,52 ^{NS}			0,36 ^{NS}	
(CLE) x (B)		2,29*			1,12 ^{NS}			1,18 ^{NS}			1,58 ^{NS}			1,00 ^{NS}	
CV (%)		48,9			24,9			16,4			18,4			30,8	

** , * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Nos micronutrientes, após a colheita dos tapetes, no primeiro ciclo, houve interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes apenas para o Cu e Fe (Tabela 17). No segundo ciclo, houve interação entre as doses de CLE e os bioestimulantes para o B, Fe e Mn (Tabela 18).

Dessa maneira, com aumento das doses de CLE no primeiro ciclo, verificou-se aumento linear para o teor de Zn no solo (Apêndice B). Para o segundo ciclo, o destaque vem com a aplicação do extrato de algas que aumentou os teores de Cu, Fe e Zn, com o aumento das doses de CLE.

A comparação dos tratamentos com o tratamento controle apenas revelou uma diferença significativa no teor de B no solo no segundo ciclo da cultura da grama (Tabela 18). Nos tratamentos com adubação convencional, com aplicação de CLE e com aplicação de bioestimulantes, apresentaram maior disponibilidade de B no solo.

Tabela 17 – Teores de micronutrientes do solo após a colheita dos tapetes de grama do primeiro ciclo cv. Esmeralda

Tratamento	B (mg dm ⁻³)			Cu (mg dm ⁻³)			Fe (mg dm ⁻³)			Mn (mg dm ⁻³)			Zn (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		0,42			1,1			20			7,7			0,25	
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,42	0,42	0,38	0,9bA	1,0aA	1,1aA	19	21	17	6,5abB	11,6aA	7,7,6aAB	0,2	0,3	0,3
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,41	0,42	0,46	0,8bA	1,0aA	1,1aA	19	18	19	11,5aA	9,7aA	12,7aA	0,3	0,2	0,3
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,43	0,45	0,43	1,0abA	1,0aA	1,1aA	14	19	18	5,9bB	8,8aAB	12,5aA	0,2	0,3	0,3
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,39	0,42	0,35	1,2aA	1,0aAB	0,8aB	18	18	17	11,1abA	8,3aA	10,3aA	0,2	0,3	0,3
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,41	0,42	0,42	0,9bA	1,1aA	1,1aA	19	20	19	8,9abAB	13,1aA	7,8aB	0,4	0,4	0,3
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		3,22*			0,54 ^{NS}			0,93 ^{NS}			1,70 ^{NS}			6,02**	
Bioestimulantes (B)		1,69 ^{NS}			0,51 ^{NS}			1,11 ^{NS}			1,99 ^{NS}			0,21 ^{NS}	
(CLE) x (B)		1,91 ^{NS}			3,07**			0,84 ^{NS}			3,60**			1,20 ^{NS}	
CV (%)		8,1			14,7			18,1			28,2			28,9	
<i>Limites de interpretação⁽¹⁾</i>															
Baixo		< 0,20			< 0,3			< 5,0			< 1,5			< 0,6	
Médio		0,20 – 0,60			0,3 – 0,8			5,0 – 12,0			1,5 – 5,0			0,6 – 1,2	
Alto		> 0,60			> 0,8			> 12,0			> 5,0			> 1,2	

** , * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. ⁽¹⁾ Boaretto *et al.* (2022).

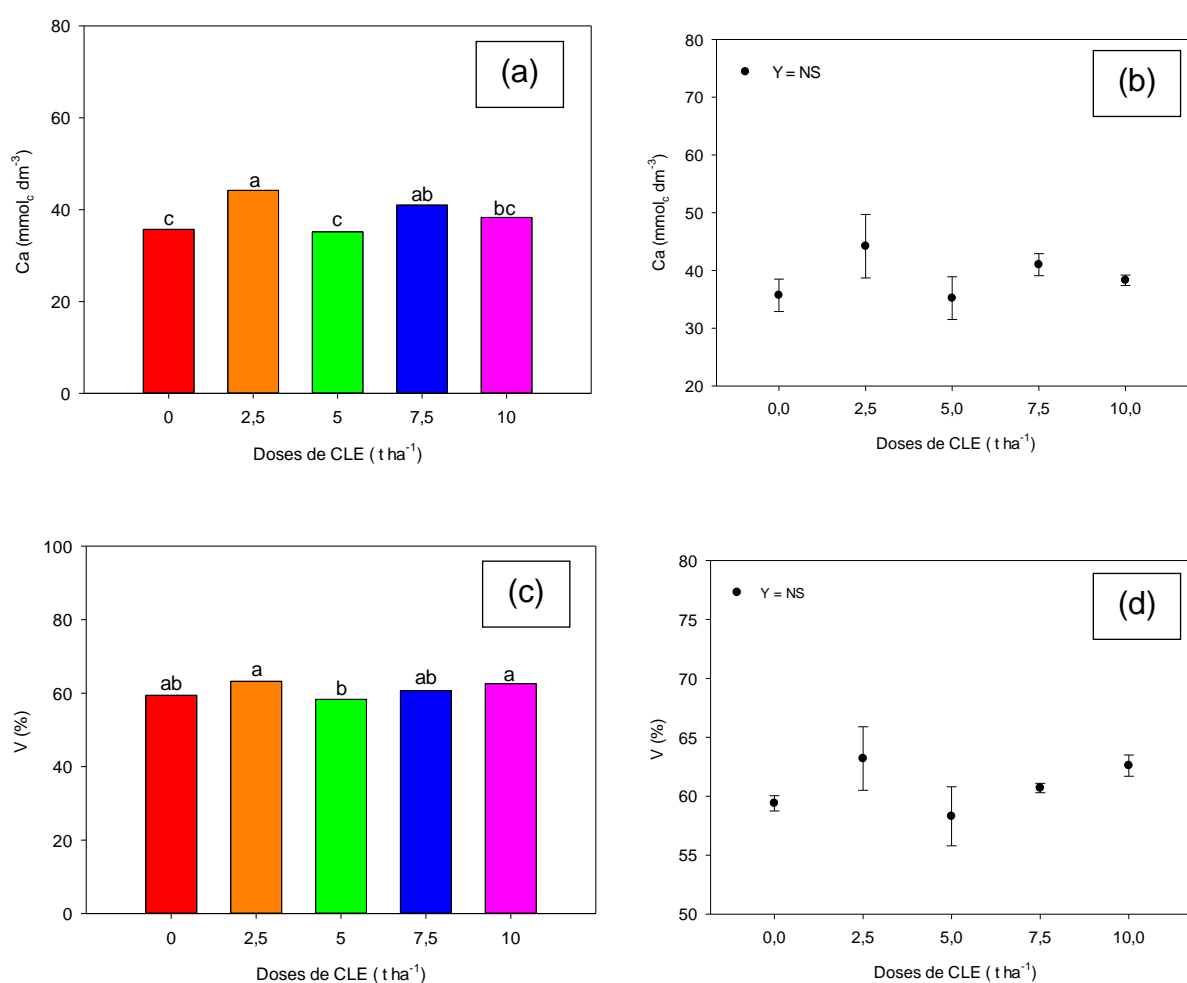
Tabela 18 – Teores de micronutrientes do solo após a colheita dos tapetes de grama do segundo ciclo da cv. Esmeralda

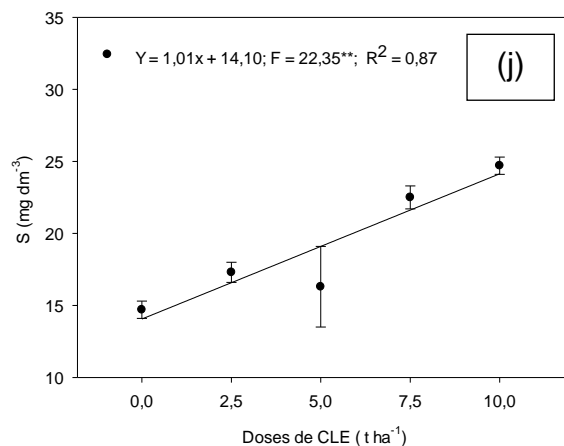
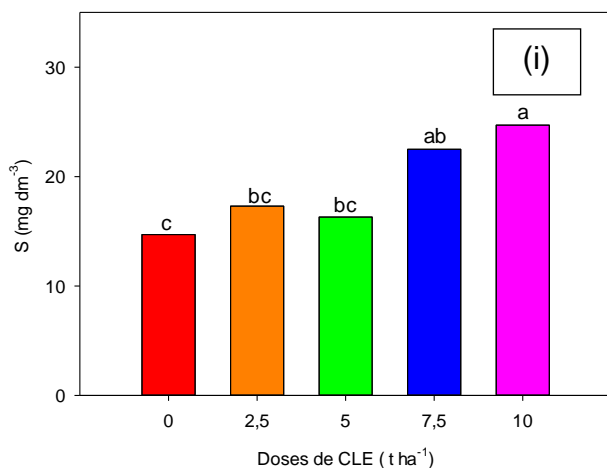
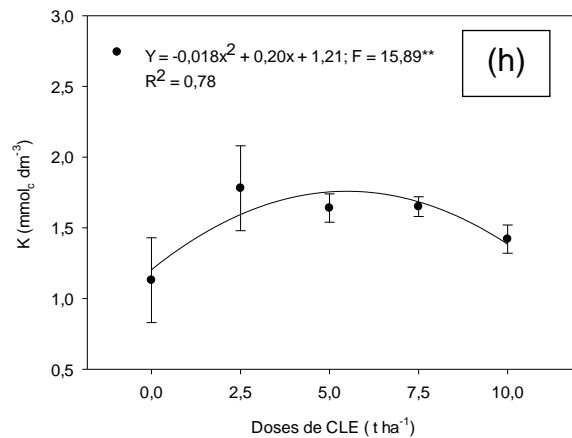
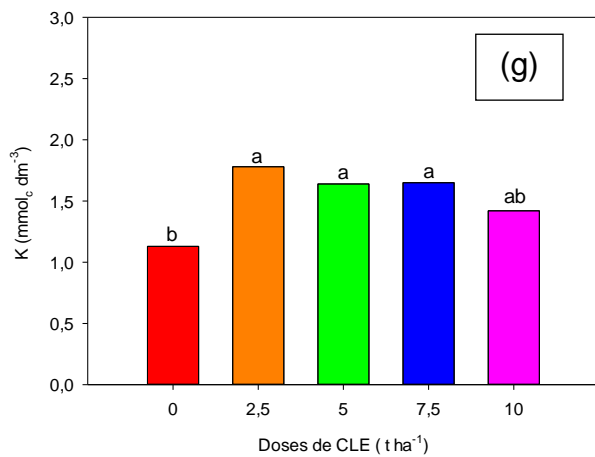
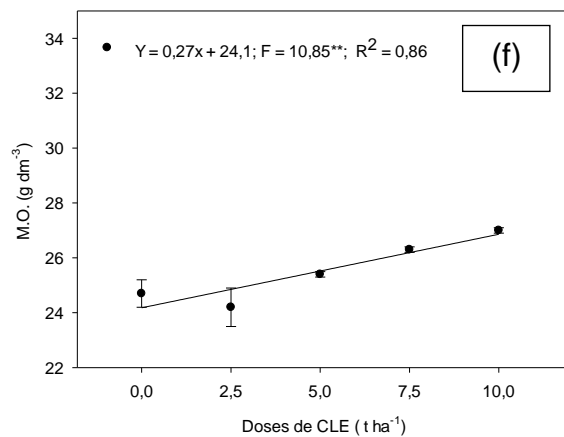
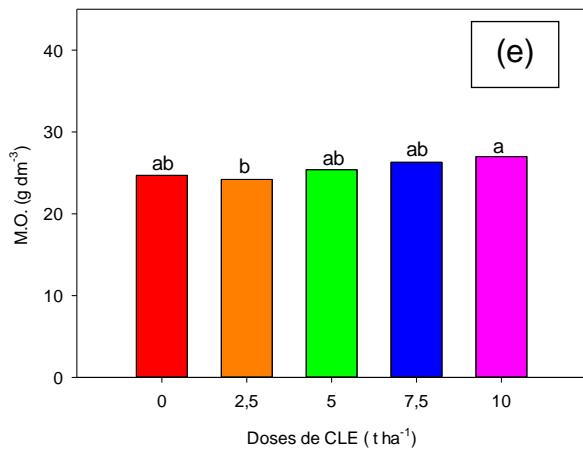
Tratamento	B (mg dm ⁻³)			Cu (mg dm ⁻³)			Fe (mg dm ⁻³)			Mn (mg dm ⁻³)			Zn (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		0,38			1,1			18			4,6			0,2	
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,48bB α	0,58aA α	0,41cC	1,1	1,0	1,0	18aA	17aAB	15bcB	5,1aA	6,8aA	4,9aA	0,2	0,2	0,2
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,55aA α	0,48bB α	0,48bB α	1,0	1,0	1,0	15aA	16aA	14cA	5,5aA	5,2aA	7,5aA	0,2	0,1	0,1
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,51ab α	0,51bB α	0,59aA α	1,2	1,0	1,0	15aAB	14aB α	18abA	4,9aB	4,3aB	7,3aA	0,2	0,3	0,2
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,47bA α	0,47bA α	0,46bcA α	1,0	1,0	1,1	15aA	15aA	16abcA	5,7aA	5,3aA	5,1aA	0,2	0,2	0,2
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,46bC α	0,61aA α	0,53aB α	1,2	1,0	1,1	15aB	15aB	19aA	6,1aA	6,5aA	6,0aA	0,2	0,2	0,3
Média	0,49B	0,53A	0,49B	1,1A	1,0AB	0,9B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		12,61**			1,93 ^{NS}			1,80 ^{NS}			0,96 ^{NS}			2,61*	
Bioestimulantes (B)		9,14**			3,81*			1,51 ^{NS}			1,35 ^{NS}			0,22 ^{NS}	
(CLE) x (B)		16,63**			0,72 ^{NS}			4,23**			2,58*			1,33 ^{NS}	
CV (%)		5,9			10,8			11,0			23,7			43,6	
Limites de interpretação ⁽¹⁾															
Baixo		< 0,20			< 0,3			< 5,0			< 1,5			< 0,6	
Médio		0,20 – 0,60			0,3 – 0,8			5,0 – 12,0			1,5 – 5,0			0,6 – 1,2	
Alto		> 0,60			> 0,8			> 12,0			> 5,0			> 1,2	

** , * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. ⁽¹⁾ Boaretto et al. (2022).

No efeito apenas das doses de CLE, verificou-se que a M.O. e o S aumentaram linearmente com o aumento das doses de CLE (Figuras 19f e j). Em relação ao K, houve um ajuste quadrático positivo, com a dose de 5,5 t ha⁻¹ obtendo o maior teor, 1,77 mmol_c dm⁻³ (Figuras 19g e h). Além disso, na dose de 2,5 t ha⁻¹ de CLE, alcançaram-se maiores valores de V% e teor de Ca (Figuras 19a e c).

Figura 19 – Atributos químicos do solo após a colheita do tapete do primeiro (a, b, c, d) e do segundo ciclo da Cv. Esmeralda (e, f, g, h, i, j)



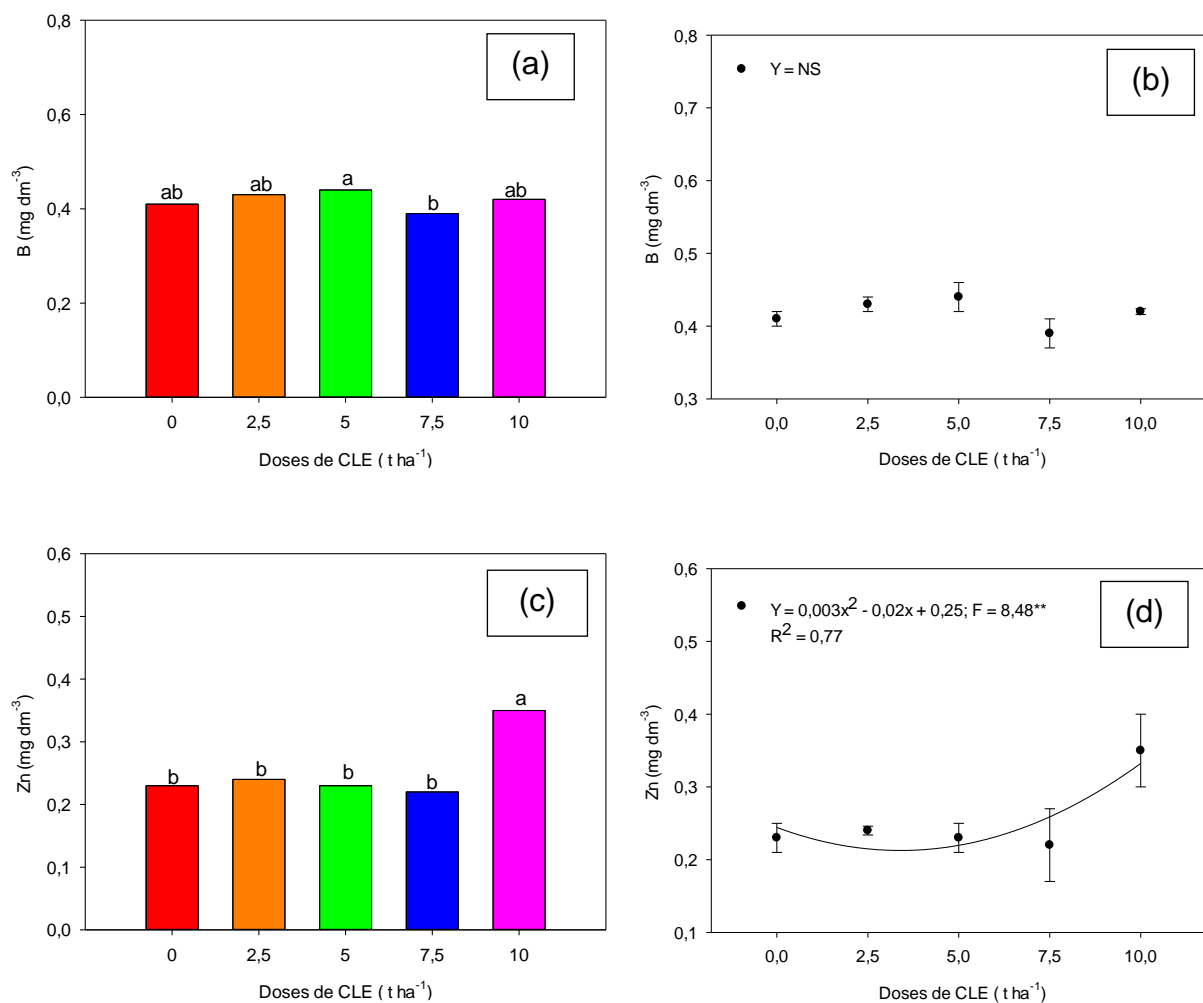


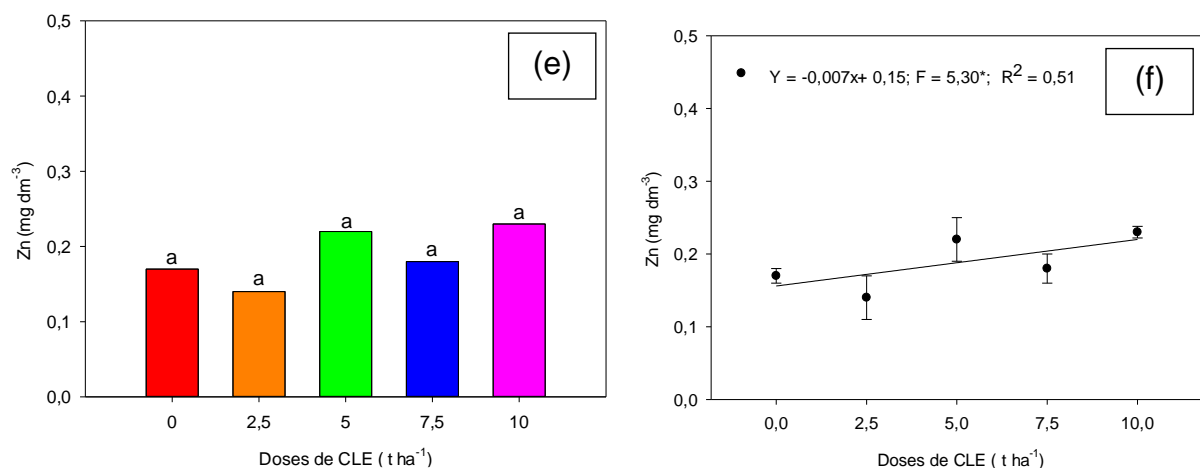
Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade para o gráfico de barras. **, * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente para o gráfico de regressão.

O efeito das doses para os micronutrientes constatou um incremento linear para o teor de Zn no segundo ciclo (Figura 20e f). No primeiro ciclo, o teor de Zn foi

maior na dose de 10 t ha⁻¹ (Figura 20c) e para o B, o maior teor foi na dose de 5 t ha⁻¹ (Figura 20a).

Figura 20 – Micronutrientes do solo após a colheita do primeiro (a, b, c, d) e do segundo ciclo da cv. Esmeralda (e, f)





Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade para o gráfico de barras. **, * e ^{NS} – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente para o gráfico de regressão.

4.1.3 Atributos químicos do solo aderidos aos tapetes colhido do primeiro e segundo ciclo da grama

Aos atributos químicos do solo aderido no tapete de grama no primeiro ciclo, observou-se interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes para H+Al, V, CTC, P, Ca, Mg e S (Tabela 19). Exceto para S, no segundo ciclo, houve interação entre as doses de CLE e os bioestimulantes para todos os atributos químicos do solo (Tabela 20).

O aumento das doses de CLE, associado ou não à aplicação dos bioestimulantes, melhorou a qualidade química do solo aderido ao tapete no primeiro ciclo, pois aumentou linearmente o V% e diminuiu a H+Al (Apêndice C). No segundo ciclo, essa melhora na qualidade do solo manteve-se com o aumento das doses de CLE, principalmente com a aplicação associada com a aplicação de *Azospirillum brasilense* e do extrato de algas.

Importante destacar que, para o segundo ciclo, o aumento das doses de CLE aumentou os teores de Ca e Mg; esse aumento ocorreu sem aplicação e com a aplicação dos bioestimulantes.

Ao analisar a aplicação dos bioestimulantes, independente das doses de CLE, verificou-se que a aplicação do CLE sem os bioestimulantes obteve maior H+Al e S e uma menor V% em relação ao extrato e à bactéria. Para o segundo ciclo, obteve maior pH, maior CTC, maior teor de P e maior teor de Ca.

Em relação ao primeiro ano do ciclo da grama, ao comparar o tratamento controle com os demais tratamentos, houve destaque nos teores de K e S disponíveis do solo, com o aumento significativo de todos os tratamentos com adubação convencional, com a aplicação de CLE e com a aplicação dos bioestimulantes em relação ao tratamento controle (Tabela 19). No segundo ciclo, os teores de K no solo mantiveram-se maiores significativamente comparados com o controle. Ademais, houve também um aumento significativo da acidez potencial dos tratamentos em relação ao tratamento controle se comparado no primeiro ciclo.

Tabela 19 – Atributos químicos do solo aderidos aos tapetes de grama colhido do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	M.O. (g dm ⁻³)			pH (CaCl ₂)			H + Al (mmol _c dm ⁻³)			V (%)			CTC (mmol _c dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		39			5,8			27			77			117	
0 t ha ⁻¹ de CLE	36	36	35	5,1 α	5,4	5,4	37aA α	31aB	28abB	64cB α	76abA	77bA	104cB	130abA	124bAB
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	37	40	41	5,4	5,6	5,2 α	32bA α	27abB	30aAB	74bA	77abA	74bA	125bcA	118bA	120bA
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	36	34	38	5,6	5,4	5,5	30bcA	28abA	28abA	78abA	75bA	76bA	140abA	113bB	117bB
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	39	34	36	5,8	5,7	5,8	24cdA	26abA	23bcA	83aA α	81aA	83aA α	154aA α	144aA	139bA
10 t ha ⁻¹ de CLE	37	37	37	5,6	5,7	6,0	25dAB	26bA	21cB α	80aB	79abB	87aA α	128bcB	128abB	176aA α
Média	-	-	-	-	-	-	30A	28B	26B	76B	78AB	79A	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		2,42 ^{NS}			7,74 ^{**}			24,38 ^{**}			32,22 ^{**}			14,35 ^{**}	
Bioestimulantes (B)		0,92 ^{NS}			0,68 ^{NS}			12,92 ^{**}			8,11 ^{**}			2,43 ^{NS}	
(CLE) x (B)		1,03 ^{NS}			2,00 ^{NS}			4,02 ^{**}			9,00 ^{**}			8,31 ^{**}	
CV (%)		8,7			4,5			8,1			3,4			9,1	
Tratamento	P-resina (mg dm ⁻³)			K (mmol _c dm ⁻³)			Ca (mmol _c dm ⁻³)			Mg (mmol _c dm ⁻³)			S-SO ₄ (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		124			5,2			74			16			17	
0 t ha ⁻¹ de CLE	136bA	141aA	131bA	8,0 α	8,3 α	9,1 α	43cB α	67aA	62bAB	15cB	24abA α	24bA α	43bB α	49abB α	70aA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	199aA α	138aB	155abB	7,8 α	8,0 α	8,5 α	65bcA	64aA	62bA	20abA	19bA	19bA	47abB α	35bC α	61abA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	188aA α	178aA α	181aA α	8,1 α	7,8 α	8,1 α	78abA	57aB	62bAB	24abA	20bA	19bA	42bB α	38abB α	66aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	172abAB	155aB	200aA α	7,1	7,9 α	8,2 α	91aA	78aA	80bA	30aA α	32aA α	27abA α	60aA α	51aA α	51bcA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	137bA	152aA	174abA α	8,4 α	8,5 α	7,2 α	66bB	70aB	104aA α	28abAB α	23bB	33aA α	58aA α	53aaA α	40cB α
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50A	45B	58A
Teste F															
Doses de CLE		7,02 ^{**}			0,94 ^{NS}			12,01 ^{**}			14,31 ^{**}			2,00 ^{NS}	
Bioestimulantes (B)		2,45 ^{NS}			0,69 ^{NS}			2,10 ^{NS}			0,26 ^{NS}			16,21 ^{**}	
(CLE) x (B)		2,66 [*]			1,21 ^{NS}			5,66 ^{**}			3,81 ^{**}			10,10 ^{**}	
CV (%)		14,9			12,4			15,7			17,8			14,4	

^{**}, ^{*} e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 20 – Atributos químicos do solo aderidos aos tapetes de grama colhido do segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	M.O. (g dm ⁻³)			pH (CaCl ₂)			H + Al (mmol _c dm ⁻³)			V (%)			CTC (mmol _c dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		34			5,8			19			78			90	
0 t ha ⁻¹ de CLE	33aA	37aA	38abA	5,0bA α	5,1bA α	5,1bA α	48aA α	35aB α	41aB α	46cB α	58bA α	57bA α	89bA	84bA	95abA
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	38abA	39aA	34bA	5,6aA	5,0bB α	5,1bB α	28bB α	40aA α	35abA α	73bA	51bC α	60bB α	103bA	83bB	89bB
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	33bB	38aAB	43aA α	5,7aA	5,4abA	5,5aA	28bA α	27bA α	29bcA α	70abA α	74aA	70bA α	94bA	105aA	97abA
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	40aA	40aA	41aA α	5,8aA	5,5aA	5,6aA	25bA	24bA	27cdA α	76abA	75aA	74abA	102bA	101aA	108aA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	41aA α	37aA	38abA	5,6aA	5,8aA	5,8aA	27bA α	22bAB	21dB	78aA	78aA	81aA	126aA α	98abB	109aB α
Média	-	-	-	5,5A	5,3B	5,4AB	-	-	-	-	-	-	103A	94B	100AB
Teste F															
Doses de CLE		3,55*			22,79**			62,82**			95,96**			15,88**	
Bioestimulantes (B)		1,64 ^{NS}			3,71*			0,88 ^{NS}			0,91 ^{NS}			6,66**	
(CLE) x (B)		4,01**			2,81*			8,56**			12,84**			4,70**	
CV (%)		7,9			3,7			10,7			5,3			7,9	
Tratamento	P-resina (mg dm ⁻³)			K (mmol _c dm ⁻³)			Ca (mmol _c dm ⁻³)			Mg (mmol _c dm ⁻³)			S-SO ₄ (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		26			2,2			53			15,5			8	
0 t ha ⁻¹ de CLE	39abAB	46aA α	30abB	5,2aA α	4,9aA α	4,8aA α	26cA α	32bA α	32cA α	9,,5cB	11,2bAB	16,7bcA	13	11	11
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	48aA	42aA	23bB	3,1bA	3,9abA α	3,8aA α	50bA	29bB α	38bcB α	21,7bA	10,0bB	12,2cB	12	16 α	15 α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	22bA	36aA	28bA	4,0abAB α	5,0aA α	3,8aB α	45bA	52aA	49abA	17,2bA	20,5aA	15,7bcA	13	12	12
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	34abA	36aA	18bB	4,0abA α	3,1bA	3,7aA	50bA	48aA	49abA	23,2bA α	22,2aA α	28aA α	13	11	10
10 t ha ⁻¹ de CLE	41aA	35aA	45aA α	3,8bA	4,0abA α	4,9aA α	64aA	50aB	60aA	31,2aA	25,2aB	22,7abB	11	13	12
Média	37A	39A	29B	-	-	-	47A	45AB	42B	-	-	-	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		4,97**			8,24**			39,10**			31,71**			2,10 ^{NS}	
Bioestimulantes (B)		7,80**			0,51 ^{NS}			3,46*			2,75 ^{NS}			0,10 ^{NS}	
(CLE) x (B)		3,50**			2,44*			4,65**			5,87**			1,23 ^{NS}	
CV (%)		25,1			17,1			12,9			19,6			23,5	

** , * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. Fonte:

Observou-se que o solo retido no tapete apresenta uma tendência de leve aumento do pH conforme as doses de lodo aumentam, enquanto ocorre uma redução dos fertilizantes nitrogenados (os quais tendem a diminuir o pH). Além disso, há uma diminuição do pH com a aplicação do superfosfato triplo, o qual, em água, contribui para a redução do pH. Notou-se também uma diminuição na acidez potencial e um aumento na porcentagem de saturação de bases (V%).

De modo geral, ao analisar o solo seis meses após a colheita e observar diferenças na M.O. aderida ao tapete, isso está mais relacionado à presença de raízes no solo. Isso foi observado na análise do solo após a colheita do primeiro ciclo, onde houve um maior teor de M.O., atribuído ao aprofundamento das raízes devido ao maior déficit hídrico. Por outro lado, no segundo ciclo, observou-se um maior teor de M.O. aderido ao tapete, o que sugere uma concentração mais superficial das raízes devido à maior precipitação pluvial.

Os teores de potássio no solo foram menores no segundo ciclo em comparação com o primeiro ciclo, o que pode ser atribuído à menor aplicação de adubo potássico, o que também foi observado após na análise do solo após a colheita do tapete. Além disso, o segundo ciclo apresentou uma maior precipitação pluvial, o que pode ter resultado em uma maior lixiviação desse nutriente. Além disso, os teores de K no primeiro ciclo estavam elevados, o que pode ter gerado um aumento no potencial osmótico, resultando em uma maior taxa de transpiração (potencial osmótico) e, conseqüentemente, contribuindo para um secamento mais rápido das folhas devido ao déficit hídrico. Essa condição será posteriormente observada nas análises dos tapetes.

Nos micronutrientes presentes no solo do tapete, exceto para o teor de Mn, observou-se interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes no primeiro ciclo da cultura da grama (Tabela 21). Os teores observados no segundo ciclo, apenas para o B, não houve interação entre o CLE e a aplicação dos bioestimulantes (Tabela 22).

Dessa maneira, para o primeiro ciclo, a aplicação do extrato junto com o aumento das doses de CLE aumentou linearmente, exceto para Mn, os teores de micronutrientes do solo (Apêndice C). E independentemente da aplicação dos bioestimulantes, o aumento das doses de CLE aumentou os teores de Cu e Zn. Assim como no primeiro ciclo, no segundo ciclo, o aumento linear das doses de CLE, com e sem aplicação dos bioestimulantes, elevou os teores de Cu e Zn. Todavia,

para o teor de B, houve aumento linear apenas com o aumento das doses de CLE associada à aplicação do extrato, pois quando aumentaram as doses sem aplicação do bioestimulante e associada à bactéria, houve decréscimos no teor. Esses resultados indicam grande importância manejo da adubação de micronutrientes em solos com deficiência desses nutrientes (Prates *et al.* 2020; Prates *et al.*, 2023), por exemplo em regiões do cerrado que tem grande impacto negativo na produtividade das culturas (Resende *et al.*, 2019).

Importante destacar que os teores de micronutrientes nos dois ciclos, além da contribuição do CLE e dos bioestimulantes no aumento de nutrientes, no solo aderido ao tapete de grama, os teores desses elementos foram maiores tanto na determinação após seis meses de aplicação dos tratamentos quanto para a determinação após a colheita do solo. Isso indica principalmente que os nutrientes fornecidos pelo CLE e o efeito dos bioestimulantes ficaram nas camadas mais superficiais e a colheita dos tapetes diminui o efeito residual para o próximo ciclo.

Assim como, constatado nos trabalhos de Lobo *et al.* (2013), Prates (2022) e Santos (2017), os micronutrientes fornecidos pelo CLE foram notavelmente acumulados nas camadas superficiais do solo. Esta observação pode ser atribuída à limitada mobilidade do Cu, Fe, Mn e Zn ao longo do perfil do solo, destacando a maior disponibilidade desses micronutrientes na camada superficial. Especificamente, os elementos Cu e Zn demonstram uma mobilidade reduzida devido à sua forte adsorção aos coloides do solo, tanto orgânicos quanto inorgânicos, indicando uma capacidade significativa de retenção desses nutrientes na superfície após a aplicação de adubação orgânica (Bertol *et al.*, 2010).

Ao comparar os tratamentos em relação ao tratamento controle no primeiro ciclo da grama, notou-se que a aplicação do CLE aumentou significativamente os teores de Cu e Zn no solo (Tabela 21). Para o teor de B, na maioria dos tratamentos, houve um aumento significativo quando comparado ao controle. Este fato ressalta a relevância da utilização do CLE como uma fonte de micronutrientes para as plantas (Prates *et al.*, 2021; Prates *et al.*, 2022). A ciclagem desses nutrientes, por meio do processo de decomposição e liberação, tornar-se um elemento crucial para facilitar o manejo da adubação (Santos *et al.*, 2014).

No segundo ciclo da grama Esmeralda, todos os tratamentos foram significativamente maiores em relação ao controle para os teores de B e Cu, assim

como na maioria dos teores de Fe (Tabela 22). Os teores de Zn no solo, teve o mesmo comportamento do primeiro ciclo da grama.

Um fator crucial a ser considerado é que os tapetes têm a capacidade de levar uma quantidade significativa de nutrientes, juntamente com características adequadas em termos de acidez do solo. Isso implica em dois aspectos importantes: em primeiro lugar, os tapetes fornecem uma carga inicial de nutrientes que sustentará o desenvolvimento inicial das plantas após o plantio (pegamento dos tapetes), o que é benéfico para o consumidor. No entanto, para o produtor de grama, isso pode representar um desafio, uma vez que significa transportar uma quantidade substancial de nutrientes, os quais precisarão ser aplicados para o próximo ciclo de cultivo.

Tabela 21 – Teores de micronutrientes do solo aderido aos tapetes de grama colhidos no primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (mg dm ⁻³)			Cu (mg dm ⁻³)			Fe (mg dm ⁻³)			Mn (mg dm ⁻³)			Zn (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		0,39			0,8			17			9,6			1,2	
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,46abAB α	0,50bA α	0,44bB	0,8dA	0,7dA	0,7eA	19aA	15aB	15cB	13,1	14,7 α	14,4 α	1,0dA	1,1dA	1,6dA
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,47abB α	0,52abA α	0,44bB	1,1cA α	1,1cA α	1,3dA α	16aA	18aA	17bcA	13,8	12,5	13,3	2,4cA	2,7cA α	3,3cA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,51aA α	0,44cB	0,50aA α	1,5bA α	1,3bcA α	1,6cA α	17aA	16aA	19abA	11,6	13,0	14,8 α	4,3bA α	3,2bcA α	4,0cA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,44bB	0,44cB	0,49abA α	2,2aA α	1,6bA α	2,1bB α	20aA	16aB	19abA	15,1 α	10,4	12,6	7,4aA α	4,5abB α	6,4bA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,49abB α	0,55aA α	0,48abB α	1,8bC α	2,1aB α	2,6aA α	18aAB	18aB	21aA	12,5	14,0 α	13,3	5,5bB α	5,8aB α	8,3aA α
Média	0,48AB	0,49A	0,47B	1,5B	1,4B	1,7A	18A	16B	18A	-	-	-	4,1B	3,5C	4,7A
Teste F															
Doses de CLE		7,48**			164,10**			4,06**			0,69 ^{NS}			131,72**	
Bioestimulantes (B)		3,72*			16,41**			4,71*			0,64 ^{NS}			16,83**	
(CLE) x (B)		8,63**			7,70**			3,02**			2,09 ^{NS}			6,90**	
CV (%)		5,4			10,5			10,8			16,0			17,1	
Limites de interpretação ⁽¹⁾															
Baixo		< 0,20			< 0,3			< 5,0			< 1,5			< 0,6	
Médio		0,20 – 0,60			0,3 – 0,8			5,0 – 12,0			1,5 – 5,0			0,6 – 1,2	
Alto		> 0,60			> 0,8			> 12,0			> 5,0			> 1,2	

** , * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. ⁽¹⁾ Boaretto *et al.* (2022).

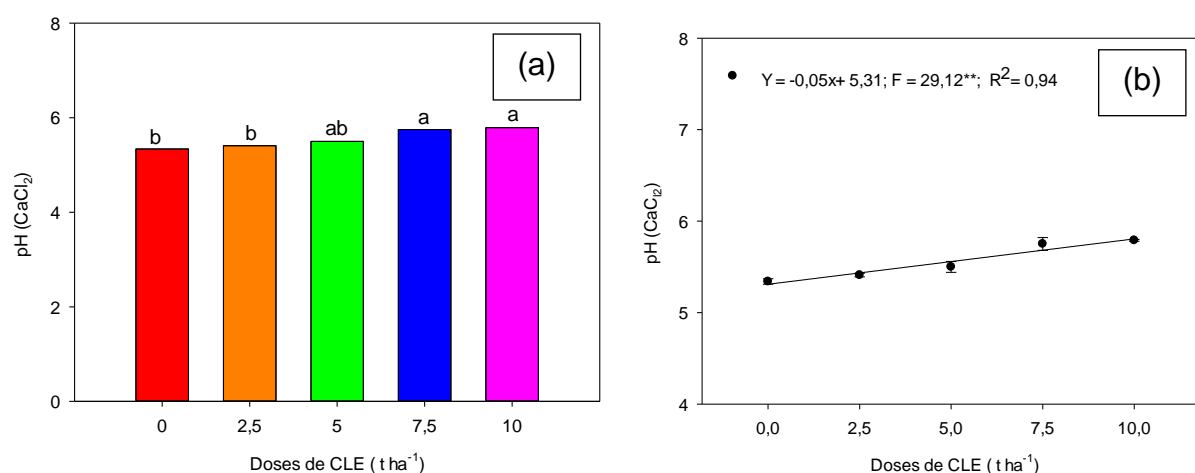
Tabela 22 – Teores de micronutrientes do solo aderido aos tapetes de grama colhidos no segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (mg dm ⁻³)			Cu (mg dm ⁻³)			Fe (mg dm ⁻³)			Mn (mg dm ⁻³)			Zn (mg dm ⁻³)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		0,43			0,8			12			5,5			0,5	
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,76abA α	0,76aA α	0,76aA α	1,2bA α	1,5cA α	1,3dA α	21bB	32abA α	20aB	8,8aA α	10,8aA α	9,7aA α	1,0dA	1,2bA	1,3bA
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,69bcA α	0,74abA α	0,71abA α	1,6bA α	1,4cA α	1,4cdA α	25bB α	40aA α	24aB α	9,5aAb α	7,3bB	9,9aA α	3,2bcA α	1,8bB	1,7bB
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,78aA α	0,74abcA α	0,71abA α	1,5bA α	1,8bcA α	1,8bcA α	28abA α	23bA	27aA α	7,3aA	7,1bA	9,3aA α	2,4cB α	2,2bB α	3,6aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,68bcA α	0,67bcA α	0,65bA α	2,0aA α	2,2aA α	1,9abA α	26bA α	31abA α	23aA	7,9aA	8,1abA	7,5aA	3,7bA α	4,7aA α	3,6aA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,63cA α	0,65cA α	0,67abA α	2,2a α	1,9abA α	2,3aA α	37aA α	22bB	28aB α	8,1aA	8,2abA	7,2aA	5,6aA α	4,4aB α	4,8aAB α
Média	-	-	-	-	-	-	27AB	30A	24B	-	-	-	-	-	-
Teste F															
Doses de CLE		13,07**			37,86**			2,16 ^{NS}			4,54**			66,29**	
Bioestimulantes (B)		0,25 ^{NS}			0,28 ^{NS}			4,91*			0,60 ^{NS}			1,20 ^{NS}	
(CLE) x (B)		1,22 ^{NS}			2,71*			6,39**			2,42*			4,78**	
CV (%)		6,6			11,5			20,1			16,9			22,2	
<i>Limites de interpretação⁽¹⁾</i>															
Baixo		< 0,20			< 0,3			< 5,0			< 1,5			< 0,6	
Médio		0,20 – 0,60			0,3 – 0,8			5,0 – 12,0			1,5 – 5,0			0,6 – 1,2	
Alto		> 0,60			> 0,8			> 12,0			> 5,0			> 1,2	

** , * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. ⁽¹⁾ Boaretto *et al.* (2022).

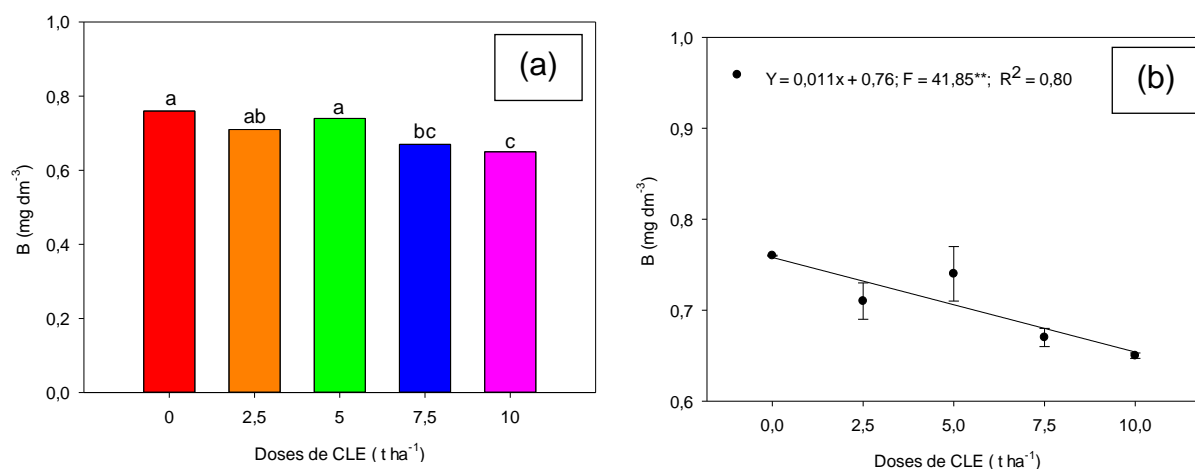
Houve efeito de doses para o pH no primeiro ciclo e para o teor de B no segundo ciclo (Figuras 21 e 22). Dessa maneira, observou-se que o CLE contribuiu para aumentar o pH, entretanto, o aumento das doses de CLE não contribuiu para aumentar o teor de B, ocorrendo um decréscimo linear.

Figura 21 – Atributos químicos no solo aderido ao tapete colhido do primeiro ciclo da cv. Esmeralda (a, b)



Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade para o gráfico de barras. **, * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente para o gráfico de regressão.

Figura 21 – Micronutrientes do solo aderidos ao tapete de grama colhido no segundo ciclo da cv. Esmeralda (a, b)



Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade para o gráfico de barras. **, * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente para o gráfico de regressão.

4.2 Crescimento e aspecto visual da grama

4.2.1 Índice de cor verde (ICV) medidos no primeiro e segundo ciclo da grama

Ao avaliar o ICV ao longo de todo o primeiro ciclo da cultura da grama, apenas não houve interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes nos períodos de 15/05/2021, 28/08/2021, 18/12/2021 e 19/01/2022 (Tabelas 23 e 24). No segundo ciclo da grama, apenas na avaliação do dia 11-11-2023 não houve interação entre as doses de CLE e os bioestimulantes (Tabela 25).

A medição do ICV por equipamentos portáteis é uma avaliação indireta da cor verde da grama, por meio de índices relativos de clorofila, e esses índices ajudam no manejo nutricional, principalmente no momento adequado para realizar adubação nitrogenada (Godoy *et al.*, 2012; Santos; Castilho, 2018), uma vez que o nitrogênio tem uma relação direta com a coloração verde das plantas, quanto mais intensa for a cor verde, maior será a concentração de clorofila (Gazola *et al.*, 2019). Isso ocorre porque a molécula de clorofila contém átomos de nitrogênio em sua estrutura. Portanto, a disponibilidade de nitrogênio está diretamente relacionada à quantidade de clorofila que a planta pode produzir.

Dessa forma, no primeiro ciclo, nos tratamentos aplicados apenas com a aplicação do CLE, verificou-se um decréscimo linear para o período de 19-06-2021, o que não foi observado nos tratamentos com bioestimulantes, indicando que o *A. brasilense* e o *A. nodosum* ajudaram a manter o melhor aspecto visual no período de maior déficit hídrico e baixa temperatura (Apêndice D). Essa melhora com a coloração do gramado está associado a fixação biológica de nitrogênio (FBN) pela bactéria *A. brasilense* (Santos *et al.*, 2024), além do fato de promover maior desenvolvimento do sistema radicular, a planta absorve com maior eficiência o N do solo. Além disso, como o índice estar diretamente relacionado com o teor de clorofila, dessa forma, o incremento das concentrações de clorofila contribui para a otimização dos processos fotossintéticos, o que conseqüentemente resulta em um crescimento ampliado e uma maior capacidade de adaptação (Santos *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2024).

Para os períodos de julho, outubro, novembro, dezembro de 2021 e abril de 2022, houve um ajuste quadrático negativo. E, finalmente, considerando apenas a aplicação do CLE, houve um ajuste quadrático positivo para os meses de fevereiro e

março de 2023, com as doses de 3,7 e 8,1 t ha⁻¹ obtendo os maiores índices de 262 e 318, respectivamente.

Para os tratamentos com *A. brasilense*, notou-se um ajuste quadrático para o primeiro mês de experimento, com a dose de 4,0 t ha⁻¹ chegando ao maior índice de 421; no outono, houve um decréscimo linear, e no mês de outubro (um mês após a última aplicação do *A. brasilense*). E para a última avaliação realizada em abril de 2023, houve um aumento linear, indicando que a bactéria, junto com o CLE, conseguiu manter um maior ICV da grama no período que apresentou diminuição do índice das chuvas, uma vez que a área ficou sem o sistema de irrigação desde novembro de 2022 (Apêndice D). Com a aplicação de *A. nodosum*, houve um crescimento linear para o segundo mês de avaliação e para o mês de setembro; entretanto, para os meses de outubro, dezembro de 2021 e janeiro de 2022, houve um decréscimo linear, possivelmente relacionado aos meses de maior precipitação, mas também devido ao aumento a área foliar e conseqüentemente diluição dessa clorofila por uma área maior.

Em relação ao segundo ciclo, na maioria dos períodos de maior precipitação pluvial, observou-se um decréscimo linear do ICV com o aumento das doses de CLE, sem a aplicação dos bioestimulantes (Apêndice D). Isso pode estar relacionado ao efeito de diluição da planta, devido ao maior crescimento da grama, por condições mais climáticas mais favoráveis. E, para a maioria dos períodos avaliados, também se verificou decréscimo linear no ICV com o aumento das doses de CLE associada à aplicação do extrato.

Ao avaliar a aplicação dos bioestimulantes no primeiro ciclo, independentemente das doses de CLE, obteve-se melhor índice quando não houve aplicação dos bioestimulantes no início do estudo. Já no período mais seco e com baixa temperatura (24/07/2021), o extrato manteve maiores valores de ICV; entretanto, perto da colheita, o índice foi menor.

Na comparação da aplicação do CLE, dos bioestimulantes e da adubação convencional com o controle, verificou-se para esses tratamentos maiores significativamente ICV em relação ao controle, para todos os períodos avaliados nos dois ciclos agrícolas (Tabelas 23, 24 e 25). Esse fato está diretamente relacionado à inexistência da adubação nesses tratamentos.

Tabela 23 – Índice de cor verde (ICV) dos oito primeiros meses após a aplicação de CLE e bioestimulantes do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	18/03/2021 (1)			17/04/2021 (2)			15/05/2021 (3)			19/06/2021 (4)			
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	
Controle		254			96			141			147		
0 t ha ⁻¹ de CLE	344abA α	347bA α	329aA α	134aA α	141aA α	128abA α	190 α	205 α	191 α	213bA α	219aA α	220abA α	
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	318bB α	408aA α	367aAB α	130abA α	136aA α	127abA α	189 α	202 α	191 α	255aA α	242aAB α	226abB α	
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	395aAB α	432aA α	356aB α	134aAB α	146aA α	120bB α	184 α	179 α	189 α	198bB α	210aB α	247aA α	
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	359abA α	349bA α	375aA α	112bB	136aA α	147aA α	185 α	176 α	192 α	188bB α	217aA α	201bAB α	
10 t ha ⁻¹ de CLE	361abA α	264cB	356aA α	127abA α	132aA α	142aA α	190 α	179 α	207 α	201bA α	223aA α	224abA α	
Média	-	-	-	127B	138A	133AB	-	-	-	211A	222A	223A	
Teste F													
Doses de CLE		9,41**			0,25 ^{NS}			2,03 ^{NS}			8,42**		
Bioestimulantes (B)		0,11 ^{NS}			5,57**			1,55 ^{NS}			3,43*		
(CLE) x (B)		7,95**			4,24**			2,03 ^{NS}			3,63**		
CV (%)		8,3			8,0			6,8			7,7		
		24/07/2021 (5)			28/08/2021 (6)			25/09/2021 (7)			23/10/2021 (8)		
Controle		113			106			111			102		
0 t ha ⁻¹ de CLE	200aA α	191aA α	192aA α	157 α	164 α	163 α	174aA α	177abA α	148bB α	282aA α	278aA α	248aB α	
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	173bA α	191aA α	177aA α	166 α	175 α	166 α	168aA α	190aB α	152abA α	257abA α	252abA α	252aA α	
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	156bB α	157bB α	192aA α	148 α	149 α	168 α	167aA α	163bcA α	160abA α	223cB α	254abA α	233abAB α	
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	164bA α	176abA α	179aA α	158 α	151 α	158 α	169aAB α	150cB α	176aA α	241bcA α	212cB α	212bB α	
10 t ha ⁻¹ de CLE	161bB α	181aA α	171aAB α	179 α	157 α	158 α	177aA α	176abA α	174aA α	253abA α	235bcA α	237abA α	
Média	171B	179AB	182A	-	-	-	171A	171A	162A	251A	246AB	236B	
Teste F													
Doses de CLE		9,92**			1,40 ^{NS}			1,91 ^{NS}			14,22**		
Bioestimulantes (B)		5,01*			0,23 ^{NS}			3,63*			4,22*		
(CLE) x (B)		4,04**			1,12 ^{NS}			4,44**			2,50*		
CV (%)		6,6			10,7			7,6			7,0		

** , * e ^{NS} – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett $p < 0,05$ de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 24 – Índice de cor verde (ICV) dos seis últimos meses após a aplicação de CLE e bioestimulantes do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	20/11/2021 (9)			18/12/2021 (10)			19/01/2022 (11)			
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	
Controle		111			115			120		
0 t ha ⁻¹ de CLE	206bB α	224aAB α	261aA α	319a α	347 α	362 α	476 α	498 α	560 α	
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	219abA α	230aA α	207bA α	308 α	286 α	355 α	507 α	471 α	496 α	
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	181bB α	201aAB α	219abA α	254 α	274 α	308 α	446 α	436 α	471 α	
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	194bA α	226aA α	200bA α	299 α	303 α	300 α	455 α	466 α	415 α	
10 t ha ⁻¹ de CLE	254aA α	226aA α	216abA α	301 α	301 α	296 α	479 α	438 α	391 α	
Média	-	-	-	296B	302B	324A	-	-	-	
Teste F										
Doses de CLE		4,80**			9,46**			5,16**		
Bioestimulantes (B)		1,40 ^{NS}			6,01**			0,25 ^{NS}		
(CLE) x (B)		3,61**			1,93 ^{NS}			2,07 ^{NS}		
CV (%)		19,4			9,1			11,1		
		19/02/2022 (12)			31/03/2022 (13)			30/04/2022 (14)		
Controle		118			120			90		
0 t ha ⁻¹ de CLE	260abA α	266aA α	272aA α	260cB α	286bA α	278bAB α	127bA α	119bcAB α	109bB α	
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	291aA α	237aB α	284aA α	285bcA α	282bA α	269bA α	131abA α	130abA α	135aA α	
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	269abA α	268aA α	265aA α	324aA α	250cB α	322aA α	126bA α	114cAB α	105bB α	
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	264abA α	266aA α	270aA α	303abA α	294bAB α	277bB α	118bB α	131abA α	127aAB α	
10 t ha ⁻¹ de CLE	240bA α	265aA α	271aA α	319aA α	330aA α	293bB α	143aA α	136aAB α	124aB α	
Média	-	-	-	298A	288A	288A	129A	126A	120B	
Teste F										
Doses de CLE		0,73 ^{NS}			15,78**			15,88**		
Bioestimulantes (B)		2,20 ^{NS}			3,60*			7,82**		
(CLE) x (B)		2,93*			12,76**			4,17**		
CV (%)		7,1			4,9			5,9		

Nota: **, * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. Fonte: Prates (2024).

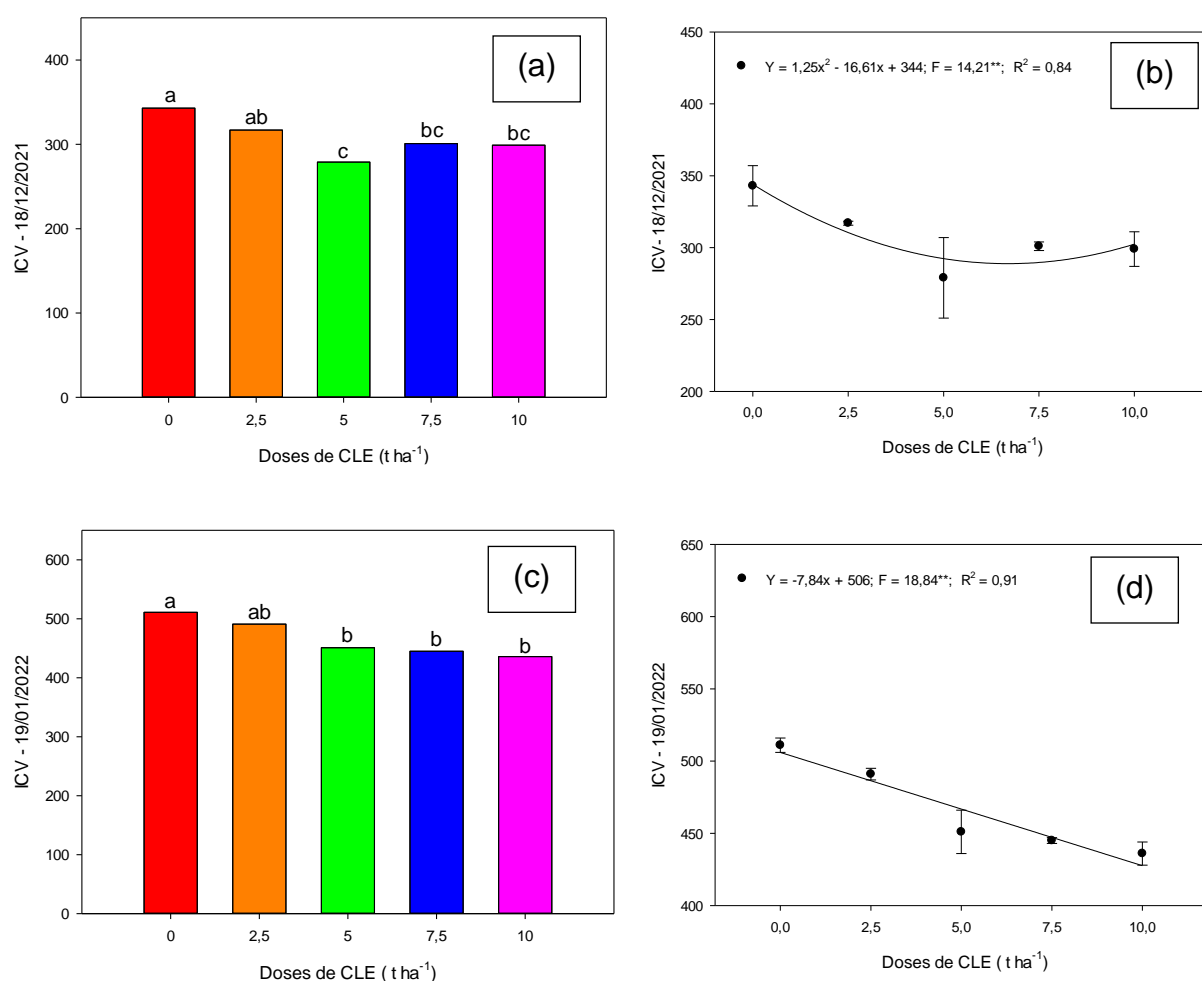
Tabela 25 – Índice de cor verde (ICV) após a aplicação de CLE e bioestimulantes do segundo ciclo da cv. Esmeralda

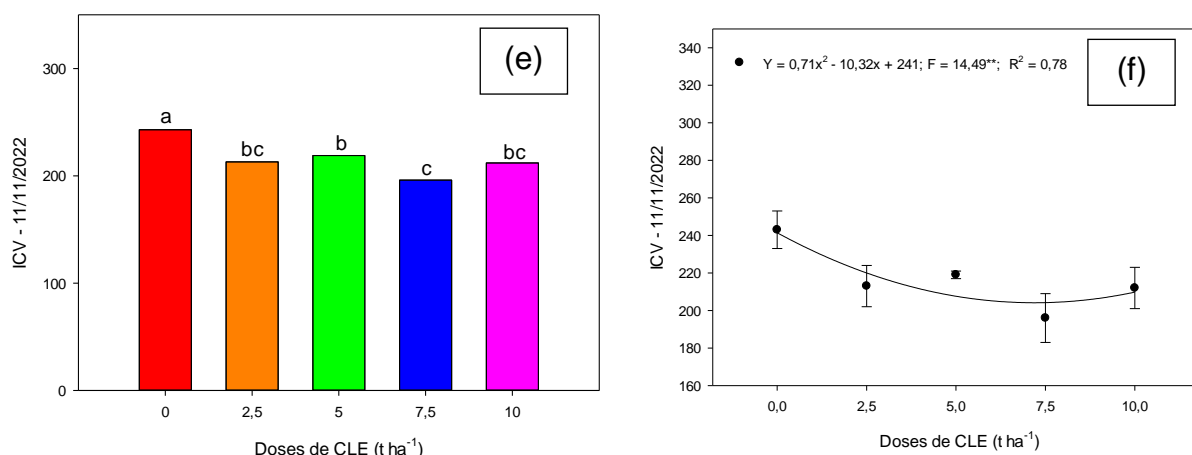
Tratamento	8/09/2022 (1)			8/10/2022 (2)			11/11/2022 (3)			17/12/2022 (4)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		94			95			108			119	
0 t ha ⁻¹ de CLE	125bA α	129bA α	132abA α	165aA α	173aA α	158cdA α	231aA α	249aA α	249aA α	295aA α	301aA α	295aA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	129bAb α	123bB α	137abA α	163aA α	169aA α	181bA α	212abA α	219abA α	208bcA α	277abA α	280abA α	288aA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	124bA α	128bA α	125bA α	158aB α	162aB α	207bcA α	211abA α	221abA α	224abA α	272abA α	238cB α	278abA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	126bA α	137abA α	125bA α	152aB α	166aAB α	179aA α	193bA α	199bA α	195bcA α	252bA α	249bcA α	255bA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	159aA α	145aB α	140aB α	171aA	168aA α	157dA α	220abA α	221abA α	194cB α	264abAB α	290aA α	247bB α
Média	-	-	-	162B	167B	176A	-	-	-	-	-	-
Teste F												
Doses de CLE		18,59**			2,40 ^{NS}			15,37**			14,30**	
Bioestimulantes (B)		0,05 ^{NS}			9,74**			1,96 ^{NS}			0,02 ^{NS}	
(CLE) x (B)		3,95**			8,02**			1,40 ^{NS}			3,73**	
CV (%)		5,5			6,3			7,2			6,1	
		20/01/2023 (5)			17/02/2023 (6)			18/03/2023 (7)			18/4/2023 (8)	
Controle		114			138			115			109	
0 t ha ⁻¹ de CLE	473aA α	441aAB α	404aB α	625aA α	678aA α	564bB α	317aA α	319aA α	325abA α	260aA α	255bA α	256aA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	401bA α	370abA α	403aA α	606abB α	672aA α	639aAB α	318aB α	305aB α	352aA α	274aA α	249bB α	267aAB α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	399bA α	370bcA α	393aA α	574abA α	468bB α	581abA α	315aA α	293aAB α	272cB α	275aA α	257abA α	267aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	370bcA α	351cA α	336bA α	549bA α	502bA α	491cA α	307aA α	301aA α	293bcA α	260aAB α	279aA α	247aB α
10 t ha ⁻¹ de CLE	326cB α	351cAB α	376abA α	539bA α	535bA α	526bcA α	306aA α	306aA α	272cB α	23aA α	257abA α	264aA α
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F												
Doses de CLE		29,59**			32,46**			7,33**			1,43 ^{NS}	
Bioestimulantes (B)		1,48 ^{NS}			1,36 ^{NS}			1,48 ^{NS}			1,23 ^{NS}	
(CLE) x (B)		3,92**			7,21**			3,73**			4,02**	
CV (%)		6,3			6,4			6,6			4,4	

** , * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Houve efeito apenas das doses de CLE para os períodos de 18/12/2021 e 19/01/2022 do primeiro ciclo e 11-11-2022 do segundo ciclo (Figura 22). Observou-se que doses maiores de CLE diminuíram o ICV; no período de 18/12/2021 e 11/11/2022, houve um ajuste quadrático (Figuras 22b e f); e no período 19-01-2022, um decréscimo linear (Figura 22d). Nota-se que esses períodos foram os momentos de maior crescimento da grama, com altas temperaturas e precipitações pluviais.

Figura 22 – Índice de cor verde da grama avaliado ao longo do primeiro (a, b, c, d) e segundo ciclo da cv. Esmeralda (e, f)





Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade para o gráfico de barras. **, * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente para o gráfico de regressão.

De modo geral, observa-se que onde o adubo mineral convencional era aplicado em maior quantidade, o índice de coloração verde era mais intenso. Isso significa que a presença do CLE não conseguiu fornecer quantidades semelhantes às do adubo mineral. No entanto, esses índices mais expressivos sem a aplicação de CLE não se mantêm durante todas as avaliações, o que possivelmente está ligado ao estresse causado pelo déficit hídrico ou pela área foliar. Ademais, a aplicação de maiores doses de CLE teve efeito no início (logo após sua aplicação), pois o produto contém uma porcentagem de amônia e nitratos livres pelo processo de mineralização, que podem ser absorvidos pela planta.

Observa-se que, durante o período chuvoso, que na maioria das vezes coincide com o período de adubação mineral, os valores dos índices de coloração verde da grama esmeralda atingem ou superam o índice adequado de 258 para essa cultivar (Godoy *et al.*, 2012). Entretanto, esses índices adequados são mantidos mesmo com o aumento da aplicação de CLE e a diminuição da adubação mineral.

4.2.2 Índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) no primeiro e segundo ciclo da grama

Na avaliação do NDVI no primeiro ciclo, houve interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes apenas para os períodos: 17/04/2021, 24/07/2021, 28/08/2021, 23/10/2021, 19/02/2021, 31/03/2021 e 30/04/2021 (Tabelas

26 e 27). No segundo ciclo, houve interação entre as doses de CLE e os bioestimulantes para os períodos: 08/09/2022, 08/10/2022, 17/12/2022, 20/01/2023, 17/02/2023, 18/03/2023 e 18/04/2023 (Tabela 28).

Na leitura de NDVI no primeiro ciclo, verificou-se que os tratamentos sem aplicação de bioestimulantes obtiveram, com o aumento das doses de CLE, um decréscimo em junho e novembro e um ajuste quadrático positivo (com a dose máxima de 5 t ha⁻¹ obtendo maior índice 0,47) em julho; entretanto, antes da colheita, houve um aumento linear (Apêndice E).

Para os tratamentos com a bactéria *A. brasilense*, observa-se a diminuição do índice no outono e inverno com aumento das doses de CLE. Nos tratamentos com extrato *A. nodosum* no início do estudo, houve um ajuste linear crescente com aumento das doses de CLE; no inverno, houve também um crescimento linear e um ajuste quadrático positivo, com a dose de 5 t ha⁻¹ com maior índice de 0,45; e na primavera, houve um decréscimo com aumento das doses de CLE e só na última avaliação, os tratamentos voltaram a ter um acréscimo linear no índice. Dessa forma, a associação do extrato com o CLE teve melhores índices de NDVI para os períodos em que a grama passou por maior estresse, ou seja, períodos com menor disponibilidade hídrica, além de baixas temperaturas, ocasionando crescimento lento, conseqüentemente, uma densidade baixa. Espécies pertencentes ao gênero *Zoysia* demonstram adaptação em regiões tropicais e subtropicais, dessa forma, período de maior estresse ocorre durante o inverno, caracterizado por baixas temperaturas e escassa precipitação pluvial. Nessas condições, o crescimento dessas espécies é significativamente reduzido quando as temperaturas caem abaixo de 10°C (McCarty, 2018).

Em condições de déficit hídrico, ocorrem efeitos adversos significativos no metabolismo das plantas. A escassez de água leva ao bloqueio do transporte de elétrons entre os fotossistemas, bem como à redução na condutância estomática, resultando na diminuição da difusão de CO₂ nas folhas e conseqüente redução significativa na área foliar (Iqbal *et al.*, 2019). Tudo isso resulta na diminuição da fotossíntese, juntamente com o estresse oxidativo, que pode provocar danos ao aparato fotossintético e a outras estruturas celulares vitais para o metabolismo vegetal (Guo *et al.*, 2018).

O NDVI é um ótimo indicador da qualidade da grama, pois indiretamente mede o vigor da grama por meio da biomassa vegetal, e que pode ser utilizado para

avaliar déficit hídrico (Kerr *et al.*, 2019; Santos, 2022; Straw *et al.*, 2020). Dessa maneira, índices mais altos estão associados ao aumento da cobertura de grama e altas densidades e biomassa acima do solo (Bremer *et al.*, 2011). Isso porque o aumento significativo da biomassa aumenta influência sobre a refletância na faixa espectral avaliada pelo NDVI e esse aumento está relacionado a divisão e alongamento celular devido as substâncias presentes no extrato (Santos *et al.*, 2023).

No segundo ciclo, constatou-se que nos dois meses iniciais do experimento, o aumento das doses de CLE sem aplicação do bioestimulante teve um acréscimo no NDVI (Apêndice E). Todavia, nos 4 meses subsequentes, houve um decréscimo no NDVI com o aumento das doses de CLE. Em relação à aplicação do *Azospirillum brasilense*, verificou-se ajuste quadrático negativo para os períodos 08/09/2022, 08/10/2022, 17/12/2022 e 20/01/2023, além de decréscimo linear para o período 05 com o aumento das doses de CLE. E, por fim, na aplicação do composto com o extrato de algas, uma diminuição linear nos períodos de 08/10/2022 e 11/11/2022 com o aumento das doses de CLE.

Ao avaliar apenas a aplicação dos bioestimulantes, no período 17-04-2021 (início do estudo), os tratamentos com *Azospirillum brasilense* obtiveram maior NDVI. No final do estudo, perto da colheita, os tratamentos sem aplicação de bioestimulantes obtiveram maior índice.

Com exceção da primeira avaliação do primeiro ciclo, houve aumentos significativos no NDVI para os tratamentos com adubação convencional, com CLE e com os bioestimulantes se comparados ao tratamento controle nos dois ciclos da grama (Tabelas 26, 27 e 28).

Tabela 26 – Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) dos oito primeiros meses após a aplicação de CLE e bioestimulantes do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	18/03/2021 (1)			17/04/2021 (2)			15/05/2021 (3)			19/06/2021 (4)			
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	
Controle		0,52			0,33			0,34			0,41		
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,60	0,62	0,58	0,41aA α	0,46aA α	0,36aB	0,48 α	0,48 α	0,43 α	0,53 α	0,53 α	0,52 α	
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,59	0,58	0,63	0,38aB	0,45aA α	0,37aB	0,51 α	0,48 α	0,47 α	0,57 α	0,56 α	0,53 α	
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,62	0,65	0,66	0,42aA α	0,45aA α	0,35aB	0,49 α	0,48 α	0,48 α	0,51 α	0,52 α	0,54 α	
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,58	0,65	0,65	0,42aB α	0,43aAB α	0,48bA α	0,45 α	0,43 α	0,50 α	0,50 α	0,52 α	0,54 α	
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,59	0,58	0,64	0,38aB	0,36bB	0,45bA α	0,45 α	0,45 α	0,50 α	0,49 α	0,48 α	0,54 α	
Média	-	-	-	0,40B	0,43A	0,40B	-	-	-	-	-	-	
Teste F													
Doses de CLE		0,98 ^{NS}			5,99 ^{**}			0,93 ^{NS}			4,86 ^{**}		
Bioestimulantes (B)		1,59 ^{NS}			6,76 ^{**}			0,45 ^{NS}			1,15 ^{NS}		
(CLE) x (B)		0,62 ^{NS}			12,45 ^{**}			1,83 ^{NS}			1,99 ^{NS}		
CV (%)		11,1			6,6			8,8			5,9		
		24/07/2021 (5)			28/08/2021 (6)			25/09/2021 (7)			23/10/2021 (8)		
Controle		0,33			0,33			0,29			0,32		
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,45abAB α	0,48aA α	0,43aB α	0,44abA α	0,45aA α	0,43aA α	0,44 α	0,43 α	0,40 α	0,55abB α	0,60abA α	0,58aAB α	
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,44abA α	0,48aA α	0,46aA α	0,43abA α	0,44aA α	0,46aA α	0,42 α	0,44 α	0,42 α	0,60aA α	0,58abA α	0,56aA α	
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,48aA α	0,46abAB α	0,43aB α	0,43abA α	0,43aA α	0,45aA α	0,41 α	0,39 α	0,45 α	0,56abB α	0,62aA α	0,58aAB α	
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,45abA α	0,43abA α	0,46aA α	0,40bB α	0,40aB α	0,48aA α	0,38 α	0,39 α	0,43 α	0,54bA α	0,51cA α	0,54aA α	
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,42bA α	0,42bA α	0,45aA α	0,47aA α	0,43aA α	0,42aA α	0,43 α	0,40 α	0,46 α	0,55abA α	0,56bcA α	0,56aA α	
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Teste F													
Doses de CLE		2,69*			0,60 ^{NS}			1,03 ^{NS}			7,65 ^{**}		
Bioestimulantes (B)		1,01 ^{NS}			1,85 ^{NS}			1,64 ^{NS}			1,78 ^{NS}		
(CLE) x (B)		2,81*			2,74*			1,67 ^{NS}			2,55*		
CV (%)		6,0			7,1			9,2			5,1		

^{**}, * e ^{NS} – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett $p < 0,05$ de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 27 – Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) dos seis últimos meses após a aplicação de CLE e bioestimulantes do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	20/11/2021 (9)			18/12/2021 (10)			19/01/2022 (11)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		0,32			0,36			0,41	
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,59 α	0,63 α	0,65 α	0,66 α	0,70 α	0,68 α	0,80 α	0,80 α	0,80 α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,61 α	0,60 α	0,61 α	0,68 α	0,65 α	0,68 α	0,80 α	0,79 α	0,81 α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,56 α	0,60 α	0,62 α	0,65 α	0,64 α	0,66 α	0,76 α	0,76 α	0,79 α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,55 α	0,58 α	0,61 α	0,68 α	0,67 α	0,69 α	0,77 α	0,76 α	0,77 α
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,57 α	0,61 α	0,60 α	0,66 α	0,64 α	0,66 α	0,78 α	0,77 α	0,75 α
Média	0,57B	0,60A	0,61A	-	-	-	-	-	-
Teste F									
Doses de CLE		5,39**			4,06**			5,08**	
Bioestimulantes (B)		12,18**			1,98 ^{NS}			0,20 ^{NS}	
(CLE) x (B)		1,63 ^{NS}			1,53 ^{NS}			1,26 ^{NS}	
CV (%)		4,3			3,6			3,1	
	19/02/2022 (12)			31/03/2022 (13)			30/04/2022 (14)		
Controle		0,34			0,34			0,21	
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,60bB α	0,65aA α	0,63abAB α	0,60bB α	0,60bB α	0,64aA α	0,30bA α	0,25cA	0,25cA
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,65aA α	0,60bB α	0,65aA α	0,64abA α	0,62abA α	0,64aA α	0,34aA α	0,32bA α	0,31abA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,66aA α	0,65aA α	0,60bB α	0,66aA α	0,62abB α	0,66aA α	0,34aA α	0,31bAB α	0,30bcB α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,60bB α	0,64bA α	0,62abAB α	0,64abA α	0,64aA α	0,63aA α	0,32abA α	0,32bA α	0,35aA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,63abA α	0,62abA α	0,62abA α	0,66aA α	0,65aA α	0,63aA α	0,35aB α	0,39aA α	0,35aB α
Média	-	-	-	0,64A	0,63A	0,64A	0,33A	0,32AB	0,31B
Teste F									
Doses de CLE		1,13 ^{NS}			5,33**			25,94**	
Bioestimulantes (B)		0,88 ^{NS}			2,96 ^{NS}			3,41*	
(CLE) x (B)		6,75**			2,20*			3,64**	
CV (%)		3,3			3,5			8,2	

** , * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 28 – Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) após a aplicação de CLE e bioestimulantes do segundo ciclo da cv. Esmeralda

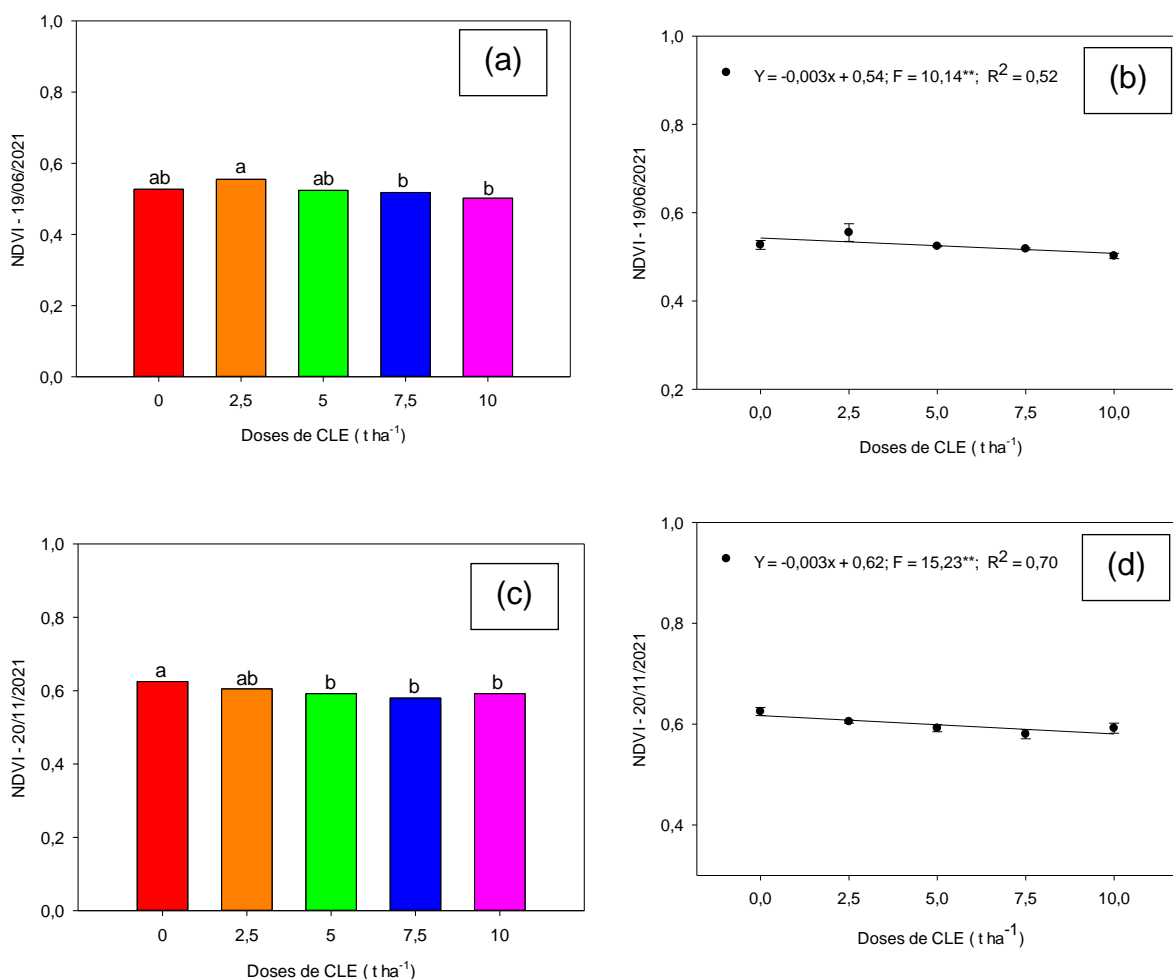
Tratamento	8/09/2022 (1)			8/10/2022 (2)			11/11/2022 (3)			17/12/2022 (4)			
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	
Controle		0,19			0,22			0,39			0,34		
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,30bB α	0,36abA α	0,31bB α	0,44bcB α	0,48AB α	0,50aA α	0,62 α	0,59 α	0,54 α	0,65aA α	0,67aA α	0,61aB α	
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,32bB α	0,29cB α	0,38aA α	0,46abcA α	0,44A α	0,47abA α	0,60 α	0,56 α	0,56 α	0,63abA α	0,64abA α	0,62aA α	
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,33abB α	0,30cB α	0,39aA α	0,43cB α	0,45bB α	0,50aA α	0,56 α	0,55 α	0,54 α	0,62abA α	0,59cB α	0,60aAB α	
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,35abA α	0,31bcA α	0,34abA α	0,47abA α	0,46abA α	0,45bA α	0,55 α	0,55 α	0,55 α	0,61bA α	0,60bcA α	0,61aA α	
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,38aA α	0,37aA α	0,37aA α	0,50aA α	0,50aA α	0,45bB α	0,54 α	0,56 α	0,55 α	0,60bA α	0,61bcA α	0,61aA α	
Média	0,33B	0,33B	0,37A	-	-	-	0,57A	0,56AB	0,55B	0,63A	0,62AB	0,61B	
Teste F													
Doses de CLE		6,58**			2,59*			3,98**			10,63**		
Bioestimulantes (B)		6,31**			2,16 ^{NS}			3,77*			4,20*		
(CLE) x (B)		5,60**			6,81**			2,08 ^{NS}			2,76*		
CV (%)		8,2			4,4			5,0			3,2		
		20/01/2023 (5)			17/02/2023 (6)			18/03/2023 (7)			18/4/2023 (8)		
Controle		0,43			0,43			0,33			0,38		
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,78aA α	0,76aAB α	0,75aB α	0,81aA α	0,81aA α	0,79aA α	0,65aA α	0,65aA α	0,66abA α	0,68 α	0,69 α	0,70 α	
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,73bcA α	0,75aA α	0,73abA α	0,79aA α	0,80abA α	0,78aA α	0,66aA α	0,67aA α	0,68aA α	0,69 α	0,70 α	0,70 α	
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,74cA α	0,74abcA α	0,75aA α	0,79aA α	0,75cB α	0,79aA α	0,62bA α	0,62bA α	0,64bA α	0,70 α	0,69 α	0,70 α	
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,71bcA α	0,71cA α	0,70bA α	0,79aA α	0,77bcA α	0,77aA α	0,62bB α	0,65abA α	0,64bAB α	0,68 α	0,70 α	0,70 α	
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,70cB α	0,72bcAB α	0,73abA α	0,78aA α	0,78abcA α	0,78aA α	0,67aA α	0,65abAB α	0,64bB α	0,71 α	0,69 α	0,70 α	
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Teste F													
Doses de CLE		19,64**			5,64**			10,66**			0,92 ^{NS}		
Bioestimulantes (B)		0,71 ^{NS}			1,14 ^{NS}			0,75 ^{NS}			1,09 ^{NS}		
(CLE) x (B)		2,64*			2,26*			2,47*			1,05 ^{NS}		
CV (%)		2,3			2,3			2,7			2,3		

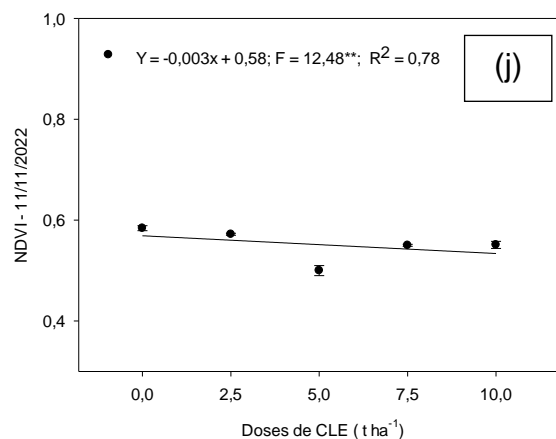
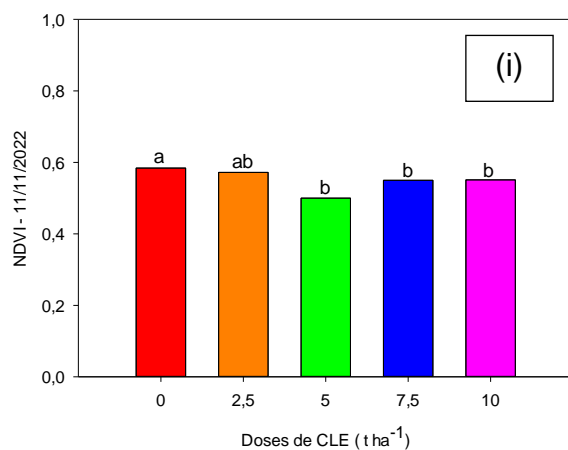
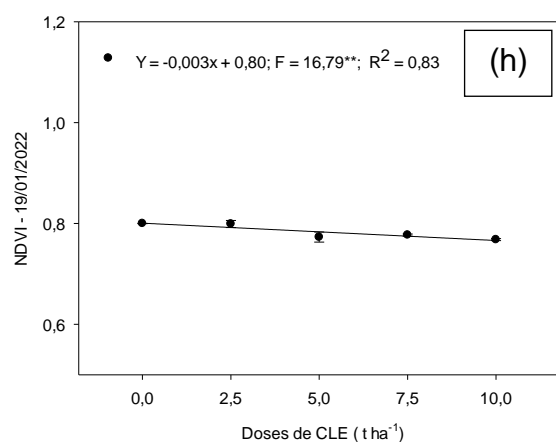
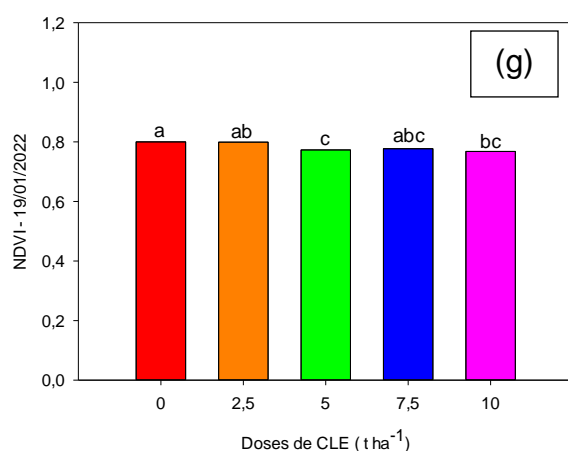
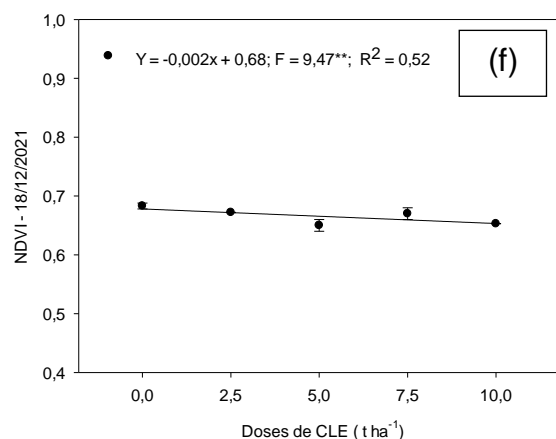
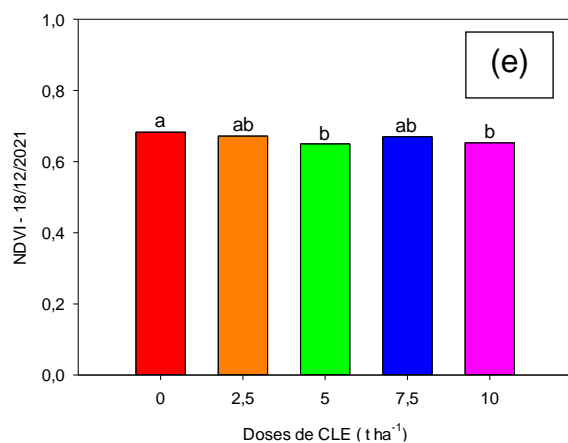
** , * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

De maneira geral, a interação entre as doses de CLE e a aplicação do *Azospirillum brasilense* resultou em maiores valores de NDVI para as menores doses de CLE. Uma hipótese levantada é que na presença de níveis mais elevados de matéria orgânica, ocorre uma competição entre os microorganismos, afetando, portanto, o desempenho do *Azospirillum*.

Para os períodos que apresentaram apenas efeito de doses, todos apresentaram redução linear no NDVI, com o aumento das doses de CLE (Figura 23). Isso reforça que a redução da adubação mineral, com o aumento das doses de CLE, diminui a qualidade visual da grama.

Figura 23 – Índice de Vegetação de Diferença Normalizada da grama avaliado ao longo do primeiro (a, b, c, d, e, f, g, h) e segundo ciclo da cv. Esmeralda (i, j)





Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade para o gráfico de barras. **, * e ^{NS} – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente para o gráfico de regressão.

4.2.3 Taxa de cobertura verde no primeiro e segundo ciclo da grama

Exceto para a avaliação no dia 28/08/2021 do primeiro ciclo, houve interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes para a taxa de cobertura

verde (Tabelas 29 e 30). No segundo ciclo, exceto para os dias 17/02/2023 e 18/03/2023, houve interação entre as doses de CLE e os bioestimulantes (Tabela 31). É importante destacar que entre a primeira e a segunda avaliação do primeiro ciclo, houve uma diminuição significativa da taxa de cobertura verde. O esperado seria um aumento; a redução da taxa observada está relacionada a roçada na grama, que diminuiu a biomassa na área avaliada, resultando em uma menor taxa no segundo período. Outro fator, que afetou a taxa de cobertura, foi a seca ocorrida em alguns períodos do ano, podendo ser observado na quarta para quinta avaliação.

Todavia, ao observar a diminuição na taxa na quinta avaliação (24/07/2021) em relação à quarta, isso está relacionado ao período seco, diminuindo assim a taxa de cobertura verde.

No segundo, quarto e décimo primeiro mês do início do estudo, nos tratamentos apenas com CLE, houve um aumento crescente da taxa com o aumento das doses e, em sequência, a maioria dos períodos avaliados teve um ajuste quadrático positivo (Apêndice F). Assim, os períodos de 15/05/2021; 24/07/2021; 25/09/2021; 23/10/2021; 18/12/2021 e 19/02/2022 obtiveram as maiores taxas para as doses de: 4,7 t ha⁻¹ (38,1%); 5,5 t ha⁻¹ (19,4%); 6,2 t ha⁻¹ (19,5%); 3,2 t ha⁻¹ (34,2%); 3,8 t ha⁻¹ (72,3%); 4,8 t ha⁻¹ (58,7%), respectivamente.

Para os tratamentos com *A. brasilense*, destaca-se que com o aumento das doses de CLE, na maioria dos períodos avaliados, houve um decréscimo linear, destacando o efeito negativo entre o aumento das doses de CLE com a bactéria, assim como foi observado no NDVI. Quando analisados os tratamentos com o extrato de *A. nodosum*, observou-se um acréscimo com o aumento das doses de CLE da taxa durante o início, o inverno e antes da colheita. Todavia, para os períodos de primavera e verão, houve um ajuste quadrático positivo, com as doses 4,5; 4,6; 3,6 e 5,6 t ha⁻¹ obtendo as maiores taxas 40,7%; 67,4%; 94,1 e 57,8% (Apêndice F).

Apesar de a taxa de cobertura verde ser um bom indicativo do fechamento da grama para colher tapetes viáveis, no primeiro ciclo, em janeiro de 2022, com uma taxa média de 92%, ainda não estava em condições de realizar a colheita. E nos meses seguintes, houve um aumento no fechamento (raízes, rizomas e estolões); entretanto, houve uma redução da taxa de cobertura devido à diminuição da cor verde pela morte da parte aérea, causada pelo período de maior déficit hídrico, o que mostrou uma redução na taxa de cobertura verde nos últimos meses de estudo.

A colheita dos tapetes ocorreu 15 meses após os tratamentos, devido à baixa precipitação durante o ciclo.

No segundo ciclo, na aplicação somente de CLE, a taxa de cobertura verde apresentou um ajuste quadrático negativo com o aumento das doses de CLE (Apêndice F). Para os tratamentos com *Azospirillum brasilense*, o aumento das doses de CLE apresentou um decréscimo linear para os períodos de 11/11/2023, 20/01/2023 e 18/03/2023. E para o extrato, houve um decréscimo linear na taxa de cobertura verde na primeira avaliação, com aumento das doses de CLE.

Na comparação entre os bioestimulantes, notou-se diferença significativa nos dois ciclos, para os períodos: 18/03/2021, 17/04/2021, 24/07/2021, 28/08/2021, 20/11/2021, 18/12/2021, 31/03/2022, 30/04/2022, 11/11/2002, 17/12/2022, 20/01/2023 e 18/04/2023. Dessa forma, destaca-se o período de inverno, que apresentou maior déficit hídrico e sem aplicação de adubo mineral (nitrogenado), mostrou-se que os tratamentos com extrato *A. nodosum* obtiveram uma maior taxa de cobertura verde, o que não foi observado nos períodos de maior precipitação pluvial. Isso confirma a importância da aplicação do extrato para manter o crescimento da grama nos períodos de maior estresse. Esta vantagem da aplicação do extrato de algas durante períodos de estresse se deve principalmente à capacidade de reduzir e retardar a senescência foliar do gramado. Essa característica pode estar associada à atividade das citocininas, uma vez que se sabe que esses compostos podem retardar a senescência e a degradação da clorofila, além de induzir a biossíntese desta última (Cortleven e Schmülling, 2015).

No estudo de Santos et al (2024), dose de 15 mL L⁻¹ de extrato de algas marinhas favoreceu o desenvolvimento do gramado com bermuda DiscoveryTM; Santos et al. (2024), ressaltam também que a utilização de bioestimulantes à base de algas marinhas demonstrou ser uma ferramenta crucial para estimular o crescimento inicial e o fechamento do gramado, o que pode resultar em uma antecipação na colheita.

De modo geral, no primeiro ciclo da grama, o tratamento controle obteve uma taxa significativamente menor em relação aos tratamentos aplicados nos períodos de maior precipitação pluvial (Tabela 30). No segundo ciclo, que teve um período maior de precipitação, verificou-se que o tratamento controle foi significativamente menor em relação aos demais tratamentos para todos os meses avaliados (Tabela 31).

Tabela 29 –Taxa de cobertura verde do solo dos oito primeiros meses após a aplicação de CLE e bioestimulantes do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	18/03/2021 (%) (1)			17/04/2021 (%) (2)			15/05/2021 (%) (3)			19/06/2021 (%) (4)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		28,8			8,5			19,8			12,7	
0 t ha ⁻¹ de CLE	53,7aA α	35,7bB	44,8aAB α	16,2aB α	21,8aA α	9,6cC	24,2aA	33,1aA	23,2bA	23,1bA α	26,3abA α	26,1aA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	35,6bA	39,4bA	15,4bB	13,6aB	16,5bAB α	20,1aA α	29,3aA	31,2aA	33,5abA	30,5aA α	32,0aA α	23,1aB α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	41,7abB	59,0aA α	39,2aB	16,9aA α	15,3bAB α	12,0bcB	37,0aA α	28,8aAB	23,4aB	24,1abA α	25,2bcA α	22,5aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	48,8abA α	39,2bA	39,4aA	8,1bB	17,3abA α	18,0aA α	26,2aA	24,7aA	34,0abA	20,8bA α	19,7cA α	20,3aA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	41,8abA	32,8bA	41,4aA	6,8bB	14,8bA α	16,7abA α	22,8aB	26,7aAB	38,2aA α	20,5bA α	22,2bcA α	23,5aA α
Média	44,4A	41,2A	36,0B	12,3B	17,2A	15,2A	-	-	-	-	-	-
Teste F												
Doses de CLE		11,62**			4,38**			0,67 ^{NS}			11,62**	
Bioestimulantes (B)		8,10**			19,35**			0,65 ^{NS}			1,98 ^{NS}	
(CLE) x (B)		7,56**			13,23**			3,23**			2,41*	
CV (%)		16,6			17,1			24,7			13,8	
	24/07/2021 (%) (5)			28/08/2021 (%) (6)			25/09/2021 (%) (7)			23/10/2021 (%) (8)		
Controle		10,9			14,9			11,4			4,7	
0 t ha ⁻¹ de CLE	15,8aB	20,7aAB α	24,4aA α	20,5	22,0 α	21,6	15,1bB	21,1aA α	12,7bB	28,6bcA α	32,0bA α	27,0aA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	16,9aA	17,5abA α	16,1bA	17,0	24,3 α	18,1	13,4bB	22,5aA α	19,1abA α	36,9aA α	40,4aA α	25,3aB α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	19,9aA α	18,7abA α	21,9abA α	18,8	20,1	24,5 α	20,0abA α	17,8aA	17,8abA	32,8abAB α	37,2abA α	28,1a α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	18,9aAb α	14,3bB	20,5abA α	21,6	19,9	24,0 α	22,2aA α	19,4aA α	23,1aA α	24,0cAB α	20,9cB α	27,0aA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	16,3aA	15,9abA	19,4abA α	15,0	17,3	18,7	15,6abB	18,9aAB α	23,3aA α	17,1dB α	19,6cB α	29,9aA α
Média	17,6B	17,4B	20,5A	18,6B	20,8AB	21,4A	17,3B	20,0A	19,4AB	-	-	-
Teste F												
Doses de CLE		3,96**			4,18**			3,90**			29,29**	
Bioestimulantes (B)		6,95**			3,84*			3,47*			3,16 ^{NS}	
(CLE) x (B)		2,50*			1,99 ^{NS}			4,60**			11,98**	
CV (%)		15,9			16,7			18,0			12,4	

** , * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 30 – Taxa de cobertura verde do solo dos seis últimos meses após a aplicação de CLE e bioestimulantes do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	20/11/2021 (%) (9)			18/12/2021 (%) (10)			19/01/2022 (%) (11)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		11,2			14,8			13,1	
0 t ha ⁻¹ de CLE	40,9aB α	44,0abA α	37,7abB α	65,5abB α	78,8aA α	61,3aB α	96,0aA α	95,7abA α	93,3aA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	34,1bcC α	48,2aA α	40,3abB α	71,7abA α	74,2abA α	66,3aA α	94,1abAB α	97,1aA α	90,8abB α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	34,1bcB α	40,7bA α	38,3abAb α	63,7bB α	73,8abA α	70,4aAB α	90,2bA α	93,7abA α	94,4aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	28,3cB α	30,8cB α	42,3aA α	74,4aA α	51,3cC α	60,8aB α	95,1abA α	84,9cB α	93,5aA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	35,5abA α	30,3cA α	35,0bA α	47,1cB α	64,1bA α	61,1aA α	89,8bAB α	91,3bA α	86,0bB α
Média	34,6B	38,8A	38,7A	64,4AB	68,5A	64,0B	-	-	-
Teste F									
Doses de CLE		15,37**			13,72**			8,90**	
Bioestimulantes (B)		11,36**			4,27*			1,40 ^{NS}	
(CLE) x (B)		10,48**			11,18**			6,90**	
CV (%)		8,8			8,4			3,1	
Tratamento	19/02/2022 (%) (12)			31/03/2022 (%) (13)			30/04/2022 (%) (14)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		7,2			14,7			4,2	
0 t ha ⁻¹ de CLE	45,7bB α	56,1abA α	38,8cC α	47,9bB α	57,9aAB α	68,0aA α	5,1cA	4,6aA	4,4bA
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	58,0aA α	61,9aA α	61,2aA α	57,2abA α	62,3aA α	67,7aA α	5,9bcA	4,8aA	6,1abA
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	59,1aA α	53,5bA α	53,3bA α	56,4abAB α	50,0aB α	65,4aA α	7,9bA α	6,7aA	3,8bB
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	52,5abA α	42,4bB α	52,3bA α	61,1abA α	57,8aA α	54,9aA α	5,3bcA	6,0aA	6,2abA
10 t ha ⁻¹ de CLE	46,3bAB α	43,4bB α	50,1bA α	66,0aA α	53,6aB α	67,7aA α	12,3aA α	6,2aC	8,7aB α
Média	-	-	-	57,7B	56,3B	64,8A	7,3A	5,7B	5,9B
Teste F									
Doses de CLE		36,62**			1,69 ^{NS}			16,92**	
Bioestimulantes (B)		0,56 ^{NS}			8,60**			8,39**	
(CLE) x (B)		11,31**			3,26**			5,45**	
CV (%)		7,0			12,1			22,6	

** , * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

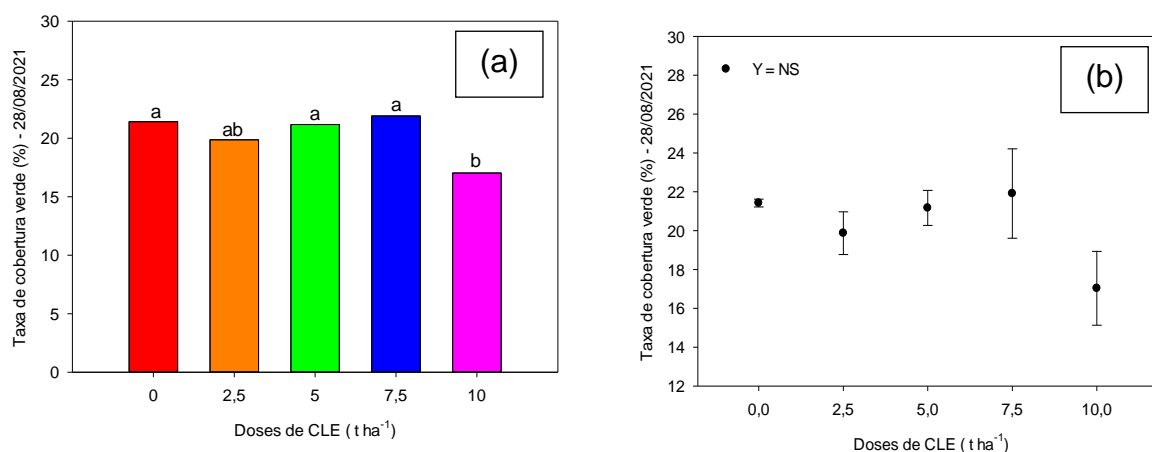
Tabela 31 – Taxa de cobertura verde do solo dos oito primeiros meses após a aplicação de CLE e bioestimulantes do segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	8/09/2022 (%) (1)			8/10/2022 (%) (2)			11/11/2022 (%) (3)			17/12/2022 (%) (4)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		7,1			12,3			14,4			13,9	
0 t ha ⁻¹ de CLE	14,8aA α	15,5aA α	17,1aA α	36,9aA α	29,0aAB α	27,5bB α	48,5aA α	39,1aB α	34,1bB α	78,5aA α	83,2aA α	65,0bB α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	13,3aB α	13,5aB α	20,2aA α	24,6bB α	31,6aB α	43,7aA α	33,9bB α	33,9abB α	54,0aA α	64,3bB α	66,6bB α	85,1aA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	15,5aA α	13,9aA α	9,9bB	24,6bA α	24,9aA α	30,8bA α	30,1bAB α	28,6bcB α	35,7bA α	63,2bA α	45,4dB α	58,0bA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	12,3aA α	12,2aA α	10,4bA	28,7abA α	26,3aA α	29,6bA α	32,8bA α	33,1abA α	33,7bA α	64,0bA α	53,4cdB α	58,2bAB α
10 t ha ⁻¹ de CLE	16,0aA α	14,5aA α	9,8bB	30,6aA α	30,1aA α	20,7bB	35,5bA α	23,8cB α	36,2bA α	64,6bA α	57,4bcA α	58,7bA α
Média	-	-	-	-	-	-	36,1A	31,7B	38,7A	61,2B	66,9A	65,0AB
Teste F												
Doses de CLE		10,07**			3,24*			15,88**			33,74**	
Bioestimulantes (B)		1,09 ^{NS}			0,78 ^{NS}			15,37**			6,13**	
(CLE) x (B)		9,43**			5,43**			11,39**			10,89**	
(Adic) X (Fatorial)		46,16**			37,10**			102,20**			343,06**	
CV (%)		14,4			19,2			11,8			13,9	
Tratamento	20/01/2023 (%) (5)			17/02/2023 (%) (6)			18/03/2023 (%) (7)			18/04/2023 (%) (8)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		17,2			26,5			16,5			10,5	
0 t ha ⁻¹ de CLE	86,6aA α	90,5aA α	76,0bB α	97,3 α	96,6 α	97,0 α	92,2 α	94,5 α	93,3 α	68,0abA α	72,9abA α	71,7abA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	79,8aB α	92,3aA α	78,6aB α	95,9 α	97,0 α	95,5 α	95,1 α	93,0 α	94,0 α	74,0abA α	68,0bcB α	78,0aA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	79,4aA α	82,1abA α	89,6aA α	95,6 α	95,9 α	96,5 α	91,0 α	91,8 α	93,6 α	74,5aA α	64,5cB α	78,1aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	86,0aA α	76,8bAB α	66,9bB α	96,3 α	96,3 α	95,4 α	91,8 α	91,3 α	93,4 α	67,4bB α	75,5aA α	70,9bAB α
10 t ha ⁻¹ de CLE	75,2aA α	71,9bA α	78,5abA α	94,4 α	96,0 α	96,7 α	91,1 α	91,7 α	94,8 α	71,3abA α	72,8abA α	76,0aA α
Média	81,4AB	82,7A	7,9B	-	-	-	-	-	-	71,0B	70,7B	74,9A
Teste F												
Doses de CLE		6,26**			0,54 ^{NS}			2,13 ^{NS}			1,37 ^{NS}	
Bioestimulantes (B)		3,31*			0,25 ^{NS}			2,59 ^{NS}			9,57**	
(CLE) x (B)		5,74**			0,48 ^{NS}			1,10 ^{NS}			6,70**	
(Adic) X (Fatorial)		406,17**			3715,35**			5174,82**			1246,97**	
CV (%)		7,9			2,4			2,3			4,9	

** , * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Diferentemente da análise do NDVI, houve apenas diferença de doses para o período de 28-08-2021 do primeiro ciclo. Ao observar a taxa de cobertura verde para o mesmo período, constatou-se que apenas a maior dose (10 t ha⁻¹) apresentou uma menor taxa (Figura 24).

Figura 24 – Taxa de cobertura verde da grama ao longo do primeiro da cv. Esmeralda (a, b)



Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade para o gráfico de barras. **, * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente para o gráfico de regressão.

4.3 Biomassa total das aparas e acúmulo de nutrientes nas partes da grama e acúmulo total extraído pela grama

4.3.1 Biomassa total e acúmulo das aparas do primeiro e segundo ciclo da grama

É importante ressaltar que, no cultivo de gramados, o sistema de roçagem é essencial, uma vez que estimula o desenvolvimento do sistema radicular, promovendo a expansão através dos rizomas. Isso possibilita a formação de um tapete com raízes robustas e bem estabelecidas, garantindo a qualidade na hora da colheita em um menor tempo de cultivo (Carribeiro, 2014).

Dessa forma, houve interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes para toda a biomassa total das aparas, coletada durante o primeiro ciclo da cultura da grama, e todos os nutrientes acumulados nas análises das aparas (Tabelas 32 e 33).

Nos nutrientes acumulados pelas aparas, observou-se com o aumento das doses de CLE e sem aplicação de bioestimulantes, um ajuste quadrático negativo para todos os nutrientes (Apêndice H). Exceto para o Zn, nos tratamentos com *A. brasilense*, houve uma diminuição do acúmulo de nutrientes com o aumento das doses de CLE.

Para os tratamentos com *A. nodosum*, houve um decréscimo linear para N, P, Mg, S e B; além disso, verificou-se um ajuste quadrático positivo para K, Ca, Cu e Zn, com as doses de 2,5; 2,3; 3,8; 4,1 t ha⁻¹ obtendo os maiores acúmulos, como: 22,4 (kg ha⁻¹ de K); 7,3 (kg ha⁻¹ de Ca); 12,3 (g ha⁻¹ de Cu) e 44,9 (g ha⁻¹ de Zn). Os macronutrientes mais acumulados pelas aparas foram o N e K, seguidos por Ca > S > Mg = P. Em relação aos micronutrientes, os maiores acúmulos foram: Mn > Zn > Cu > B.

Ao comparar a aplicação dos bioestimulantes, verificou-se maior acúmulo de N, P, K, S, B, Mn e Zn nas aparas para os tratamentos com aplicação de *A. nodosum* e sem aplicação de bioestimulantes. Já para o acúmulo de Ca, Mg e Cu, os tratamentos com bioestimulantes obtiveram menores acúmulos nas aparas.

Ademais, o acúmulo de Fe nas aparas e nas partes do tapete de grama não foi analisado nesse estudo. Mesmo lavando as amostras, houve uma contaminação dos resultados, não sendo possível realizar a análise.

Como no tratamento controle não houve adubação e, conseqüentemente, não obteve um crescimento adequado (sem fechamento do tapete), o tratamento controle apresentou menor acúmulo de nutrientes e biomassa seca em relação aos tratamentos aplicados (Tabelas 32 e 31).

Tabela 32 – Biomassa total produzida das aparas e macro nutrientes acumulados das aparas do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	Biomassa seca total (kg ha ⁻¹)			N (kg ha ⁻¹)			P (kg ha ⁻¹)			K (kg ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		273			3			0,3			1	
0 t ha ⁻¹ de CLE	1963aA α	1932aA α	1835aA α	37aA α	34aA α	36aA α	3,0aA α	3,2aA α	3,1aA α	24aAB α	25aA α	21B α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	1870aA α	1887aA α	1864aA α	34abA α	35aA α	35aA α	3,3aA α	3,2aA α	2,9aA α	23aAB α	25aA α	20B α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	1144cB α	1228bB α	1900aA α	18dB α	22bB α	35aA α	1,6bB α	1,9bB α	3,0aA α	14bcB α	14bB α	25A α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	1191cA α	868cB α	1124bA α	23cA α	16cB α	20bA α	1,9bA α	1,7bB α	1,8bAB α	12cA α	10cA α	13A α
10 t ha ⁻¹ de CLE	1524bA α	1011bcB α	1064bB α	30bA α	18bcB α	19bB α	2,9aA α	1,3bB α	1,6bB α	17bA α	10,bcB α	12B α
Média	1538A	1385B	1559A	28A	25B	29A	2,6A	2,2B	2,5AB	18AB	17B	18A
Teste F												
Doses de CLE		132,45**			109,79**			41,37**			78,13**	
Bioestimulantes (B)		13,33**			16,08**			4,61*			3,29*	
(CLE) x (B)		17,69**			19,63**			9,53**			14,90**	
CV (%)		8,2			9,1			14,9			12,1	
		Ca (kg ha ⁻¹)			Mg (kg ha ⁻¹)			S (kg ha ⁻¹)				
Controle		2			0,3			0,4			-----	
0 t ha ⁻¹ de CLE	14aA α	12aB α	11aB α	3,5aA α	3,1aB α	3,4aAB α	4,1aB α	4,7aAB α	4,9aA α		-----	
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	13aA α	13aA α	12aA α	3,3aA α	3,0aA α	3,0aA α	4,2aA α	4,6aA α	4,5aA α		-----	
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	7bB α	8bB α	13aA α	1,9bB α	2,1bB α	3,3aA α	2,3cB α	2,6bB α	4,6aA α		-----	
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	9bA α	6,bB α	6bB α	2,2bA α	1,6cB α	1,7bB α	2,8bcA α	2,1bA α	2,5bA α		-----	
10 t ha ⁻¹ de CLE	13aA α	6bB α	7bB α	3,2aA α	1,7bcB α	1,7bB α	3,7abA α	2,4bB α	2,1bB α		-----	
Média	11A	9C	10A	2,8A	2,3C	2,6B	3,4AB	3,3B	3,7A		-----	
Teste F											-----	
Doses de CLE		42,71**			73,34**			57,00**			-----	
Bioestimulantes (B)		17,82**			21,44**			4,89*			-----	
(CLE) x (B)		13,92**			18,35**			11,68**			-----	
CV (%)		12,9			10,3			13,5			-----	

** , * e NS – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 33 – Acúmulo de microcutrientes das aparas do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (g ha ⁻¹)			Cu (g ha ⁻¹)			Mn (g ha ⁻¹)			Zn (g ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		4			5			35			5	
0 t ha ⁻¹ de CLE	25aA α	24aA α	21aA α	26bA α	24aA α	23bA α	235aA α	192aB α	252aA α	37bA α	33aA α	35bA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	26aA α	26aA α	22aA α	20cdA α	23aA α	23bA α	223aA α	211aAB α	189bB α	33bB α	34aB α	52aA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	14bB α	15bAB α	21aA α	15dB α	18bB α	31aA α	128bB α	147bB α	242aA α	25bB α	27aB α	52aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	16bA α	11bA α	12bA α	22bcA α	13bB α	18bcA α	126bA	96cB α	130cA α	37bA α	23aB α	33bAB α
10 t ha ⁻¹ de CLE	20abA α	11bB α	13bB α	50aA α	17bB α	16cB α	207aA α	107cB α	120cB α	85aA α	34aB α	27bB α
Média	21A	17B	18AB	27A	19C	22B	184A	151B	187A	44A	30B	40A
Teste F												
Doses de CLE		23,66**			25,29**			106,54**			13,80**	
Bioestimulantes (B)		3,83*			43,91**			35,57**			23,36**	
(CLE) x (B)		3,13**			57,28**			27,93**			28,02**	
CV (%)		20,0			11,7			9,0			17,5	

** , * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett $p < 0,05$ de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

No segundo ciclo, também houve interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes para a biomassa seca das aparas e os nutrientes acumulados nas aparas (Tabelas 34 e 35).

Ao analisar o aumento das doses de CLE sem aplicação de bioestimulantes, observou-se decréscimo linear da biomassa seca das aparas, acúmulo de N, acúmulo de P, acúmulo de Ca, acúmulo de Mg, acúmulo de Cu e acúmulo de Mn das aparas (Apêndice H). Com o aumento das doses de CLE e a aplicação do *Azospirillum brasilense*, houve um ajuste quadrático negativo para a biomassa seca das aparas e todos os nutrientes acumulados das aparas. Já para os tratamentos com extrato de algas, o aumento das doses de CLE diminuiu linearmente a biomassa das aparas e todos os macro e micronutrientes das aparas.

Para a análise apenas dos bioestimulantes, a aplicação somente de CLE obteve maiores acúmulos de N, P, K, Ca, Mn, S, B, Cu e Zn em relação aos tratamentos com a bactéria e o extrato de algas. Tanto para a biomassa seca quanto para o acúmulo de Mn, tanto os tratamentos com apenas o CLE quanto os tratamentos com a bactéria tiveram maiores acúmulos em relação ao extrato de algas.

Os macronutrientes mais acumulados no segundo ciclo foram: $N > K > Ca > S > P > Mg$. Em relação aos micronutrientes, os maiores acúmulos foram: $Mn > Zn > Cu > B$.

Da mesma forma que ocorreu no primeiro ciclo da cultura, no segundo ciclo, o tratamento de controle apresentou significativamente menores valores no acúmulo de nutrientes e biomassa seca das aparas (Tabelas 34 e 35).

Tabela 34 – Biomassa total produzida das aparas e os macro nutrientes acumulados das aparas do segundo ciclo da cv.

Esmeralda

Tratamento	Biomassa seca total (kg ha ⁻¹)			N (kg ha ⁻¹)			P (kg ha ⁻¹)			K (kg ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		124			2			0,1			1	
0 t ha ⁻¹ de CLE	1836aA α	1945aA α	1550bB α	38aA α	41aA α	33aB α	3,2aAB α	3,7aA α	2,9aB α	30aA α	31aA α	25aB α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	1630abB α	1468bB α	1831aA α	36aA α	31bB α	38aA α	2,8aB α	2,6bB α	3,1aA α	24bB α	23bB α	29aA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	1195cA α	749dB α	1337bA α	26bA α	16dB α	28bA α	2,0bA α	1,1dB α	2,1bA α	18cA α	11cB α	19bA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	1437bA α	1118cB α	1076cB α	29bA α	21cB α	19cB α	2,8aA α	1,7cB α	1,8bB α	22bA α	14cB α	15bcB α
10 t ha ⁻¹ de CLE	1176cA α	1002cA α	1038cA α	25bA α	20cdB α	21cAB α	2,1bA α	1,7cA α	1,8bA α	18cA α	14cA α	14cA α
Média	1455A	1257C	1366B	31A	26C	28B	2,6A	2,1B	2,3B	22A	19C	21B
Teste F												
Doses de CLE		112,89**			107,46**			84,15**			82,43**	
Bioestimulantes (B)		17,34**			19,64**			14,08**			12,77**	
(CLE) x (B)		14,62**			12,14**			11,46**			8,88**	
CV (%)		8,3			9,4			11,4			12,1	
		Ca (kg ha ⁻¹)			Mg (kg ha ⁻¹)			S (kg ha ⁻¹)				
Controle		0,5			0,1			0,2				----
0 t ha ⁻¹ de CLE	7,0aA α	7,0aA α	5,2aB α	3,1aA α	3,2aA α	2,5aB α	3,7aA α	3,4aA α	2,6bB α			----
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	6,2abA α	5,0bB α	6,2abA α	2,6bAB α	2,4bB α	2,7aA α	2,9bB α	2,1bC α	3,6aA α			----
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	4,5cA α	3,2cB α	4,8bcA α	2,0cA α	1,3cB α	2,2bA α	2,1cA α	1,4cB α	2,4bcA α			----
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	5,2bcA α	4,2bcA α	4,2bcA α	2,5bA α	1,6cB α	1,7cB α	2,5bcA α	1,8bcB α	1,9cB α			----
10 t ha ⁻¹ de CLE	4,7cA α	3,8bcA α	3,8cA α	1,8cA α	1,6cA α	1,6cA α	2,2cA α	1,6bcB α	1,8cAB α			----
Média	5,5A	4,7B	4,8B	2,4A	2,1B	2,0B	2,7A	2,1C	2,4B			----
Teste F												----
Doses de CLE		27,02**			162,43**			47,90**				----
Bioestimulantes (B)		9,12**			36,20**			21,12**				----
(CLE) x (B)		3,55**			20,34**			9,43**				----
CV (%)		14,8			7,3			13,6				----

** , * e NS – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 35 – Acúmulo de microcutrientes das aparas do segundo ciclo da grama do segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (g ha ⁻¹)			Cu (g ha ⁻¹)			Mn (g ha ⁻¹)			Zn (g ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		1			1			13			2	
0 t ha ⁻¹ de CLE	21aA α	22aA α	18aB α	20aA α	20aA α	17abB α	138aA α	144aA α	114bB α	30abA α	32aA α	27abA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	14bB α	17bB α	20aA α	18aA α	17aA α	19aA α	108bB α	97bB α	138aA α	31abA α	29abA α	33aA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	13bA α	9cB α	12bA α	14bA α	9cB α	15abcA α	93bcA α	58cB α	101bA α	25bA α	17cB α	29abA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	16bB α	19cA α	12bB α	17abA α	14bB α	14bcB α	86cA α	58cB α	75cAB α	33aA α	25bB α	25bB α
10 t ha ⁻¹ de CLE	13bA α	11cAB α	10bB α	14bA α	13bA α	13cA α	80cA α	70cA α	74cA α	26bA α	23bcA α	23bA α
Média	15A	13B	14AB	17A	15B	16AB	101A	85B	100A	29A	25B	2AB
Teste F												
Doses de CLE		59,92**			36,07**			77,75**			11,79**	
Bioestimulantes (B)		5,31**			7,92**			14,85**			7,26**	
(CLE) x (B)		8,48**			6,30**			9,91**			5,08**	
CV (%)		13,0			11,0			11,4			13,0	

** , * e ^{NS} – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett $p < 0,05$ de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Dessa forma, de maneira geral, observou-se em ambos os ciclos que o aumento mais significativo de nutrientes nas aparas está diretamente relacionado ao maior acúmulo de matéria seca. Esses acúmulos foram mais expressivos quando não houve aplicação de CLE ou quando a dosagem foi de 2,5 t ha⁻¹, independentemente da utilização de bioestimulantes. Isso sugere que o CLE não foi eficaz em fornecer nutrientes para o crescimento das plantas, visto que a adubação mineral convencional apresenta alta solubilidade e os nutrientes estão prontamente disponível para as plantas. É importante ressaltar que, no primeiro ciclo, observou-se que os maiores acúmulos ocorreram com as menores doses de CLE até 5 t ha⁻¹, quando aplicado o extrato. Isso sugere uma potencial melhora do efeito do CLE. Tal fenômeno pode estar associado ao período de estresse hídrico durante o ciclo, o qual aumentou a absorção de nutrientes pelas raízes. Entretanto, esse efeito não foi observado no segundo ciclo, que foi período melhor de chuvas.

Quando discutimos a produção de aparas, do ponto de vista econômico, uma quantidade menor pode ser mais vantajosa, pois reduzirá os custos com roçadas. No entanto, sob a ótica do desenvolvimento da planta, isso pode ser prejudicial, já que pode estar afetando negativamente o seu crescimento, se no caso, for a falta de nutrientes necessários para o crescimento.

4.3.2 Acúmulo das folhas e caule do tapete colhido do primeiro e segundo ciclo da grama

Após a colheita, foi avaliado o acúmulo de nutrientes da parte aérea (folhas e caules) que foram exportados pelo tapete de grama. No primeiro ciclo, houve interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes para todos os nutrientes acumulados nas folhas do tapete de grama (Tabelas 36 e 37).

Dessa forma, com o aumento das doses de CLE sem aplicação de bioestimulantes, observou-se um ajuste quadrático positivo para os teores acumulados de N, K, Ca, Mg, S, Mn e Zn nas folhas. Para esses elementos, as doses de 3,7 t ha⁻¹ (N), 2,2 t ha⁻¹ (K), 4,5 t ha⁻¹ (Ca), 4,8 t ha⁻¹ (Mg), 3,7 t ha⁻¹ (S), 3,3 t ha⁻¹ (Mn) e 3,3 t ha⁻¹ (Zn) apresentaram os maiores acúmulos, sendo de 25,6 kg ha⁻¹ de N; 12,6 kg ha⁻¹ de K; 11,7 kg ha⁻¹ de Ca; 2,9 kg ha⁻¹ de Mg; 3,6 kg ha⁻¹ de S; 326 g ha⁻¹ de Mn e 77,3 g ha⁻¹ de Zn (Apêndice H).

Com o aumento das doses de CLE associado ao *A. brasilense*, verificou-se acréscimo no acúmulo de Ca e Mn, além de um ajuste quadrático positivo para o B, com a dose de 7,4 t ha⁻¹ alcançando o maior acúmulo de 36,9 g ha⁻¹. Contudo, para os tratamentos com *A. nodosum*, houve um ajuste quadrático negativo para todos os teores acumulados de nutrientes nas folhas com o aumento das doses de CLE.

Para os nutrientes acumulados nas folhas, como o P, Ca, S e B, obteve-se diferença significativa entre a aplicação de bioestimulantes, sendo que a aplicação do extrato obteve menor acúmulo. No entanto, para o Mn, foi a aplicação com extrato de algas promoveu maior acúmulo. Para a ordem crescente de macronutrientes acumulados pelas folhas dos tapetes, temos: N > K > Ca > S > Mg > P. Em relação aos micronutrientes, a ordem foi: Mn > Zn > B > Cu.

Ao avaliar o acúmulo de nutrientes da parte aérea do tapete no primeiro ciclo, destaca-se que, apesar das raízes formadas, não houve uma boa formação da parte aérea, pois foi colhido em um período seco. Portanto, não houve uma eficiência maior da adubação, e mostrou-se que na maioria dos tratamentos, os nutrientes acumulados foram iguais ou menores que no tratamento controle (Tabelas 36 e 37).

Tabela 36 – Acúmulo de macronutrientes nas folhas dos tapetes colhidos do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	N (kg ha ⁻¹)			P (kg ha ⁻¹)			K (kg ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		18			1,8			7	
0 t ha ⁻¹ de CLE	21aB	18aB	26aA α	1,8bB	1,5bB	2,1aA	11bA α	11abA α	12aA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	26aA α	19aB	17bB	2,2aA α	2,0aA	1,6bB	14aA α	9bB	11aB α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	21aA	19aA	16bA	1,5bA	1,7abA	1,4bA	10bcA α	10abA α	10aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	24aA α	21aA	13bB	2,4aA α	1,7abB	1,4bC	10bcA α	12aA α	5bB
10 t ha ⁻¹ de CLE	13bB	20aA	24aA α	1,4bB	1,9aA	2,1aA	8cB	11abA α	12aA α
Média	-	-	-	1,9A	1,8AB	1,7B	-	-	-
Teste F									
Doses de CLE		2,27 ^{NS}			6,12 ^{**}			6,36 ^{**}	
Bioestimulantes (B)		2,17 ^{NS}			3,41 [*]			2,65 ^{NS}	
(CLE) x (B)		11,35 ^{**}			16,65 ^{**}			12,35 ^{**}	
CV (%)		15,4			10,3			11,8	
Tratamento	Ca (kg ha ⁻¹)			Mg (kg ha ⁻¹)			S (kg ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		12			2,2			3,2	
0 t ha ⁻¹ de CLE	9bAB α	7aB α	10abA	2,0cB	1,9aB	2,8aA α	3,1bcA	2,6abB α	3,3aA
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	11aA	9aB α	8bcB α	2,6abA	2,2aAB	2,1bcB	4,1aA α	2,5bB α	2,1bcB α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	9bA α	10aA	6cB α	2,3bcA	2,4aA	1,6cB	2,7cA	2,6abA α	2,4bA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	13aA	10aB	7bcC α	3,0 aA α	2,1aB	1,7cB	3,6abA	3,1aB	1,8cC α
10 t ha ⁻¹ de CLE	6bB α	9aA	11aA	1,4dB α	2,3aA	2,5abA	2,0dC α	2,6abB α	3,2aA
Média	10A	9AB	8B	-	-	-	3,1A	2,7B	2,6B
Teste F									
Doses de CLE		3,29 [*]			1,70 ^{NS}			6,25 ^{**}	
Bioestimulantes (B)		5,70 ^{**}			0,98 ^{NS}			21,70 ^{**}	
(CLE) x (B)		11,95 ^{**}			15,79 ^{**}			26,99 ^{**}	
CV (%)		13,8			12,9			9,7	

^{**}, ^{*} e ^{NS} – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett $p < 0,05$ de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 37 – Acúmulo de micronutrientes nas folhas dos tapetes colhidos do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (g ha ⁻¹)			Cu (g ha ⁻¹)			Mn (g ha ⁻¹)			Zn (g ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		37			31			302			67	
0 t ha ⁻¹ de CLE	40bA	24bB α	41abA	28bA	26bA	30abA	282bB	246aB α	380aA α	47cdA	43bA α	62abA
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	49aA α	32aB	37bcB	31bA	31abA	23bA	338aA	236aB α	296bB α	69bA	61abA	51bA
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	33cAB	36aA	30cdB	23bcA	29abA	26bA	272bA	233aAB α	217bB α	63bcA	55abA	50bA
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	52aA α	34aB	25dC α	46aA	22bB α	30abB	302abA	276aAB	244bB α	99aA α	49abB	61abB
10 t ha ⁻¹ de CLE	25dC α	36aB	47aA α	15cB α	35aA	36bA	137cC α	276aB	355aA α	33dB α	68aA	81aA
Média	40A	33C	36B	-	-	-	266AB	253B	281A	-	-	-
Teste F												
Doses de CLE		5,78**			3,45*			10,25**			4,84**	
Bioestimulantes (B)		23,37**			0,12 ^{NS}			5,75**			2,39 ^{NS}	
(CLE) x (B)		37,04**			14,28**			34,64**			11,92**	
CV (%)		9,0			15,9			9,4			18,0	

** , * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Assim como no primeiro ciclo, no segundo ciclo, houve interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes para todos os nutrientes acumulados (Tabelas 38 e 39).

Exceto para o acúmulo de B e Mn na folha, com o aumento das doses de CLE sem aplicação dos bioestimulantes, houve um acréscimo linear para os nutrientes acumulados nas folhas e caules (Apêndice H). Para a aplicação do extrato de algas, o aumento das doses de CLE, apenas para o acúmulo de Mn, apresentou um ajuste quadrático positivo, sendo a maior dose, 4,3 t ha⁻¹, obtendo o maior acúmulo de 344 g ha⁻¹.

Na comparação entre os bioestimulantes, os tratamentos com *Azospirillum brasilense* tiveram maior acúmulo para o N, K, S, B, Cu e Zn, quando comparados sem aplicação de bioestimulantes e com a aplicação de extrato. Além disso, os macronutrientes acumulados, que mais foram extraídos pelo tapete de grama, foram: N > K > Ca > S > Mg > P. E, para os micronutrientes, a ordem foi: Mn > Zn > B > Cu.

Diferentemente do que foi observado no primeiro ciclo, no segundo ciclo da grama, o acúmulo de nutrientes na parte aérea do tapete foi significativamente menor no tratamento controle em relação aos tratamentos com adubação convencional, com aplicação de CLE e bioestimulantes (Tabelas 38 e 39).

Ao contrário do que foi observado no acúmulo de nutrientes das aparas não houve uma constância dos dados acumulados pela folha dos tapetes de grama. Entretanto, apenas observou-se um acúmulo maior de micronutrientes das doses maiores de CLE no primeiro ciclo da cultura.

Tabela 38 – Acúmulo de macronutrientes nas folhas dos tapetes colhidos do segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	N (kg ha ⁻¹)			P (kg ha ⁻¹)			K (kg ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		6			1,0			4	
0 t ha ⁻¹ de CLE	29bB α	40bA α	33bB α	3,0bA α	3,7bA α	3,4abA α	18,5bB α	26,0abA α	21,7bcAB α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	33abB α	27dC α	42aA α	3,7abA α	2,6cB α	4,0abA α	21,5abA α	14,0cB α	25,5abA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	34abA α	38bcA α	38abA α	3,2bB α	3,4bcB α	4,2aA α	25,0aA α	26,2abA α	28,0aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	37aB α	47aA α	33bB α	3,3bB α	5,4aA α	3,2bB α	21,2abB α	30,7aA α	20,0cB α
10 t ha ⁻¹ de CLE	37aA α	34cA α	35bA α	4,5aA α	4,0bA α	3,9abA α	25,2aA α	24,7bA α	23,6abcA α
Média	34B	37A	36AB	-	-	-	22,3B	24,3A	23,8AB
Teste F									
Doses de CLE		7,19**			6,35**			9,49**	
Bioestimulantes (B)		6,51**			1,97 ^{NS}			3,24*	
(CLE) x (B)		18,31**			12,77**			11,53**	
CV (%)		7,7			12,7			11,8	
Tratamento	Ca (kg ha ⁻¹)			Mg (kg ha ⁻¹)			S (kg ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		1,7			0,8			0,9	
0 t ha ⁻¹ de CLE	8,2bA α	10,0bcA α	8,5aA α	2,8cA α	3,2bcA α	3,2bA α	3,3bB α	4,2bA α	3,1cB α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	11,0abA α	7,2cB α	11,2aA α	3,2bcAB α	2,7cB α	3,5abA α	3,4abB α	2,4dC α	4,2aA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	10,2bA α	10,5bcA α	11,2aA α	3,4abcA α	3,6abA α	4,0aA α	3,6abA α	3,9bcA α	3,7abA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	10,5abB α	16,2aA α	9,7aB α	3,5abB α	4,3aA α	3,0bB α	3,6abB α	5,0aA α	3,2bcB α
10 t ha ⁻¹ de CLE	14,0aA α	11,0bAB α	10,7aB α	4,0aA α	3,5bAB α	3,2bB α	4,0aA α	3,5cB α	3,9aAB α
Média	-	-	-	-	-	-	3,5B	3,8A	3,6AB
Teste F									
Doses de CLE		6,54**			9,91**			8,45**	
Bioestimulantes (B)		0,75 ^{NS}			0,40 ^{NS}			3,60*	
(CLE) x (B)		6,18**			7,50**			28,14**	
CV (%)		18,4			10,4			7,9	

** , * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 39 – Acúmulo de micronutrientes nas folhas dos tapetes colhidos do segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (g ha ⁻¹)			Cu (g ha ⁻¹)			Mn (g ha ⁻¹)			Zn (g ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		10			4			74			12	
0 t ha ⁻¹ de CLE	37cB α	46bA α	43abcAB α	24cB α	37bcA α	30bB α	312aA α	330aA α	285bcA α	44cA α	60bcA α	50bA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	47aA α	25cC α	39bcB α	33bB α	29cB α	40aA α	335aA α	229bB α	342abA α	64bcA α	50cA α	67abA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	45abA α	50bA α	47aA α	35bA α	40bA α	36abA α	325aA α	345aA α	374aA α	61bcA α	75bA α	72aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	39bcC α	68aA α	46abB α	37abB α	49aA α	31bC α	287aA α	307aA α	271cA α	81abB α	108aA α	55abC α
10 t ha ⁻¹ de CLE	48aA α	44bA α	37cC α	45aA α	35bcB α	36abB α	306aB α	337aA α	273cB α	99aA α	66bcB α	71aA α
Média	43B	47A	42B	34B	38A	35B	-	-	-	70AB	72A	63B
Teste F												
Doses de CLE		25,57**			11,49**			5,81**			17,90**	
Bioestimulantes (B)		8,30**			5,55**			0,09 ^{NS}			3,82*	
(CLE) x (B)		29,30**			12,35**			6,32**			10,46**	
CV (%)		8,5			11,0			10,8			16,0	

** , * e ^{NS} – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett $p < 0,05$ de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

4.3.3 Acúmulo de nutrientes nas raízes, rizomas e estolões do tapete colhido do primeiro e segundo ciclo da grama

Nas raízes, rizomas e estolões, estrutura da grama Esmeralda que vem junto ao tapete, fundamental para definir a qualidade do produto final, houve interação entre as doses de CLE e os bioestimulantes para os macronutrientes (Tabela 40). Em relação ao acúmulo de micronutrientes, também houve interação entre as doses de CLE e os bioestimulantes (Tabela 41).

Dessa maneira, exceto para o N e o Ca acumulado, verificou-se aumento no acúmulo de nutrientes com o aumento das doses de CLE associado à aplicação com a bactéria *A. brasilense* ou *A. nodosum* (Apêndice H). Para a aplicação somente do CLE, houve uma diminuição no teor acumulado de Ca e um aumento linear para o acúmulo de Zn. Dessa forma, para o acúmulo de Zn, independentemente da aplicação dos bioestimulantes, a adubação com CLE proporcionou incremento do micronutriente. Esse fato destaca a importância do CLE para o fornecimento de micronutrientes na grama, o que foi verificado em estudos com soja e milho (Prates *et al.*, 2020; Prates *et al.*, 2022), o que explica também o baixo teor de nutriente no solo após a colheita do tapete.

Na comparação entre a aplicação de bioestimulantes, exceto para o Ca e o Cu, houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabelas 26 e 27). Assim como na biomassa seca das raízes, que foi maior nos tratamentos com extrato, o acúmulo de macro e micronutrientes manteve-se maior em relação aos tratamentos com apenas a adubação de CLE e a aplicação do *A. brasilense*, indicando que o aumento das raízes contribuiu para o acúmulo pela quantidade de biomassa produzida, além do aumento da absorção desses nutrientes no solo. Além disso, Van Oosten *et al.* (2017) afirmam que o extrato de alga utilizado contém compostos bioativos e enzimas cruciais para a assimilação de certos nutrientes, especialmente o nitrogênio, o que contribuiu para o crescimento da grama e qualidade dos tapetes.

Os macronutrientes, em ordem crescente de maior acumulação nas raízes, foram: N > K > Ca > S > Mg = P. Para os micronutrientes, temos: Mn > Zn > B > Cu. Ademais, a redução de N, P e K por meio da aplicação mineral convencional não influenciou no acúmulo desses elementos nesta estrutura vegetativa.

A maioria dos nutrientes acumulados pelas raízes, rizomas e estolões no primeiro ciclo foi significativamente menor para o tratamento controle quando

comparado aos tratamentos adubados com adubo mineral, CLE e aplicação de bioestimulantes (Tabelas 40 e 41). Todavia, as doses menores de CLE com aplicação do extrato não apresentaram diferença significativa no acúmulo de Mn em relação ao controle.

Tabela 41 – Acúmulo de micronutrientes das raízes, rizomas e estolões, dos tapetes colhidos do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (g ha ⁻¹)			Cu (g ha ⁻¹)			Mn (g ha ⁻¹)			Zn (g ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		91			18			424			63	
0 t ha ⁻¹ de CLE	179aA α	128acB α	136dB α	67aA α	53bA α	64bcA α	763aA α	746aA α	576cA	132bB α	124cB α	180bA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	167abB α	100cC	213bA α	64aA α	53bA α	54cA α	579aA	456bA	600cA	159aA α	133cB α	153cA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	97cB	165aA α	172cA α	63aA α	56bA α	63bcA α	706aA α	794aA α	702cA	150abB α	165bB α	191bA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	101cC	132bcB α	163cdA α	75aA α	92aA α	81abA α	702aB	923aAB α	1004bA α	147abB α	207aA α	190bA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	143bB α	165aB α	252aA α	67aB α	100aA α	97aA α	715aB α	911aB α	1342aA α	169aC α	202aB α	239a α
Média	137B	138B	187A	-	-	-	693B	765AB	845A	151C	166B	191A
Teste F												
Doses de CLE		20,94**			15,24**			21,05**			55,23**	
Bioestimulantes (B)		66,97**			0,68 ^{NS}			6,87**			63,40**	
(CLE) x (B)		24,15**			3,04**			7,05**			13,89**	
CV (%)		10,3			18,9			17,3			6,8	

** , * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Para o acúmulo de nutrientes nas raízes no segundo ciclo, observou-se interação entre as doses de CLE e os bioestimulantes para todos os nutrientes acumulados (Tabelas 42 e 43).

Com o aumento das doses de CLE sem aplicação dos bioestimulantes, houve diminuição para o acúmulo de P e Mn e um ajuste quadrático positivo para o acúmulo de B, tendo a dose máxima de 6,3 t ha⁻¹ obtendo o maior valor de 119 kg ha⁻¹ (Apêndice H). Para a aplicação do *Azospirillum brasilense*, verificou-se um ajuste quadrático negativo para o acúmulo de nutrientes, exceto para o acúmulo de B, onde se notou uma diminuição com o aumento das doses de CLE. Com o aumento das doses de CLE associadas ao extrato de algas, houve um aumento linear para o acúmulo de Zn e para o acúmulo de N e Ca obteve um ajuste quadrático positivo, com as doses máximas de 3,7 t ha⁻¹ e 6,5 t ha⁻¹ alcançando maiores acúmulos de 82 kg ha⁻¹ e 28 kg ha⁻¹, respectivamente.

Na comparação entre a aplicação de bioestimulantes, sem analisar as doses de CLE, houve uma diferença significativa para os acúmulos de N, P, Ca, S e Cu, com a aplicação do extrato e do *Azospirillum brasilense* apresentando maiores acúmulos em relação a não aplicação de bioestimulantes.

No segundo ciclo, o tratamento controle também obteve menor acúmulo de nutrientes em relação aos demais tratamentos (Tabelas 42 e 43).

Além disso, tanto no primeiro quanto no segundo ciclo, houve um maior acúmulo de nutrientes nas partes das raízes, rizomas e estolões em comparação com as aparas e a parte aérea do tapete. Este resultado está em conformidade com o estudo de Backes *et al.* (2010), o qual indicou que as plantas retiradas durante o corte do tapete tendem a remover mais nutrientes do que as aparas. No entanto, ao contrário do que foi observado nesse estudo, o acúmulo de nitrogênio nas aparas não foi maior do que nas raízes, rizomas e estolões.

Tabela 42 – Acúmulo de macronutrientes das raízes, rizomas e estolões, dos tapetes colhidos do segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	N (kg ha ⁻¹)			P (kg ha ⁻¹)			K (kg ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		20			2,8			15	
0 t ha ⁻¹ de CLE	76aB α	99aA α	72bB α	7,7aB α	10,5aA α	6,4bC α	55abB α	70aA α	46bB α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	58abC α	73bB α	92aA α	5,9bcB α	6,9bB α	8,7aA α	43bB α	55bA α	63aA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	79aA α	71A α	74bA α	6,9abA α	5,0bA α	6,8bA α	58aA α	49bA α	56abA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	67abAB α	62bB α	75bA α	6,8abA α	6,6bA α	6,3bA α	49abA α	43bA α	52abA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	54bB α	71bA α	66bAB α	5,5cB α	7,0bA α	7,0bA α	51abA α	52bA α	52abA α
Média	70B	75A	76A	6,6B	7,4A	7,0A	-	-	-
Teste F									
Doses de CLE		11,16**			18,02**			3,22*	
Bioestimulantes (B)		9,47**			9,64**			1,07 ^{NS}	
(CLE) x (B)		9,61**			18,34**			6,48**	
CV (%)		10,5			8,8			13,0	
Tratamento	Ca (kg ha ⁻¹)			Mg (kg ha ⁻¹)			S (kg ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		11			2,8			3,2	
0 t ha ⁻¹ de CLE	21abB α	36aA α	19aB α	6,2aAB α	7,1aA α	5,5bB α	9,6aB α	12,2aA α	6,9cC α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	20bB α	22bAB α	27bA α	5,2aB α	5,7abB α	7,3aA α	7,2cB α	8,6bB α	10,8aA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	24abA α	22bA α	25bA α	6,4aA α	5,4bA α	5,5bA α	9,0abA α	8,2bA α	8,9bA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	20bB α	24bAB α	28bA α	5,7aA α	5,6bA α	5,5bA α	7,9bcA α	8,1bA α	8,1bcA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	26aA α	25bA α	25bA α	5,5aA α	5,8abA α	5,3bA α	7,6bcA α	7,9bA α	8,5bcA α
Média	22B	26A	25A	-	-	-	8,3B	9,0A	9,7AB
Teste F									
Doses de CLE		1,70 ^{NS}			2,24 ^{NS}			8,55**	
Bioestimulantes (B)		9,82**			0,21 ^{NS}			3,62*	
(CLE) x (B)		13,80**			4,23**			15,41**	
CV (%)		11,2			12,6			9,7	

** , * e ^{NS} – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett $p < 0,05$ de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 43 – Acúmulo de micronutrientes das raízes, rizomas e estolões, dos tapetes colhidos do segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (g ha ⁻¹)			Cu (g ha ⁻¹)			Mn (g ha ⁻¹)			Zn (g ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		45			16			272			64	
0 t ha ⁻¹ de CLE	74cC	147aA α	109aB α	70aB α	115aA α	76abB α	674aB α	853aA α	520bC α	134abcB α	168aA α	111cC α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	98bcA α	103bcA α	115aA α	51bC α	69bB α	87aA α	563abA α	387cB	635abA α	113cB α	133bcAB α	139abA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	135aA α	95bcB α	105aB α	75aA α	64bA α	75abA α	690aA α	541bcB α	731aA α	156aA α	111cB α	146abA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	98bcAB α	127abA α	93aB α	67abA α	71bA α	70bA α	496bA α	449bcA α	539bA α	122bcA α	138bcA α	136bcA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	110abA α	73cB	105aA α	80aA α	59bB α	73abA α	487bB α	584bAB α	647abA α	141abA α	145abA α	164aA α
Média	-	-	-	68B	76A	76A	-	-	-	-	-	-
Teste F												
Doses de CLE		1,60 ^{NS}			10,45 ^{**}			10,56 ^{**}			4,42 ^{**}	
Bioestimulantes (B)		0,62 ^{NS}			5,55 ^{**}			1,89 ^{NS}			1,24 ^{NS}	
(CLE) x (B)		9,12 ^{**}			14,96 ^{**}			8,06 ^{**}			9,63 ^{**}	
CV (%)		16,4			11,5			15,1			10,1	

^{**}, ^{*} e ^{NS} – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett $p < 0,05$ de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

De modo geral, ao contrário do que foi observado no acúmulo de nutrientes das aparas, no acúmulo de raízes, rizomas e estolões durante o primeiro ciclo, as doses mais elevadas de CLE apresentaram maiores acúmulos. Isso sugere que o CLE forneceu nutrientes ao longo do tempo, permitindo um maior crescimento das raízes durante o período de estresse. Esse fenômeno não foi observado durante o segundo ciclo, o que pode estar relacionado ao fato de que a matéria orgânica aplicada foi fundamental para a retenção de água no período mais seco.

4.3.4 Somatória da biomassa seca de todas as partes da grama (aparas, folhas, caule, raízes, rizomas e estolões do tapete) e nutrientes do primeiro e segundo ciclo e eficiência da adubação mineral convencional somada ao conteúdo somado de N, P e K no CLE

Na somatória da biomassa da grama e dos nutrientes acumulados no primeiro ano, verificou-se interação entre as doses de CLE e a aplicação de bioestimulantes (Tabelas 44 e 45).

Houve uma diminuição linear na biomassa seca total das partes da grama para apenas a aplicação do CLE (Apêndice I). Essa diminuição também foi observada para o acúmulo de Mn apenas com o aumento das doses de CLE. Entretanto, para o acúmulo de Zn, houve aumento linear tanto com a aplicação apenas de CLE quanto com a aplicação do *Azospirillum brasilense*. Além disso, na aplicação do *Azospirillum brasilense*, observou-se um aumento linear no acúmulo de Cu com o aumento das doses de CLE.

Na aplicação do extrato de algas, destaca-se o aumento linear com o aumento das doses de CLE para os acúmulos de Ca e Cu. Para os acúmulos de P, Mg, S, Mn e Zn, houve um ajuste quadrático negativo (Apêndice I).

Na comparação entre a aplicação dos bioestimulantes, apenas não houve diferença significativa para o acúmulo de Cu no primeiro ciclo (Tabelas 40 e 41). Verificou-se que, para o acúmulo de N, P, K, S, B, Mn, Zn e para a biomassa seca da grama, a aplicação do extrato de algas obteve maiores extrações desses nutrientes e maior produção da biomassa das partes da grama. E para o acúmulo de Ca e Mg, tanto a aplicação só de CLE quanto a aplicação do extrato obtiveram maiores acúmulos.

Como era de se esperar, no primeiro ciclo, o tratamento controle manteve menor a somatória de nutrientes extraídos das partes das gramas, assim como a biomassa seca em relação aos tratamentos com adubação e aplicação de bioestimulantes (Tabelas 44 e 45).

Tabela 44 – Somatória da biomassa seca de todas as partes da grama (aparar, folhas, caule, raízes, rizomas e estolões do tapete) e macronutrientes acumulados do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	Biomassa total (kg ha ⁻¹)			N (kg ha ⁻¹)			P (kg ha ⁻¹)			K (kg ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		7079			68			4,8			29	
0 t ha ⁻¹ de CLE	15163abA α	14336aA α	14033dA α	163aB α	161aB α	191bA α	11,6aA α	11,1aA α	11,9bA α	96bA α	84aB α	92aA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	16456aA α	12451bB α	15555bcA α	161aB α	141bC α	207aA α	12,7aA α	11,2aB α	11,8bAB α	104aA α	78aC α	95aB α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	12980cC α	14400aB α	15984abA α	129bB α	139bB α	154cA α	9,5bB α	10,8aA α	11,7bA α	73cC α	83aB α	95aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	14047bcA α	14441aA α	14411cdA α	163aA α	143bB α	151cAB α	11,5aA α	10,5aA α	10,9bA α	79cA α	82aA α	81bA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	12797cC α	14123aB α	17003aA α	150aB α	168aA α	177bA α	12,0aB α	11,6aB α	13,4aA α	81cB α	79aB α	93aA α
Média	14288B	13950B	15397A	153B	150B	176A	11,4B	11,1B	11,9A	87B	81C	91A
Teste F												
Doses de CLE		1,02 ^{NS}			36,43 ^{**}			15,14 ^{**}			17,94 ^{**}	
Bioestimulantes (B)		25,19 ^{**}			70,37 ^{**}			10,56 ^{**}			30,51 ^{**}	
(CLE) x (B)		19,39 ^{**}			15,99 ^{**}			5,78 ^{**}			16,30 ^{**}	
CV (%)		4,8			4,9			5,5			4,9	
		Ca (kg ha ⁻¹)			Mg (kg ha ⁻¹)			S (kg ha ⁻¹)				
Controle		33,2			5,4			8				
0 t ha ⁻¹ de CLE	70,4bA α	59,9abB α	55,5bB α	12,4abAB α	11,4aB α	13,7aA α	17bB α	17aB α	19aA α			-----
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	81,0aA α	53,4bC α	62,3abB α	13,9aA α	11,0aB α	11,8bB α	20aA α	16aB α	17abB α			-----
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	52,8dB α	62,6aA α	62,5abA α	10,8bB α	11,4aAB α	12,6abA α	14dB α	16aB α	17abA α			-----
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	62,6bcA α	66,0aA α	61,3abA α	12,4abA α	12,3aA α	12,2ab α	16bcA α	16aA α	16cA α			-----
10 t ha ⁻¹ de CLE	58,2cdB α	60,0abB α	70,1aA α	11,9bAB α	11,6aB α	13,4abA α	15cdB α	15aB α	18abA α			-----
Média	65A	60,4B	62,3AB	12,3A	11,4B	12,7A	17B	16B	18A			-----
Teste F												
Doses de CLE		3,05 [*]			1,81 ^{NS}			8,99 ^{**}			-----	
Bioestimulantes (B)		5,30 ^{**}			9,02 ^{**}			14,03 ^{**}			-----	
(CLE) x (B)		15,13 ^{**}			4,63 ^{**}			8,10 ^{**}			-----	
CV (%)		7,4			7,6			6,1			-----	

^{**}, ^{*} e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Tabela 45 – Somatória dos micronutrientes acumulados das partes da grama (aparar, folhas, caule, raízes, rizomas e estolões do tapete) do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (g ha ⁻¹)			Cu (g ha ⁻¹)			Mn (g ha ⁻¹)			Zn (g ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		133			55			762			137	
0 t ha ⁻¹ de CLE	245aA α	177bB α	199cB α	123 α	104 α	118 α	1281aA α	1186aA α	1209bcA α	218cB α	202dB α	278bcA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	243aB α	160bC	273bA α	117 α	108 α	101 α	1141aA α	900bB	996cAB	263abA α	229cdB α	258cAB α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	145cB	217aA α	225cA α	102 α	104 α	122 α	1107aA α	1176aA α	1162bcA α	239bcB α	249bcB α	294bA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	170bcB α	178bAB α	202cA α	144 α	129 α	130 α	1131aB α	1296aA α	1379bAB α	284aA α	280abA α	285bcA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	190bB α	213aB α	314aA α	133 α	154 α	151 α	1060aB α	1293aB α	1818aA α	288aB α	305aB α	349aA α
Média	189B	199B	242A	--	--	--	1144B	1170B	1313A	258B	253B	292A
Teste F												
Doses de CLE		23,39**			14,80**			12,72**			39,92**	
Bioestimulantes (B)		63,89**			0,54 ^{NS}			8,85**			31,04**	
(CLE) x (B)		28,15**			1,96 ^{NS}			7,72**			4,83**	
CV (%)		7,7			12,8			11,5			6,6	

** , * e ^{NS} – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett $p < 0,05$ de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Assim como no primeiro ciclo, no segundo ciclo, verificou-se na somatória da biomassa da grama e dos nutrientes, interação entre as doses de CLE e a aplicação de bioestimulantes (Tabelas 46 e 47).

No segundo ciclo da grama Esmeralda, houve diminuição linear no acúmulo de N, P, S e Mn com o aumento das doses de CLE sem aplicação de bioestimulantes (Apêndice I). Todavia, para o acúmulo de Ca, Cu e Zn, verificou-se aumento linear com o aumento das doses de CLE. Além disso, para os tratamentos sem aplicação de bioestimulantes, notou-se um ajuste quadrático positivo para o acúmulo de B, tendo a maior dose de 6,3 t ha⁻¹ obtendo o maior acúmulo de 177 g ha⁻¹.

Para a aplicação de *Azospirillum brasilense*, na maioria dos nutrientes acumulados, houve um ajuste quadrático negativo com o aumento das doses de CLE (Apêndice I).

Já para a aplicação do extrato de algas, verificou-se que para o acúmulo de Zn, houve aumento linear com o aumento das doses de CLE, e para o acúmulo de B, houve uma diminuição. Os acúmulos de N, Ca e Mg, notou-se um ajuste quadrático positivo com as maiores doses de 2,7 t ha⁻¹, 5,8 t ha⁻¹ e 3,0 t ha⁻¹, obtendo os maiores acúmulos de 152 kg ha⁻¹, 44 kg ha⁻¹ e 12 kg ha⁻¹, respectivamente. Assim como foi observado na biomassa seca total das partes da grama, com a maior dose de 4,5 t ha⁻¹ obtendo maior biomassa (17649 kg ha⁻¹).

Na comparação entre os bioestimulantes, ao contrário do que se observou no primeiro ciclo, no segundo ciclo, houve apenas diferença significativa para o acúmulo de N e Cu, com a aplicação dos bioestimulantes tendo maior acúmulo extraído pela planta (Tabelas 46 e 47).

Outro resultado a destacar é que a aplicação de *Azospirillum brasilense*, sem o uso de CLE, favoreceu uma maior produção de biomassa durante o ciclo de maior precipitação pluvial. Isso resultou em um maior acúmulo de macro e micronutrientes, tornando esse tratamento o mais benéfico para o crescimento da grama Esmeralda nesse período. Esse efeito positivo também será observado nos dados de produtividade e qualidade do tapete no segundo ciclo.

No segundo ciclo, o tratamento controle também extraiu uma quantidade significativamente menor de nutrientes no solo e biomassa seca produzida por toda grama em relação aos demais tratamentos (Tabelas 46 e 47). E assim como o estudo de Backes *et al.* (2010), no tratamento controle, a extração de

macronutrientes foi mínima, pois resultou em uma produção limitada de matéria seca, quase não requerendo cortes. Além disso, não ocorreu o fechamento completo do tapete vegetal, o que reduziu a quantidade de folhas, caules, rizomas, estolões e raízes.

Tabela 46 – Somatória da biomassa seca de todas as partes da grama (aparas, folhas, caule, raízes, rizomas e estolões do tapete) e macrotutrientes acumulados do segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	Biomassa total (kg ha ⁻¹)			N (kg ha ⁻¹)			P (kg ha ⁻¹)			K (kg ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		5187			29			3,9			20	
0 t ha ⁻¹ de CLE	16647aB α	20166aA α	14736bB α	144aB α	181aA α	139bB α	13,9aB α	17,9aA α	12,7bcB α	104aB α	128aA α	93bcB α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	15422aB α	15389bB α	18960aA α	127bcB α	131bB α	172aA α	12,4aB α	12,2bcB α	15,9aA α	88aB α	93bB α	117aA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	16538aA α	15049bA α	17172abA α	139abA α	124bB α	140bA α	12,2aA α	10,4cB α	13,1bA α	101aA α	86bB α	104abA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	15454aA α	16925bA α	15601bA α	134abA α	130bA α	128bcA α	12,8aA α	13,7bA α	11,2cB α	93aA α	88bA α	87cA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	14720aA α	15325bA α	15128bA α	116cA α	126bA α	122cA α	12,2aA α	12,8bA α	12,6bcA α	94aA α	91bA α	91bcA α
Média	-	-	-	132B	138A	140A	-	-	-	-	-	-
Teste F												
Doses de CLE		3,42*			31,53**			20,94**			9,69**	
Bioestimulantes (B)		1,61 ^{NS}			6,30**			3,18 ^{NS}			0,42 ^{NS}	
(CLE) x (B)		5,95**			19,28**			18,98**			9,84**	
CV (%)		9,5			5,9			7,0			8,8	
		Ca (kg ha ⁻¹)			Mg (kg ha ⁻¹)			S (kg ha ⁻¹)				
Controle		13,3			3,7			4				
0 t ha ⁻¹ de CLE	36,7bB α	52,8aA α	33,5bB α	12,1aB α	13,5aA α	11,1bcB α	17aB α	20aA α	12cC α		-----	
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	37,2bB α	34,6cB α	44,3aA α	11,0aB α	10,7bB α	13,4aA α	14bB α	13cB α	18aA α		-----	
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	38,8abA α	36,1cA α	41,1aA α	11,8aA α	10,3bB α	11,7bA α	15bA α	14bcA α	15bA α		-----	
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	36,1bB α	44,1bA α	42,5aA α	11,6aA α	11,5bAB α	10,2cB α	14bAAB α	15bA α	13cB α		-----	
10 t ha ⁻¹ de CLE	44,7aA α	39,5bcA α	39,7abA α	11,3aA α	10,9bA α	10,1cA α	14bA α	13bcA α	14bcA α		-----	
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-----	
Teste F												
Doses de CLE		1,68 ^{NS}			6,83**			17,52**			-----	
Bioestimulantes (B)		3,04 ^{NS}			0,59 ^{NS}			1,12 ^{NS}			-----	
(CLE) x (B)		12,57**			9,27**			28,77**			-----	
CV (%)		9,6			7,0			6,5			-----	

** , * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de agas.

Tabela 47 – Somatória dos micronutrientes acumulados das partes da grama (aparos, folhas, caule, raízes, rizomas e estolões do tapete) do segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	B (g ha ⁻¹)			Cu (g ha ⁻¹)			Mn (g ha ⁻¹)			Zn (g ha ⁻¹)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		56			22			359			79	
0 t ha ⁻¹ de CLE	132cC α	216aA α	170aB α	115bcB α	172aA α	122bB α	1125aB α	1326aA α	919bcC α	209bB α	260abA α	188cB α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	160abcAB α	153bB α	174aA α	102cB α	116cB α	146aA α	1005abA α	713cB α	1116abA α	208bB α	212cAB α	239abA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	193aA α	153bB α	164aB α	124abA α	114cA α	126bA α	1108aAB α	945bB α	1206aA α	242abA α	203cB α	247abA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	152bcB α	205aA α	152aB α	121bAB α	134bA α	114bB α	870bA α	814bcA α	886cA α	236abB α	271aA α	216bcB α
10 t ha ⁻¹ de CLE	172abA α	128bB α	152aAB α	139aA α	107cC α	123B α	873bA α	992bA α	994bcA α	267aA α	234bcB α	259aAB α
Média	-	-	-	120B	129A	126AB	-	-	-	-	-	-
Teste F												
Doses de CLE		3,59*			6,60**			14,64**			7,46**	
Bioestimulantes (B)		1,23 ^{NS}			4,58*			2,24 ^{NS}			0,58 ^{NS}	
(CLE) x (B)		13,08**			23,63**			10,38**			9,61**	
CV (%)		10,7			7,3			10,4			8,2	

** , * e ^{NS} – Significativo a p< 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p<0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

De forma geral, observou-se que no primeiro ciclo houve um maior acúmulo de N, Ca, B e Mn em comparação com o segundo ciclo, apesar de uma maior acumulação de matéria seca ter sido registrada no segundo ciclo. No primeiro ciclo, é esperado um maior acúmulo de N devido à maior adubação nitrogenada, embora a eficiência de absorção pela grama foi limitada pela baixa precipitação pluvial. Além disso, o acúmulo de Ca pode estar relacionado à aplicação de calcário ocorrida no primeiro ciclo.

Outro fator relevante a destacar é que, durante o primeiro ciclo, o extrato de algas promoveu maior produção de matéria seca na somatória das partes da grama, consequentemente um aumento no acúmulo de nutrientes, o que não foi observado no segundo ciclo. Uma hipótese para isso é que, durante o primeiro ciclo, o estresse hídrico pode ter sido atenuado pela aplicação de algas, devido aos seus benefícios para a planta.

Segundo Godoy et al. (2022), em um ciclo de 11 meses considerando apenas a colheita do tapete (parte aérea, estolões, rizomas e raízes) da grama Esmeralda, observa-se o acúmulo de 164 kg ha⁻¹ de N, 21 kg ha⁻¹ de P, 107 kg ha⁻¹ de K, 14 kg ha⁻¹ de Ca, 14 kg ha⁻¹ de Mg, 33 kg ha⁻¹ de S, 0,5 kg ha⁻¹ de B, 2,0 kg ha⁻¹ de Mn, 0,2 kg ha⁻¹ de Cu e 0,5 kg ha⁻¹ de Zn. Assim, com exceção do Ca, nota-se uma diminuição na quantidade de nutrientes extraídos pela grama em comparação com ciclos anteriores, embora neste estudo também tenham sido considerados os nutrientes acumulados nas aparas.

Ao analisar a eficácia da adubação mineral com os nutrientes fornecidos pelo CLE tanto no primeiro em relação ao N, P e K extraído pela planta, observou-se que houve interação entre as doses de CLE e aplicação de bioestimulantes na eficiência dos três macronutrientes (Tabela 48). E apenas para a eficiência de absorção de K verificou-se um decréscimo linear com o aumento das doses de CLE sem aplicação de bioestimulantes (Apêndice J).

Tabela 48 – Eficiência da adubação mineral convencional somada ao conteúdo somado de N, P e K no CLE extraído pela grama Esmeraldo no primeiro ciclo

Tratamento	N (%)			P (%)			K (%)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
	%								
0 t ha ⁻¹ de CLE	37aB	36aB	43bA	6,3bA	6,1bA	6,5bA	44bA	39aC	43aB
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	36aB	32bC	47aA	6,9bA	6,1bB	6,4bAB	48aA	36aC	44aA
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	29bB	32bB	35cA	5,2cB	5,9bAB	6,4bA	34cC	39aB	44aA
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	37aA	33bB	34cAB	4,8cA	4,3cA	4,6cA	36cA	38aA	37bA
10 t ha ⁻¹ de CLE	34aB	38aA	40bA	10,7aB	12aA	12,7aA	38cB	36aB	43aA
Média	34B	34B	40A	6,8B	7,0B	7,3A	40B	38C	42A
Teste F									
Doses de CLE	34,10**			427,12**			16,48**		
Bioestimulantes (B)	65,47**			7,46**			28,59**		
(CLE) x (B)	14,89**			5,82**			15,40**		
CV (%)	4,9			6,6			4,9		

** , * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$ de probabilidade. ¹. Apenas teve aplicação do CLE. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = *Bactéria Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Observou-se que, de modo geral, a eficiência foi similar entre os tratamentos. No entanto, destaca-se que a adubação associada ao extrato de algas resultou em maiores eficiências. Isso sugere uma possível relação com o melhor enraizamento das plantas submetidas a esses tratamentos, portanto maior absorção dos nutrientes.

No segundo ciclo, apenas a eficiência de absorção do K não se observou interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes (Tabela 49). Notou-se também, que para a eficiência de absorção da adubação de N e P houve um decréscimo linear para aumento de doses de CLE sem aplicação de bioestimulantes e um decréscimo linear apenas para eficiência da adubação de P para aplicação do *Azospirillum brasilense*. E por fim, verificou-se um ajuste quadrático positivo para a eficiência do N e do P com o aumento das doses de CLE e aplicação do extrato, tendo as doses máximas de 2,75 t ha⁻¹ para eficiência de N de CLE e 2,2 t ha⁻¹ para a eficiência de P, com a máxima de eficiência alcançando 50,8% e 6,1%, respectivamente.

Tabela 49 – Eficiência da adubação mineral convencional somada ao conteúdo somado de N, P e K no CLE extraído pela grama Esmeraldo no segundo ciclo

Tratamento	N (%)			P (%)			K (%)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
	%								
0 t ha ⁻¹ de CLE	48aB	60aA	46aB	6,1aB	7,9aA	5,5bB	63aB	77aA	56bB
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	42bcB	44bB	57aA	5,4abB	5,3bB	7,0aA	53aB	56bB	70aA
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	46abA	41bB	47bA	5,3bA	4,5cB	5,7bA	61aA	52bB	62abA
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	44abA	43bA	43bcA	4,4cAB	4,7bcA	3,8cA	56aA	53bA	52bA
10 t ha ⁻¹ de CLE	39cA	42bA	41cA	3,1dA	3,3dA	3,2cA	57aA	55bA	55bA
Média	44B	46A	48A	4,9B	5,2A	5,1AB	58A	58A	59A
Teste F									
Doses de CLE	29,38**			17,89**			8,93**		
Bioestimulantes (B)	5,64**			3,67*			0,37 ^{NS}		
(CLE) x (B)	17,89**			23,72**			9,03**		
CV (%)	5,9			6,8			8,7		

** , * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05 de probabilidade. ¹. Apenas teve aplicação do CLE. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = *Bactéria Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

No segundo ciclo, notou-se que a aplicação de *Azospirillum brasilense* sem o CLE resultou em uma maior eficiência na extração dos nutrientes N, P e K pela grama. Isso pode ser explicado também pelo maior crescimento das raízes no tapete observado nesse tratamento.

Em comparação entre os dois ciclos, observou-se uma maior eficiência na absorção de N e K pela grama no segundo ciclo. Isso se deve às condições climáticas mais favoráveis durante esse período, em contraste com o primeiro ciclo, o que contribuiu para uma melhor absorção dos nutrientes. A absorção de nitrogênio pelas plantas ocorre predominantemente nas formas iônicas de amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻), utilizando mecanismos contato íon/raiz. No entanto, em condições de déficit hídrico, esse processo de absorção é significativamente reduzido. Isso ocorre devido à diminuição do contato das raízes com a solução do solo, o que resulta na indisponibilidade das formas inorgânicas de nitrogênio, mesmo quando presentes em altas concentrações no solo (Marschner, 2011; Vasconcelos *et al.*, 2016).

Quanto ao fósforo (P), apesar da aplicação de uma quantidade maior de fertilizante fosfatado no segundo ciclo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅), foi observada uma menor eficiência em comparação com o primeiro ciclo. Isso sugere que uma

proporção significativa do P aplicado foi fixada no solo, como indicado pelo menor teor de P disponível avaliado no segundo ciclo, já que antes na instalação do experimento tinha um maior teor disponível de P ($19,6 \text{ mg dm}^{-3}$). E no estudo a característica do solo é altamente intemperizados (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico), neste tipo de solo, as formas inorgânicas ligadas à fração mineral apresentam alta energia, resultando em uma fração não labil. Isso ocorre devido à adsorção primária do fósforo nos sítios mais reativos, de menor labilidade, enquanto o fósforo remanescente é posteriormente redistribuído em frações retidas com menor energia, mas de maior disponibilidade para as plantas (Santos; Gatiboni; Kaminski, 2008).

No entanto, ao aplicar o *Azospirillum* (sem a presença do CLE), observou-se uma maior eficiência na adubação fosfatada durante o segundo ciclo. Isso se deve à ação desta bactéria, que possui a capacidade de solubilizar fosfatos indisponíveis através da acidificação, quelação e produção de ácidos orgânicos (Bargas *et al.*, 202). Essa característica representa uma excelente estratégia para melhorar a fertilidade do solo, diminuir custos com adubação fosfatada com o aumento da eficiência e contribuir para a sustentabilidade. Isso é especialmente relevante considerando que a extração excessiva de fosfato tem levado ao esgotamento das reservas em alguns dos principais depósitos minerais em todo mundo (Pavinato *et al.*, 2020; Sousa *et al.*, 2021).

4.4 Produtividade da cultura e qualidade do tapete

Nos atributos analisados no momento da colheita e após o produto colhido, com o intuito de avaliar a qualidade e o rendimento dos tapetes colhidos (tapetes inteiros), no primeiro ciclo, verificou-se que houve interação entre as doses de CLE e o bioestimulante para os atributos avaliados, com exceção da produtividade da cultura (Tabela 50). A qualidade do tapete de grama está diretamente relacionada à velocidade de pegamento dos tapetes implantados e à resistência ao rompimento pelo manuseio, e essas características são favorecidas pelas estruturas vegetativas (rizomas, estolões e raízes).

Desse modo, tonou-se que para a matéria seca das folhas do tapete colhido, com o aumento das doses de CLE e sem aplicação dos bioestimulantes, houve um

ajuste quadrático positivo com a dose de 2,5 t ha⁻¹ apresentando a maior massa de 0,20 kg m² (Figura 25a).

Todavia, para a matéria seca das raízes, obteve-se um aumento linear com o aumento das doses de CLE com aplicação do *A. brasilense* e com a aplicação do *A. nodosum*. Em relação aos tratamentos apenas com a adubação de CLE, houve um decréscimo na matéria seca (Figura 25b). Dessa forma, os bioestimulantes ajudaram a potencializar a aplicação do CLE, não diminuindo o conteúdo radicular mesmo com o aumento das doses de CLE.

Para as análises de resistência dos tapetes ao rompimento, também verificou-se um aumento linear com o aumento das doses de CLE com a aplicação do extrato *A. nodosum* (Figura 25d). Entretanto, para os tratamentos com *A. brasilense*, a maior dose de 5,8 t ha⁻¹ obteve os tapetes com maior resistência de 29,8 Kgf. A resistência do tapete está diretamente relacionada com a quantidade produzida de raízes, rizomas e estolões. Desse modo, quanto maior a resistência, maior será a presença dessas estruturas, o que ajuda a reduzir a intensa compactação do solo para colheita e melhora a qualidade do produto (Mota, 2016).

Constata-se que apenas a aplicação do CLE diminui a qualidade dos tapetes (pela diminuição das raízes e resistência ao rompimento), o que pode estar relacionado com a diminuição da adubação mineral convencional, além do fato de o CLE ter baixo teor de N e K. Todavia, quando é associado com os bioestimulantes, a qualidade aumenta em comparação com a adubação mineral.

A produtividade da grama Esmeralda não foi afetada pelos tratamentos, com exceção do tratamento controle. No entanto, ao compará-la com os tratamentos que utilizaram a aplicação do *Azospirillum*, observamos que a dose zero de CLE (100% de produtividade) em comparação com a dose máxima de CLE (91,6% de produtividade), resulta em uma perda de 0,084 m² por metro quadrado. Em uma rápida e superficial análise econômica, considerando o preço da grama Esmeralda, que é vendida em torno de R\$ 6,20 por metro quadrado no estado de São Paulo, essa perda se traduz em um prejuízo de R\$ 5.208,00 por hectare. Para um pequeno produtor, esse impacto financeiro pode ser considerável.

Na comparação entre as aplicações dos bioestimulantes, houve diferença significativa para a matéria seca das raízes, massa do tapete inteiro e para a resistência ao rompimento (Tabela 48). Desse modo, para resistência do tapete e biomassa seca das raízes, houve melhores resultados com a aplicação do extrato *A.*

nodosum, o que torna a aplicação desse produto uma alternativa interessante para qualidade dos tapetes e possivelmente para diminuir o tempo de colheita.

O *Ascophyllum nodosum*, apresenta quantias substanciais de auxinas, em que desempenham um papel na estimulação das células vasculares, facilitando a produção de raízes adventícias e favorecendo o crescimento das raízes (Gomes *et al.*, 2018; Hartmann *et al.*, 2011). Além disso, o extrato possui aminoácidos, como ácidos aspártico e glutâmico, glicina, tirosina e triptofano que também são capazes de aumentar o enraizamento, no número de raízes, no comprimento e no diâmetro das raízes (Kühn, 2023; Taiz e Zeiger, 2017). Além disso, as algas marinhas apresentam citocininas e giberelinas que também ajudam a estimular o crescimento das plantas (Gorka, 2018).

Outro aspecto relevante a ser considerado é que a aplicação dos bioestimulantes neste estudo (extrato de algas e *A. brasilense*) demonstrou que o aumento no crescimento das raízes (estruturas vegetativas) pode estar relacionado com diversos indicadores fotossintéticos das folhas. Estes incluem o teor de clorofila, a condutância estomática, o aumento das concentrações de prolina, a melhoria do potencial hídrico, o acréscimo na quantidade de água no apoplasto, o reforço da elasticidade da parede celular e um incremento na produção de biomassa (Barassi *et al.*, 2008). Fatores que estão relacionado com as avaliações de ICV, NDVI, taxa de cobertura verde e biomassa das aparas.

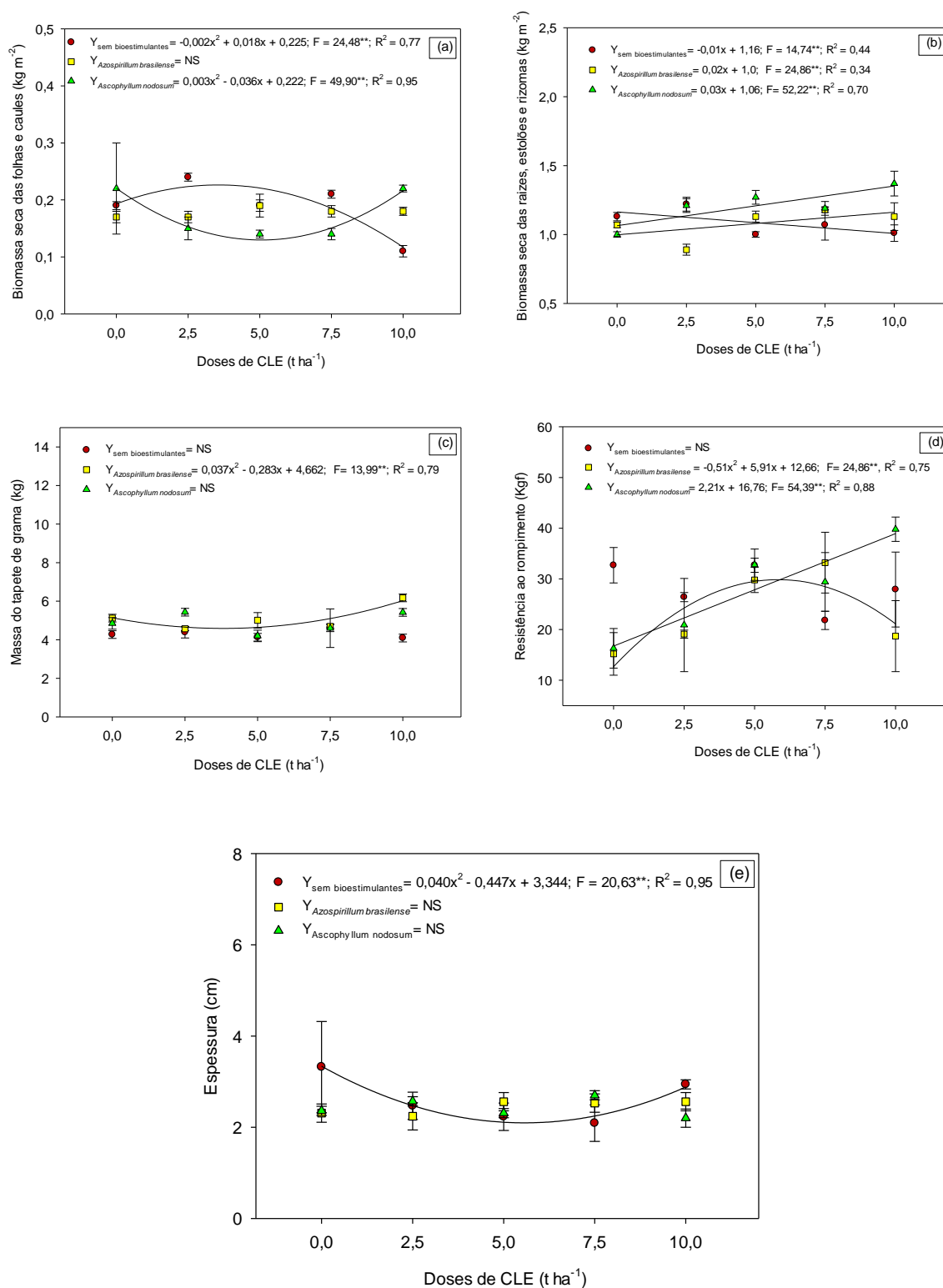
Na colheita do primeiro ciclo da grama, no tratamento controle, não houve formação adequada de raízes, rizomas e estolões. Dessa maneira, os tapetes do tratamento controle apresentaram-se quebradiços e malformados. Assim, a resistência de rompimento, a quantidade de matéria seca das raízes e a produtividade foram significativamente menores em relação aos tratamentos adubados e com bioestimulantes (Tabela 50). A colheita desse primeiro ciclo foi realizada em um período seco e sem irrigação, e como tal, os tapetes apresentaram diminuição da biomassa da parte aérea. Isso se notou para os tratamentos adubados e com aplicação de bioestimulantes, com uma biomassa seca da parte aérea igual ou menor ao tratamento controle.

Tabela 50 – Produtividade e atributos avaliados nos tapetes colhidos do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	Biomassa seca das Folhas (kg m ²)			Biomassa seca da Raízes, estolões e rizomas (kg m ²)			Massa do tapete inteiro (kg)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		0,20			0,47			3,61	
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,19bAB	0,17aB	0,22aA	1,13abA α	1,07aAB α	1,0cB α	4,27aB	5,10bA α	4,85abAB α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,24aA	0,16aB	0,15bB α	1,23aA α	0,89bB α	1,21bA α	4,38aB	4,57bB α	5,43aA α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,18bA	0,18aA	0,14bB α	0,99cC α	1,13aB α	1,27abA α	4,13aB	5,01bA α	4,20bB
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,21abA	0,18aA	0,13bB α	1,07bcB α	1,17aAB α	1,19bA α	4,62aA α	4,69bA α	4,59bA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,11cC α	0,18aB	0,22aA	1,01bcC α	1,13aB α	1,37aA α	4,09aC	6,17aA α	5,41aB α
Média	-	-	-	1,08B	1,08B	1,21A	4,30B	5,11A	4,90A
Teste F									
Doses de CLE		2,06 ^{NS}			4,94 ^{**}			6,91 ^{**}	
Bioestimulantes (B)		1,70 ^{NS}			26,70 ^{**}			24,58 ^{**}	
(CLE) x (B)		13,72 ^{**}			17,48 ^{**}			6,65 ^{**}	
CV (%)		13,0			5,8			8,0	
	Resistência ao rompimento (Kgf)			Espessura (cm)			Produtividade (%)		
Controle		2,4			1,84			8,2	
0 t ha ⁻¹ de CLE	32,6aA α	15,1bB α	16,3dB α	3,32aA α	2,31aB	2,36aB	94,4 α	100 α	97,2 α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	26,3abA α	19,1bA α	20,9cdA α	2,47bcA	2,24aA	2,57aA	97,2 α	94,4 α	94,4 α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	32,7aA α	29,8aA α	32,7abA α	2,23bcA	2,56aA	2,31aA	97,2 α	97,2 α	97,2 α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	21,7abB α	33,2aA α	29,3bcAB α	2,08cA	2,53aA	2,70aA	91,6 α	97,2 α	94,4 α
10 t ha ⁻¹ de CLE	27,8abB α	18,1bc α	39,7aA α	2,94abA α	2,55aAB	2,20aB	91,6 α	91,6 α	100 α
Média	28,3A	23,2B	27,8A	-	-	-	-	-	-
Teste F									
Doses de CLE		10,77 ^{**}			1,02 ^{NS}			0,37 ^{NS}	
Bioestimulantes (B)		6,99 ^{**}			1,22 ^{NS}			0,42 ^{NS}	
(CLE) x (B)		9,72 ^{**}			3,34 ^{**}			0,54 ^{NS}	
CV (%)		19,0			16,8			8,8	

^{**}, ^{*} e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Figura 25 – Produtividade e atributos avaliados no tapete de grama no primeiro ciclo da cv. Esmeralda



** , * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente para o gráfico de regressão.

No segundo ciclo, houve interação entre as doses de CLE e a aplicação dos bioestimulantes para a produtividade e os atributos avaliados no tapete colhido (Tabela 51).

Diante disso, observou-se que, com o aumento das doses de CLE sem aplicação dos bioestimulantes, houve um aumento linear para a biomassa seca das folhas do tapete e uma redução para a resistência ao rompimento (Figura 26a, d). Para a aplicação do *Azospirillum brasilense*, houve um ajuste quadrático negativo para a biomassa seca das raízes do tapete e para a resistência ao rompimento com o aumento das doses de CLE (Figura 26b, d). Por fim, para o extrato de algas, houve um ajuste quadrático positivo com a dose de 5 t ha⁻¹, obtendo a maior biomassa de 1,3 kg m², além de um decréscimo linear para a produtividade (Figura 26b, f).

Na análise apenas dos bioestimulantes, verificou-se que, para a aplicação de *Azospirillum brasilense*, obteve-se maior biomassa seca das folhas e resistência ao rompimento dos tapetes. E para a produtividade, foi maior para a aplicação sem bioestimulantes e com a aplicação da bactéria.

É importante destacar que diferentemente do primeiro ciclo, no segundo ciclo, a aplicação do CLE associado aos bioestimulantes não aumentou a produtividade e não conseguiu melhorar a qualidade dos tapetes, principalmente com aumento das raízes. Esse comportamento pode estar atrelado ao clima, principalmente ao efeito do extrato de algas que ajudou a melhorar a qualidade do tapete em um ambiente adverso, com pouca precipitação pluvial, o que não ocorreu no segundo ciclo, que teve melhores condições para o crescimento da planta em relação ao primeiro ciclo. Isso ocorre porque os bioestimulantes representam uma alternativa viável, capazes de regular e modificar os processos fisiológicos nas plantas, com o potencial de estimular o crescimento principalmente das raízes (Galindo *et al.*, 2020).

Todavia, observa-se que para o tratamento com aplicação do *Azospirillum brasilense* sem aplicação de CLE obteve maior massa seca de raízes, rizomas e estolões e conseqüentemente verificou-se maior resistência dos tapetes, melhorando assim a qualidade dos tapetes. O que mostra que em um ambiente favorável para o crescimento da grama a aplicação do *Azospirillum brasilense* sozinho tem um melhor crescimento radicular, enfatizando também a hipótese que a bactéria não consegue ter um bom desempenho junto com aplicação de CLE.

Galindo *et al.* (2019), verificaram que plantas cultivadas em condições ideais para seu desenvolvimento tem maiores dificuldades em demonstrar os efeitos da ação dos boestimulantes, sendo assim, a detecção e identificação desses efeitos são mais viáveis em situações de estresse ambiental.

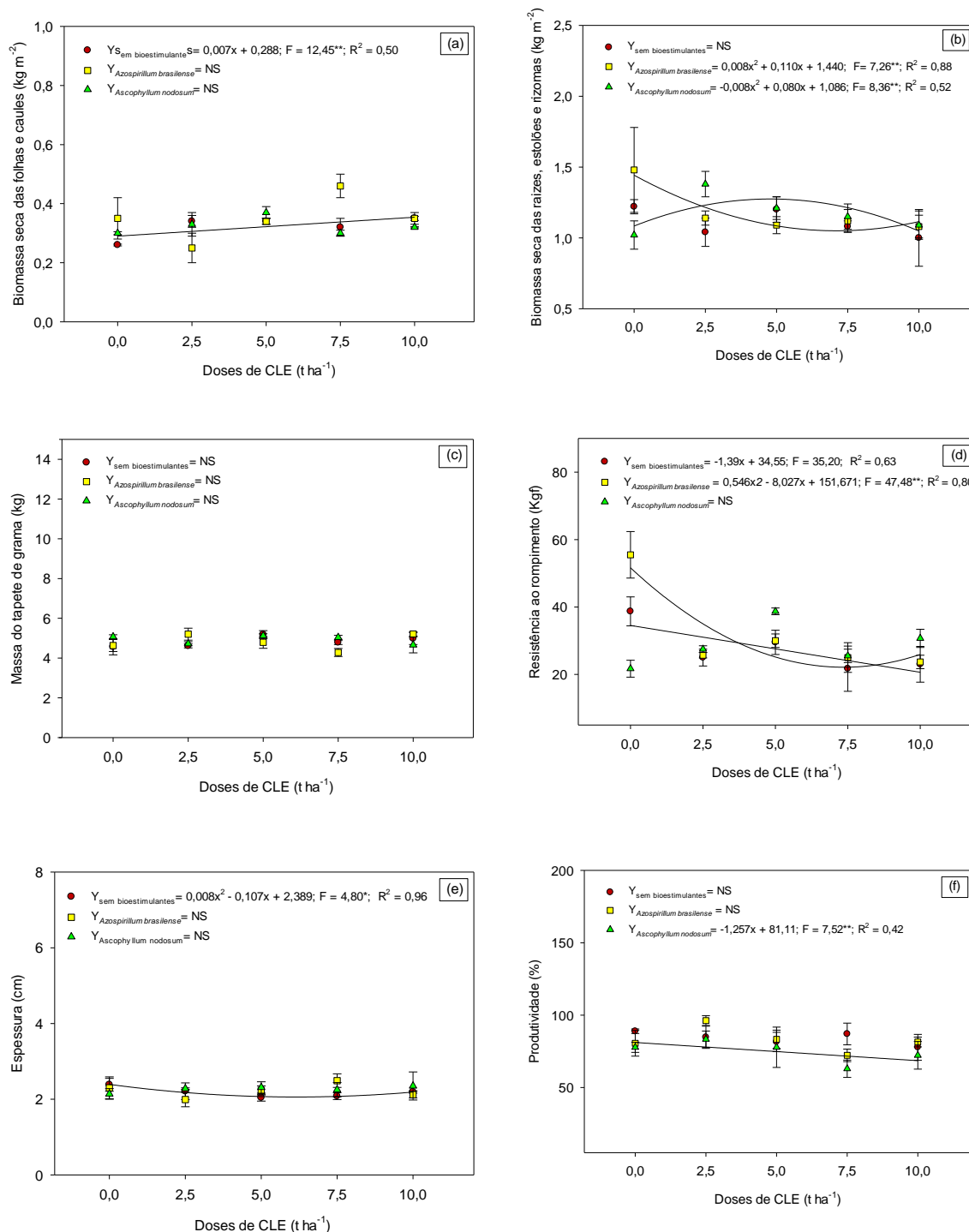
No segundo ciclo, para todas as variáveis analisadas na colheita, o tratamento controle obteve menores valores em relação aos demais tratamentos (Tabela 51). No primeiro ciclo, mesmo que os tapetes tenham ficado quebradiços e malformados no tratamento controle conseguiu coletar tapetes, entretanto, no segundo ciclo não houve formação de tapetes de grama, o que explica os resultados obtidos.

Tabela 51 – Produtividade e atributos avaliados nos tapetes colhidos do segundo ciclo da cv. Esmeralda

Tratamento	Biomassa seca das Folhas (kg m ²)			Biomassa seca da Raízes, estolões e rizomas (kg m ²)			Massa do tapete inteiro (kg)		
	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext	Sem	Bac	Ext
Controle		0,08			0,43			0,13	
0 t ha ⁻¹ de CLE	0,26bB α	0,35bA α	0,30bAB α	1,22aB α	1,48aA α	1,02bB α	4,56bB α	4,63bcB α	5,07aA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,34aA α	0,25cB α	0,33abA α	1,04aB α	1,14bB α	1,38aA α	4,61bB α	5,20aA α	4,72aB α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	0,34aA α	0,34bA α	0,37aA α	1,20aA α	1,09bA α	1,21abA α	5,18aA α	4,79abA α	5,12aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	0,32aB α	0,46aA α	0,30bB α	1,08aA α	1,12bA α	1,15abA α	4,78abA α	4,28cB α	5,04aA α
10 t ha ⁻¹ de CLE	0,35aA α	0,35bA α	0,32abA α	1,0aA α	1,08bA α	1,09bA α	4,98abAB α	5,20aA α	4,66aB α
Média	0,32B	0,35A	0,32B	-	-	-	-	-	-
Teste F									
Doses de CLE		8,40**			3,15*			3,64*	
Bioestimulantes (B)		5,27**			1,71 ^{NS}			1,05 ^{NS}	
(CLE) x (B)		11,84**			4,54**			6,95**	
CV (%)		9,8			12,3			5,4	
	Resistência ao rompimento (Kgf)			Espessura (cm)			Produtividade (%)		
Controle		0,0			0,06			0,0	
0 t ha ⁻¹ de CLE	38,7aB α	55,5aA α	21,7cC α	2,38aA α	2,30abA α	2,14aA α	88,9aA α	80,5bA α	77,8aA α
2,5 t ha ⁻¹ de CLE	25,0bcA α	25,7bA α	27,5bcA α	2,21aA α	1,99bA α	2,28aA α	84,7aAB α	96,3aA α	83,3aB α
5,0 t ha ⁻¹ de CLE	29,5bB α	30,0bB α	38,8aA α	2,04aA α	2,23abA α	2,32aA α	81,5aA α	83,3abA α	77,8aA α
7,5 t ha ⁻¹ de CLE	21,8cA α	25,0bA α	25,5bcA α	2,09aB α	2,49aA α	2,25aAB α	87,0aA α	72,2bB α	63,0bB α
10 t ha ⁻¹ de CLE	23,0bcB α	23,8bB α	30,8bA α	2,19aA α	2,12abA α	2,35aA α	77,8aA α	81,5bA α	72,2abA α
Média	27,6B	32,0A	28,8B	-	-	-	84,0A	82,8A	74,8B
Teste F									
Doses de CLE		32,59**			0,87 ^{NS}			6,52**	
Bioestimulantes (B)		7,49**			1,14 ^{NS}			9,38**	
(CLE) x (B)		22,61**			3,04**			2,61*	
CV (%)		13,4			8,9			9,6	

** , * e ^{NS} – Significativo a p < 0,01 e 0,05 e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para aplicação de bioestimulantes) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p < 0,05. Médias seguidas pelo mesmo símbolo α diferem ao tratamento controle pelo teste de Dunnett p < 0,05 de probabilidade. CLE = Composto de lodo de esgoto. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

Figura 26 – Produtividade e atributos avaliados no tapete de grama no segundo ciclo da cv. Esmeralda



** , * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente para o gráfico de regressão.

Importante destacar também, que para os dois ciclos a aplicação do CLE não teve influência na massa dos tapetes de grama inteiros, ao contrário que foi

observado no estudo de Backes *et al.*, (2013), isso porque as doses aplicadas foram maiores em comparação a este estudo, com conteúdo maior de matéria orgânica implica em uma diminuição a densidade do solo aderido ao tapete e por consequência menor peso.

Em geral, observou-se uma semelhança nos conteúdos de raízes, estolões e rizomas nos dois ciclos, resultando em uma resistência ao rompimento similar. No entanto, a distinção principal reside na capacidade do extrato de algas em melhorar a qualidade do tapete em situações de estresse.

Diante disso, analisando a qualidade do tapete e a produtividade da cultura atrelado ao fator econômico, nota-se que para o primeiro ciclo o melhor tratamento é de 5 t ha⁻¹ com a aplicação do extrato. E para o segundo o melhor tratamento é sem aplicação de CLE com a inoculação do *Azospirillum brasilense*.

Entretanto, é importante observar que, no primeiro ciclo, a aplicação da bactéria resultou em um leve aumento na produção de biomassa seca das raízes, especialmente em doses mais elevadas de CLE. Isso sugere que a aplicação de bioestimulantes pode ser uma excelente estratégia para garantir a qualidade dos tapetes, especialmente durante anos de La Niña. Esse fenômeno climático, caracterizado por chuvas irregulares, pode ter impactos negativos significativos na agricultura.

5 CONCLUSÕES

Para ambos os ciclos da cultura da grama cv. Esmeralda, a aplicação do CLE devido à sua natureza alcalina promoveu melhorias significativas na qualidade química do solo. Houve elevação do pH, redução da acidez potencial e aumento da saturação por bases. O CLE contribuiu para aumentar a disponibilidade de nutrientes, especialmente, na camada superficial do solo. Isso se refletiu no aumento dos teores de nutrientes no solo aderido ao tapete de grama, resultando em um tapete de alta qualidade, com solo fértil junto ao tapete de grama. Sendo, é importante considerar que esse fator implica em retirar a mais camada fértil do solo, o que requer uma atenção maior no manejo do produtor para o próximo ciclo.

O crescimento e a qualidade visual da grama foram significativamente melhoradas com a aplicação do extrato de algas durante o período de maior estresse hídrico. Além disso, observou-se uma melhoria na eficiência da adubação mineral convencional. Por outro lado, nos períodos de maior e mais uniforme distribuição da precipitação pluvial, os tratamentos com adubação mineral convencional completa destacaram-se, resultando em maior biomassa seca e acúmulo de nutrientes.

Observou-se que a inoculação de *Azospirillum brasilense* promoveu um melhor crescimento aéreo da grama na ausência do CLE e uma maior eficiência na adubação fosfatada. Em que, o antagonismo do CLE com a bactéria não teve impacto no crescimento das raízes, considerando no ambiente estressante.

A aplicação de bioestimulantes em conjunto com o CLE demonstrou aumento na produtividade e na qualidade do tapete de grama, especialmente durante períodos de estresse hídrico, o tratamento que se destacou-se foi a aplicação de 5t ha⁻¹ associado ao extrato de algas. Em ambientes com condições com menor estresse hídrico, o tratamento com *Azospirillum brasilense*, sem a aplicação do CLE, apresentou melhores resultados em termos de produtividade e qualidade do tapete.

Entretanto, visando assegurar a qualidade do tapete ao longo de todo o ciclo da cultura, especialmente no que diz respeito a quantidade de raízes, estolões e rizomas e a fertilidade do solo, recomenda-se a aplicação do CLE em conjunto com os bioestimulantes. Isso ressalta a necessidade de estudos adicionais sobre a aplicação dos bioestimulantes, incluindo a determinação das doses ideais e o

momento mais adequado para sua aplicação, bem como a avaliação da combinação entre o extrato e a bactéria.

Conclui-se que a aplicação do CLE associada aos bioestimulantes pode melhorar o sistema produtivo de grama cv. Esmeralda.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; ABREU, M. F.; ANDRADE, J. C. Determinação de cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, cromo, níquel e chumbo em solos usando a solução de DTPA em pH 7,3. In: RAIJ, B. van; ANDRANDE, J. C.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. 1. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2001a. p. 231–239.
- ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; ANDRADE, J. C. Determinação de boro em água quente, usando aquecimento com micro-onda. In: RAIJ, B. van; ANDRANDE, J. C.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. 1. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2001b. p. 231–239.
- ABREU-JUNIOR, C. H.; BROSSI, M.J.L.; MONTEIRO, R.T.; CARDOSO, P.H.S.; MANDU, T.S.; NOGUEIRA, T.A.R.; GANGA, A., FILZMOSE, P.; OLIVEIRA, F.C.; FIRME, L. P.; HE, Z.; CAPRA, G. F. Effects of sewage sludge application on unfertile tropical soils evaluated by multiple approaches: A field experiment in a commercial *Eucalyptus* plantation. **Science of the Total Environment** v. 655, p.1457–1467, 2019.
- AFZAL, I., SHINWARI, Z.K., SIKANDAR, S., SHAHZAD, S. Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. **Microbiological Research**. v. 221, p.36-49, 2019.
- ALBUQUERQUE, H. C.; ZUBA JUNIO, G. R.; SAMPAIO, R. A.; FERNANDES, L. A.; ZONTA, E.; BARBOSA, C. F. Yield and nutrition of sunflower fertilized with sewage sludge. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 553–559, 2015.
- ARAUJO, V. D. S. **Microrganismos potenciais e incremento de biomassa em grama esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.)**. 2019. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia. 2019. Disponível em: = <https://repositorio.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/717/1/Microrganismos%20potenciais%20e%20incremento%20de%20biomassa%20em%20grama%20esmeralda.o.pdf>. Acesso em: 1 maio. 2020.
- ARAÚJO, V. S.; SILVA, G. B.; GALVÃO, J. R.; AMARANTE, C. B.; SILVESTRE, W. V. D.; GONÇALVES, D. A. M. Microrganismos potenciais e incremento de biomassa em grama esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.1, p.309-320, 2020.
- ARRAIS, I. G.; ALEIDA, J. P. N.; DANTAS, L. L. G. R.; SILVA, F. S. O.; SILVA, C. C.; MENDONÇA, V. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 234-241, 2016.

BACKES, C. **Aplicação e efeito residual do lodo de esgoto em sistemas de produção de tapetes de grama esmeralda**. 2008. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Horticultura.) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Campus de Botucatu, 2017.

BACKES, C.; BULL, L. T.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, C. P.; PIRES, E. C. Uso de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 39, n. 4, p. 1045-1050, 2009.

BACKES, C.; LIMA, C. P. D.; GODOY, L. J. G. D.; SANTOS, A. J. M.; BÔAS, V.; LYRA, R., BÜLL, L. T. Produção, acúmulo e exportação de nutrientes em grama esmeralda adubada com lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 413–422, 2010.

BACKES, C.; SANTOS, A. J. M.; GODOY, L. J. G.; BÔAS, R. L. V., OLIVEIRA, M. R., OLIVEIRA, F. C., Doses de lodo de esgoto compostado em produção de tapete de grama esmeralda imperial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 1402–1414, 2013.

BACKES, C.; SANTOS, A. J. M.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; RIBON, A. A.; BESSA, S. V. Efeito residual do lodo de esgoto e de manejos mecanizados na produção de tapetes e na extração de nutrientes pela grama esmeralda. **Espacios**, v.38, n.14, p. 3, 2017.

BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L. E.; CASANOVAS, W. M.; PEREYRA, M. A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina: **Asociación Argentina de Microbiología**, 2008. p. 49-59.

BARGAZ, A.; WISSAL ELHAISOUI, W.; KHOURCHI, S.; BENMRID, B.; BORDEN, K. A.; RCHIAD, Z. Benefits of phosphate solubilizing bacteria on belowground crop performance for improved crop acquisition of phosphorus. **Microbiological Research**, v. 252, n. 12684, 2021.

BELHAJ, D.; ELLOUMI, N.; JERBI, B.; ZOUARI, M.; BEN ABDALLAH, F.; AYADI, H.; KALLEL, M. Effects of sewage sludge fertilizer on heavy metal accumulation and consequent responses of sunflower (*Helianthus annuus*), **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, p. 20168–20177, 2016.

BERTON, R. S.; NOGUEIRA, T. A. R. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a resolução nº 375 do Conama**. FEPAF: Botucatu, 2010. p. 31–50.

BERTOL, O. J.; FEY, E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J.; RIZZI, N. E., Mobilidade de P, Cu e Zn em colunas de solo sob sistema de semeadura direta

submetido às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 1841–1850, 2010.

BIELESKI, R. L.; TURNER, N. A. Separation and estimation of amino acids in crude plant extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography. **Analytical Biochemistry**, v.17, p.278-293, 1996.

BITTENCOURT, S.; SERRAT, B. M.; AISSE, M. M.; GOMES, D. Sewage sludge usage in agriculture: a case study of its destination in the Curitiba metropolitan region, Parana, Brazil. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 225, p. 2074, 2014.

BITTENCOURT, S. **Experiência brasileira de uso benéfico de lodo de esgoto em solos**. Belo Horizonte: Visual, 2018. Disponível em: <<http://etes-sustentaveis.org/wp-content/uploads/2018/05/Palestra-Matos-Workshop-Lodo-2.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2018.

BLOEM, E.; ALBIHN, A.; ELVING, J.; HERMANN, L.; LEHMANN, L.; SARVI, M.; SCHAAF, T.; SCHICK, J.; TURTOLA, E.; YLIVAINIO, K. Contamination of organic nutrient sources with potentially toxic elements, antibiotics and pathogen microorganisms in relation to P fertilizer potential and treatment options for the production of sustainable fertilizers: a review. **Science of the Total Environment**, v. 607, p. 225–242, 2017.

BUTLER, T. **Seaweed Extract Application in Turfgrass Management**. 2006. Disponível em: <https://www.pitchcare.com/news-media/seaweed-extract-application-in-turfgrass-management.html>. Acesso em: 08 Não é um mês valido! 2020.

BUTLER, T.; HUNTER, A. Impact of seaweed extract on turfgrass growth and nutrition on a Golf green to USGA specification. In XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Horticultural Plants in Urban and Peri-Urban, v. 762, p. 81-90, 2006.

BOEIRA, R. C.; MAXIMILIANO, V. C. B. Mineralização de compostos nitrogenados após aplicações de lodos de esgoto em quatro cultivos de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 207–218, 2009.

BONOMELLI, C.; CELIS, V.; LOMBARDI, G.; MÁRTIZ, J. Salt stress effects on Avocado (*Persea americana* Mill). plants with and without seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) application. **Agronomy**, v.8, p.50-64, 2018.

BONTEMPO, A. F.; ALVES, F. M.; CARNEIRO, G. D. O. P.; MACHADO, L. G.; SILVA, L. O. D.; AQUINO L. A. Influência de bioestimulante e nutrientes na emergência e no crescimento inicial de feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.1, p. 86-93, 2016.

BOARETTO, R.; QUAGGIO, A. J.; MELLIS, E. V.; CANTARELLA, H.; Micronutrientes. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS jr, D.; BORETTO,

R. M.; RAIJ, B. van. **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 1. ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2022. p. 121–129.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 25**.
<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>. 2009.

BRASÍLIA. Assembleia Legislativa. **Projeto de Lei nº 4162, de 2019**. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/140534>> Acesso em: 22 jul. 2020.

BREMER, D.J.; LEE, H.; SU, K.; KEELEY, S.J. Relationships between normalized difference vegetation index and visual quality in cool-season turfgrass: II. Factors affecting NDVI and its component reflectance. **Crop Science**, v.51, n.5, p.2219, 2011. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.12.0729>

CANDOGAN, B. N.; SENIH, U. B.; ACILKGOZ, E. Irrigation Level and Nitrogen Rate Affect Evapotranspiration and Quality of Perennial Ryegrass (*Lolium perenne*). **International Journal of Agriculture & Biology**, v.7, n.3, p.431-439, 2015.

CIIAGRO ON LINE. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Disponível em: <<http://ciiagro.iac.sp.gov.br>> Acesso em: 20 de janeiro de 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 498, de 19 de agosto de 2020**. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=797>. Acesso em: 15 fev. 2020

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Critérios para aplicação de biossólidos em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação**. Norma P 4.230. São Paulo, CETESB, 1999. 32p. (Manual Técnico).

CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid Colorimetric Determination of Nitrate in Plant-Tissue by Nitration of Salicylic-Acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 6, p. 71-80, 1975.

CARRIBEIRO, L. S.; **Compactação e lâminas de água do solo para a colheita de tapetes de grama**. 2014. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. Disponível em: Acesso em: 15 out. 2020.

CHARBONNEAU, P. **Sod production. Government of Ontario**, Canadá, 2004.

CHAVES, V. A.; SANTOS, S. G.; SCHULTZ, N.; PEREIRA, W.; SOUSA, J. S.; MONTEIRO, R. C.; REIS, V. M. Desenvolvimento inicial de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, p. 1595-1602, 201

CHRISTIANS, N. E. **Fundamental of turfgrass management, Chelsea, MI**: Arbor Press, 1998, 301p.

CORTLEVEN, A.; SCHMÜLLING, T. Regulation of chloroplast development and function by cytokinin. **Journal of Experimental Botany**. V.66, p.4999–5013. 2015.

DIAS, R. C. **Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência em espécies de grama** 2018. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Proteção de Plantas.) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Campus de Botucatu, 2017.

DI STASIO, E.; VAN OOSTEN, M.J.; SILLETTI, S.; RAIMONDI, G.; DELL'AVERSANA, E.; CARILLO, P.; MAGGIO, A. *Ascophyllum nodosum*-based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants. **Journal Applied. Phycology** .30, p.2675–2686, 2018.

DÖBEREINER, J; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. Brasília: EMBRAPA, SPI; Itaguaí: EMBRAPA, CNPAB, 1995. 62 p.

DOS SANTOS, V. M.; DE MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONÇALVES, A. H.; VARANDA, M. A. F., TAUBINGER, M. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea mays* L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n.3, p.307-318, 2013.

ELANSARY, H. O.; YESSOUFOU, K.; ABDEL-HAMID, A. M.; EL-ESAWI, M. A.; ALI, H. M.; ELSHIKH, M. S. Seaweed extracts enhance Salam turfgrass performance during prolonged irrigation intervals and saline shock. **Frontiers in plant science**, v.8, p. 830, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1997. 212 p.

FERRAZ, A. V.; MOMENTEL, L. T.; POGGIANI, F. Soil fertility, growth and mineral nutrition in *Eucalyptus grandis* plantation fertilized with different kinds of sewage sludge. **New forests**, Heidelberg, v. 47, n. 6, p. 861–876, 2016.

FERRAZ, G. F.; TEIXEIRA FILHO, MARCELO CARVALHO MINHOTO ; DINALLI, R. P. ; SILVA JUNIOR, C. A. ; GAZOLA, R. N. . Taxa de cobertura do solo pela grama Esmeralda com aplicação de bactérias promotoras de crescimento associado a

doses de nitrogênio. In: XXXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP, 2019, Ilha Solteira, **Anais...** Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 1p. 2019. CDROM.

FLORENTINO, A. L.; DE VICENTE FERRAZ, A.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; ASENSIO, V.; MURAOKA, T.; DOS SANTOS DIAS, C. T.; ABREU-JUNIOR, C. H. Long-term effects of residual sewage sludge application in tropical soils under Eucalyptus plantations. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 220, p. 177–187, 2019.

GALINDO, F. S.; NOGUEIRA, L. M.; BELLOTE, J. L. M.; DE NIRO GAZOLA, R.; ALVES, C. J.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Desempenho agronômico de milho em função da aplicação de bioestimulantes à base de extrato de algas. **Tecnologia e ciências agropecuária**, João Pessoa, v.9, n.1, p.13-19, 2015a.

GALINDO, F. S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. ; BELLOTTE, J. L. M. ; SANTINI, J. M. K. ; TEIXEIRA FILHO, M. C. M; BUZETTI, Salatiér . Épocas de inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar afetando a produtividade da cultura do trigo irrigado. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 9, p. 43-48, 2015b.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVES, C. J.; DE PAULA GARCIA, C. M.; NOGUEIRA, L. M. Extrato de algas como bioestimulante da produtividade do trigo irrigado na região do cerrado. **Colloquium Agrariae**, v.15, n. 1, p. 130-140, 2019.

GALINDO, F. S.; Teixeira Filho M. M.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, W. L.; FERNANDES, G. C.; BOLETA, E. H. M.; BARCO NETO, M.; PEREIRA, M. R. A. ; ROSA, P. A. L. ; PEREIRA, I. T. ; GASPARETO, R. N. *Azospirillum brasilense* associated with silicon and nitrogen fertilization influences macronutrients concentration in corn shoot and root?. **Open Agriculture**, v. 5, p. 126-137, 2020.

GAZOLA, R. P. D.; BUZETTI, S.; GAZOLA, R. N.; CASTILHO, R. M. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; CELESTRINO, T. S. Nitrogen fertilization and glyphosate doses as growth regulators in Esmeralda grass. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.12, p.930-936, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n12p930-936>

GODOY, L. J. G. **Adubação nitrogenada para produção de tapetes de grama santo agostinho e esmeralda**. 2005, 106f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrômicas, UNESP, Botucatu, SP, 2005.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; LIMA, C. P. Doses de nitrogênio e potássio na produção de grama esmeralda. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1326-1332, 2007

GODOY, L. J. G., VILLAS BOAS, R.L., BACKES, C. Produção de tapetes de grama Santo Agostinho submetida a doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.5., p. 1703-1716, 2012.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M. **Nutrição, Adubação e Calagem para produção de gramas**. 1 Ed. FEPAF, 2012. 146p.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; Gamados. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS jr, D.; BORETTO, R. M.; RAIJ, B. van. **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 1. ed. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2022. p. 475–482.

GOMES, E. N.; VIEIRA, L. M.; TOMASI, J. C.; TOMAZZOLI, M. M.; GRUNENVALDT, R. L.; FAGUNDES, C. M.; MACHADO, R. C.B. Brown seaweed extract enhances rooting and roots growth on *Passiflora actinia* Hook stem cuttings. **Ornamental Horticulture** , v. 24, n. 3, 2018.

GÓRKA, B.; KORZENIOWSKA, K.; LIPOK, J.; WIECZOREK, P.P. The Biomass of algae and algal extracts in agricultural production. In: **Algae Biomass: Characteristics and Applications**. Springer: Cham, 2018. p.103-114.

GURGEL, R. A. G. Principais espécies e variedades de grama. In: SIMPOSIO SOBRE GRAMADOS, 1, 2003, Botucatu. Produção, implantação e manutenção: **Anais**. Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2003. CD-ROM.

GUO, Y. Y.; TIAN, S. S.; LIU, S. S.; WANG, W. Q.; SUI, N. Energy dissipation and antioxidante enzyme system protect photosystem II of sweet sorghum under drought stress. **Photosynthetica**, v. 56, n. 3, p. 861-872, 2018.

HAMDI, H.; HECHMI, S.; KHELIL, M. N.; ZOGHLAMI, I. R.; BENZARTI, S.; MONKNI-TLILI, S.; HASSEN, A.; JEDIDI, N. Repetitive land application of urban sewage sludge: Effect of amendment rates and soil texture on fertility and degradation parameters. **Catena**, Amsterdam, v. 172, p. 11–20, 2019.

HARGREAVES, J. C., ADL, M.S., WARMAN, P.R. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. **Agriculture, Ecosystem & Environment**, v. 123, p.1–14, 2008.

Hartman, H.T., Kester, D.E., Davies, J.F.T., & Geneve, R.L. **Plant propagation: principles e practices**. Boston: Prentice Hall. 8ed. p. 915, 2011.

HE, M. M. TIAN, G. M. LIANG, X. Q. Phytotoxicity and speciation of copper, zinc and lead during the aerobic composting of sewage sludge, **Journal of Hazardous Materials**, v. 163, p.671–677, 2009.

HUNGRIA, M., CAMPO, R. J., SOUZA, E. M. e PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, p.413-425, 2010.

HUNGRIA, M., NOGUEIRA, M. A., ARAUJO, R. S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growthpromoting bacterium *Azospirillum brasilense*: Na environment-friendly component in there clamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 221, p. 125-131, 2016.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja. (Embrapa Soja. Documents, 325). 2011. 36p.

IQBAL, N.; HUSSAIN, S.; RAZA, M. A.; YANG, C.; SAFDAR, M. E.; BRESTIC, M.; LIU, J. Drought to lerance of soybean (*Glycinemax* L. Merr.) by improved photosynthetic characteristics and an eficient antioxidant enzyme system under a split-root system. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 786, 2019

IVANOVÁ, L.; MACKUL'AK, T.; GRABIC, R.; GOLOVKO, O.; KOPA, O.; STAŇOVÁB, A. V.; SZABOVÁ, P.; GREŇČÍKOVÁ, A.; BODÍK, I. Pharmaceuticals and illicit drugs – A new threat to the application of sewage sludge in agriculture. **Science of the Total Environment**, v. 634, p. 606–615, 2018.

JANOWSKA, B., SZYMANSKI K., SIDELKO R., SIEBIELSKA I.; WALENDZIK B. Assessment of mobility and bioavailability of mercury compounds in sewage sludge and composts. **Environmental research**, v. 156, p. 394–403, 2017.

KACPRZAKA, M.; NECZAJA, E.; FIJAŁKOWSKIA, K.; GROBELAKA, A.; GROSSERA, A.; WORWAGA, M.; RORATA, A; BRATTEBOB, H.; ALMÅSC, Å.; SINGHC, B. R. Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. **Environmental research**, San Diego, v. 156, p. 39–46, 2017.

KARCHER, D. E.; RICHARDSON, M. D. Quantifying turfgrass color using digital image análisis. **Crop Science**, Madison, v. 43, p. 943-951, 2003.

KERR, R.A.; MCCARTY, L.B.; BROWN, P.J.; HARRIS, J.; MCELROY, J.S. Immediate irrigation improves turfgrass safety to postemergence herbicides. **HortScience**, v.54, n.2, p.353-356, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13571-18>

KHALIL, A. I.; HASSOUNA, M. S.; EL-ASHQAR, H. M. A.; FAWZI, M. Changes in physical, chemical and microbial parameters during the composting of municipal sewage sludge. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 27, p. 2359–2369, 2011.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia**. Fondo de Cultura Económica, México, 479p.

Kühn, I. E. Ação de bioestimulantes na mitigação dos efeitos do déficit hídrico na cultura da soja. Tese (Doutorado Irrigação e Drenagem.) - Universidade Estadual

Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu-SP, 2023, 102f. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/e60ecca2-6fd8-4cc3-973b-afabb00fdab8/content>>. Acesso em: 06 fev. 2024

LAMASTRA, L.; SUCIU, N. A.; TREVISAN, M. Sewage sludge for sustainable agriculture: contaminants' contents and potential use as fertilizer. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, London, v. 5, n. 1, p. 1–10, 2018.

LEITE, F. **Lodo de esgoto será usado para produzir energia**. São Paulo: Estadão, 2016. Disponível em: <http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,lodo-e-esgoto-serao-usados-para-produzir-energia,10000065602>. Acesso em: 12 jan. 2019.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, New York, v. 148, p. 350–382, 1987.

LIMA, C. D. P. **Nutrição, produção e qualidade de tapetes de grama bermuda e esmeralda influenciados pela adubação nitrogenada**. 2009, 139f. Tese (Doutorado em Agronomia - Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, SP, 2009.

LIMA, C. P.; BACKES, C.; VILLAS BOAS, R. L.; OLIVEIRA, M. R.; KIIHL, T. A. M.; FREITAG, E. E. Bermuda grass sod production as related to nitrogen rates. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 371-378, 2010.

LIMA, C. P.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BÔAS, R. L.; OLIVEIRA, M. R. de. Quantidade de nutrientes extraídos pela grama bermuda em função de doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v.31, n.5, p.1432-1440, 2015.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BULL, L. T.; MOREIRA, L. L. Q. Manejo do lodo de esgoto e nitrogênio mineral na fertilidade do solo ao longo do tempo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2705–2725, 2013.

MACKINNON, S. L.; HILTZ, D.; UGARTE, R.; CRAFT, C. A. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. **Journal of Applied Phycology**, v. 22, p. 489-494, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, Horst. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic press, p. 171-177, 2011.

MATOS, A. **Potencialidades e limitações do uso de Lodo de Esgoto em solo- Aspectos Agronômicos, controle de atratividade de vetores e de impactos ambientais** Belo Horizonte: Visual, 2018.

Disponível em: <<http://etes-sustentaveis.org/wpcontent/uploads/2018/05/Palestra-Matos-Workshop-Lodo-2.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

MATSUNAGA, M. BEMELMANS, P. F.; DE TOLEDO, P. E. N. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

McCULLOUGH, H. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. **Clinica Chimica Acta**. 17(2):297-304, 1967.

McCARTY, L. B. (2018). **Golf turf management**. CRC Press. 732p.

MELO, W.; DELARICA, D.; GUEDES, A.; LAVEZZO, L.; DONHA, R.; DE ARAÚJO, A., MELO, G. D.; MACEDO, F. Ten years of application of sewage sludge on tropical soil. A balance sheet on agricultural crops and environmental quality. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 643, p. 1493–1501, 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA – MAPA. Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo. **Instrução normativa Nº 7**, de 12 de abril de 2016.

MOCHIZUKI, P. S.; BRESSANE, A.; DALFRE, G.; BIERAS, A. R. Estudos climáticos como subsídio à política municipal de desenvolvimento do município de Tatuí (SP). **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 2, p. 115-132, 2006.

MONTEIRO, C.A. de F. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1973.

MOTA, F. D. **Lodo de esgoto compostado na produção de tapetes de grama esmeralda e na manutenção de água no solo**. 2016. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Irrigação e Drenagem.) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016

MOTA, F. D.; VILLAS BÔAS, R. L.; MATEUS, C. M. D.; SILVA, T. B. G. Sewage sludge compost in zoysia grass sod production. **Revista Ambiente & Água**, v.14, n.1, e2301, 2019.

MUELLER, S. R.; KUSSOW, W. R. Biostimulant influences on turfgrass microbial communities and creeping bentgrass putting green quality. **HortScience**, v.40, n.6, p.1904-1910, 2005.

NASCIMENTO; A. L.; SOUZA, A. J.; ANDRADE, P. A. M.; ANDREOTE, F. D.; COSCIONE, A. R.; OLIVEIRA, F. C.; REGITANO, J. B. Sewage sludge microbial structures and relations to their sources, treatments, and chemical attributes. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 1–11, 2018.

NOGUEIRA, T. A. R.; SAMPAIO, R. A.; FONSECA, I. M.; FERREIRA, C. S.; SANTOS, S. E.; FERREIRA, L. C.; GOMES, E.; FERNANDES, L. A. Metais pesados e patógenos em milho e feijão caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 331–338, 2007.

NOGUEIRA, T. A. R.; OLIVEIRA, L. R.; MELO, W. J.; FONSECA, I. M.; MELO, G. M. P.; MELO, V. P.; MARQUES, M. O. Cádmiu, cromo, chumbo e zinco em plantas de milho e em Latossolo após nove aplicações anuais de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, p. 2195–2207, 2008.

NOGUEIRA, T.A.R.; MELO, W. J.; FONSECA, I. M.; MARQUES, M. O.; HE, Z. Barium uptake by maize plants as affected by sewage sludge in a long-term field study. **Journal of Hazardous Materials**, v, 181, p. 1148–1157, 2010.

NOGUEIRA, T.A.R.; FRANCO, A.; HE, Z.; BRAGA, V. S.; FIRME, L. P.; ABREU-JUNIOR, C. H. Short-term usage of sewage sludge as organic fertilizer to sugarcane in a tropical soil bears little threat of heavy metal contamination. **Journal of Environmental Management**, London, v. 114, p. 168–177, 2013.

OLIVEIRA, N. B.; OLIVEIRA, J. F. V.; SANTOS, P. L. F.; GAZOLA, R. P. D.; CASTILHO, R. M. M. Avaliação do estado nutricional de três gramados ornamentais em Ilha Solteira–SP: um estudo de caso. **Revista LABVERDE**, v.9, n.1, p.96-119, 2018.

PAVINATO, P. S.; CHERUBIN, M. R.; SOLTANGHEISI, A.; ROCHA, G. C., CHADWICK, D. R.; JONES, D. L. Revealing soil legacy phosphorus to promote sustainable agriculture in Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 15615, 2020.

PEDROSA, M. V. B.; LIMA, W. L.; AMARAL, A. A.; CARVALHO, A. H. O. Biossólido de lodo de esgoto na agricultura: desafios e perspectivas. **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, p. 125–142, 2018.

PETERSON, K.; ARNOLD, K. S. BREMER, D. **Custom Light Box for Digital Image Turfgrass Analysis**. K- State Turfgrass Research. 2011. p. 89-91.

PILNÁČEKA, V.; INNEMANOVÁA, P.; ŠEREŠ, M.; MICHALÍKOVÁA, K.; STRÁNSKÁB, Š.; WIMMEROVÁD, L.; CAJTHAML T. Micropollutant biodegradation and the hygienization potential of biodrying as a pretreatment method prior to the application of sewage sludge in agriculture. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 127, p. 212–219, 2019.

PRATES, A. R. **Atributos químicos do solo, estado nutricional e desempenho agrônomo na sucessão soja-milho adubados com composto de lodo de esgoto na região do Cerrado**., 2009, 173f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistema de Produção) – Faculdade de Engenharia, UNESP, Ilha Solteira, SP, 2020.

PRATES, A. R.; COSCIONE, A. R.; MIRANDA, B. G.; ARF, O.; ABREU-JUNIOR, C. H.; OLIVEIRA, F. C.; MOREIRA, A 6, GALINDO, F. S.; Pereira SARTORI, M. M. P.; HE, Z.; JANI, A. D.; CAPRA, G, F; GANGA, A NOGUEIRA, T. A. R. Composted Sewage Sludge Enhances Soybean Production and Agronomic Performance in Naturally Infertile Soils (Cerrado Region, Brazil). **Agronomy**, v.10, n.11, p.1677, 20

Prates, A. R., Kawakami, K. C., Coscione, A. R., Filho, M. C. M. T., Arf, O., Abreu-Junior, C. H., ... & Nogueira, T. A. R. (2022). Composted Sewage Sludge Sustains

PRATES, A. R.; KAWAKAMI, K. C.; COSCIONE, A. R.; FILHO, M. C. M. T.; ARF, O.; ABREU-JUNIOR, C. H.; OLIVEIRA, F. C.; MOREIRA, A.; GALINDO, F. S.; HE, Z.; JANI, A. D.; CAPRA, G. F.; GANGA, A.; NOGUEIRA, T. A. R. Composted Sewage Sludge Sustains High Maize Productivity on an Infertile Oxisol in the Brazilian Cerrado. **Land**, v. 11, n. 8, p. 1246, 2022.

OCIEPA, E.; MROWIEC, M.; LACH, J. Influence of fertilisation with sewage sludge-derived preparation on selected soil properties and prairie cordgrass yield. **Environmental Research**, San Diego, v. 156, p. 775–78, 2017.

OLIVEIRA, G. S. D., JALAL, A., PRATES, A. R., TEIXEIRA FILHO, M. C. M., ALVES, R. S., SILVA, L. C.; NASCIMENTO, R. E. N.; SILVA, P. S. T.; ARF, O.; GALINDO, F. S.; OLIVEIRA, F. C.; ABREU-JUNIOR, C. H.; JANI, A. D.; CAPRA, G. F., NOGUEIRA, T. A. R. Common Bean Productivity and Micronutrients in the Soil–Plant System under Residual Applications of Composted Sewage Sludge. **Plants**, v. 12, n. 11, p. 2153, 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS –ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): 17 objetivos de transformar o mundo, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em: 09 ago. 2020.

RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CATARELLA, H.; BELLINAZZI JR., R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. van; ANDRANDE, J. C.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RAMOS, A. R.; BINOTTI, F. F. S.; SILVA, T. R.; SILVA, U. R. Bioestimulante no condicionamento fisiológico e tratamento de sementes de feijão. **Revista Biociências**, Taubaté, v.21, n.1, p. 76-88, 2015.

RASTETTER, N.; GERHARDT, A. Toxic potential of different types of sewage sludge as fertiliser in agriculture: ecotoxicological effects on aquatic, sediment and soil indicator species. **Journal of Soils and Sediments**, Amsterdam, v. 17, p. 106–121, 2017.

RESENDE, A. V. D.; NETO, M. M. G.; BORGUI, E.; SIMÃO, E. D. P.; MARTINS, D. C.; SANTOS, F. C. D.; COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho na região do Cerrado. In: FLORES, R. A.; CUNHA, P. P. D.; MARCHÃO, R. L.; MORAES, M. F. **Nutrição e adubação**: de grandes culturas na Região do Cerrado. Goiânia: Ed. UFG, 2019. Cap. 112, p. 463–502.

RODRIGUES, L.A.; BATISTA, M.S.; ALVAREZ, R. C. F.; LIMA, S. F.; ALVES, C. Z. avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. **Revista Nucleus**, Ituverava, v.12, n.1, 2015.

RODRIGUES, D. H. S.; DA SILVA ABES, S.; STEINER, F.; DA SILVA VIANA, R.; ALVES, R. S. Uso de bactérias solubilizadoras de fosfato para potencializar o crescimento de variedades de cana-de-açúcar. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 27, n. 3, p. 254–260, 2023.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, p. 576-586, 2008.

SANTOS, D. R. D.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, 38, 576-586, 2008.

SANTOS, E. R. F. **Distribuição dos teores de boro em dois solos de diferentes texturas em função da aplicação localizada de ácido bórico**. Cuiabá: UFMT, 2017. Disponível em: <https://www1.ufmt.br/ufmt/unidade/userfiles/publicacoes/f8e472a3640244af83ebd08a15e718a2.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2021.

SANTOS, F. C. D.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. D.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. D. C. S.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n.6, p.1855–1861, 2014.

SANTOS, P. L. F.; ZABOTTO, A. R.; DA SILVA, P. S. T.; DO NASCIMENTO, M. V. L.; DE GODOY, L. J. G.; TAVARES, A. R.; BÔAS, R. L. V. Biostimulants in initial Growth of Discovery™ Bermudagrass. **Ornamental Horticulture**, v. 30, p. 1-6, 2024.

SANTOS, P. L. F. Manejo da irrigação e doses de nitrogênio no desenvolvimento, qualidade estética e jogabilidade em gramado de 'Tifton 419'. 2022. 113f. Tese (Doutorado em Horticultura) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu-SP, Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/236839>>. Acesso em: 27 mar. 2023

SANTOS, P. L. F.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; CARRIBEIRO, L. S. Atualidades na produção de Gramas. In: SANTOS, P. L. F.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; CARRIBEIRO, L. S. **Tópicos Atuais em Gramados V**, Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, 2022. p. 35 – 51. Disponível em: <infograma.com.br/wp-content/uploads/2023/04/Tópicos-atuais-em-gramados-V.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SANTOS, A. J. M.; VILLAS BÔAS, R. L.; MORAES, M. H.; GAMERO, C. A.; OLIVEIRA, M. R. Equipamentos para descompactação superficial do solo: estudo de caso. In: GODOY, L.J. G.; MATEUS, C. M. D.; BACKES, C.; VILLAS BÔAS, R. L. **Tópicos atuais em gramados II**, Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2010. p. 159 - 165.

SANTOS, P.L.F.; CASTILHO, R.M.M. Resposta da grama esmeralda em função de diferentes fertilizantes e substratos. **Cultura Agrônômica**, v.27, n.3, p.354-365, 2018.

SANTOS, P. L. F.; ZABOTTO, A. R.; JORDÃO, H. W. C.; BOAS, R. L. V.; BROETTO, F.; TAVARES, A. R. Use of seaweed-based biostimulant (*Ascophyllum nodosum*) on ornamental sunflower seed germination and seedling growth. **Ornamental Horticulture**, v. 25, n. 3, p. 231-237, 2019.

SIEBIELEC, G.; SIEBIELEC, S.; LIPSKI, D. Long-term impact of sewage sludge, digestate and mineral fertilizers on plant yield and soil biological activity. **Journal of Cleaner Production**, v. 187, p. 372–379, 2018.

SILVA, T. T. A.; VON PINHO, E. V. R.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. O.; COSTA, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 840-846, 2008.

SILVA-KOJOROSKI, C. M.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; KLEIN, V. A.; CARNEIRO, C. M.; GUARIENTI, M. Crescimento estacional das gramas esmeralda, tapete e Tifton 419 em condições subtropicais úmidas do sul do Brasil sob distintos preparos de solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 18 n. 2-4, p. 204-212, 2012.

SILVA, P. L. F.; DE OLIVEIRA, F. P.; PEREIRA, W. E.; BORBA, J. D. M.; TAVARES, D. D.; SANTOS, T. E. D.; MARTINS, A. F. Estoques de carbono e retenção hídrica em biomassa de gramíneas no agreste da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.13, n.2, p.155-167, 2019.

SOUTO, L. S. **Resposta da cultura da mamona à fertilização com lodo de esgoto**. 2007. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

SOUSA, S. M. DE; OLIVEIRA, C. A.; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G.; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; MARRIEL, I. E.; LANA, U. G. DE P.; GOMES, E. A. Tropical bacillus strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake 17 and grain yield. **Journal of Plant Growth Regulation**, V. 40, P. 867-877, 2021.

STRAW, C. M.; GRUBBS, R. A.; HENRY, G. M. Short term spatiotemporal relationship between plant and soil properties on natural turfgrass sports fields. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v.3, n.1, p.1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.20043>

RSTUDIO TEAM. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc.: Boston, MA, USA, 2016. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>. Acesso em: 09 ago. 2020.

VAN OOSTEN, M. J.; PEPE, O.; DE PASCALE, S.; SILLETTI, S.; MAGGIO, A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical Biology Technology in Agriculture**. v.4, n.5. 2017.

VASCONCELOS, A. C. P.D.; SIQUEIRA, T. O.; LANA, R.M.Q.; FARIA, M. V. V.; NUNES, A. A.; LANA Â. M. Q. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and N fertilization of corn in the Cerrado biome. **Revista Ceres**. v. 63, n. 5, p. 732-740, 2016.

VENDRUSCOLO, E. P.; RABELO, R. S.; CAMPOS, L. F. C.; MARTINS, A. P. B.; SEMEMSATO, L.R.; SELEGUINI, A. Alterações físico-químicas em frutos de melão rendilhado sob aplicação de bioestimulante. **Revista colombiana de ciências hortícolas**, Tunja Boyacá, v.11, n.2, p. 459-463, 2017.

VISENTIN, ROSELI; MATEUS, CAROLINE; ESPERANCINI, MAURA; VILLAS BOAS, ROBERTO. Viabilidade econômica da compostagem do lodo de esgoto para uso agrícola. **Holos Environment**, v. 20, n. 2, p. 152-167, 2020.

VITTO, D. C.; GUIMARÃES, V. F.; DE OLIVEIRA, P. S. R.; JUNIOR, R. C.; DA SILVA, A. S. L.; HOSCHEID, A. R. S. PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE MILHO INOCULADO COM *Azospirillum brasilense* FERTILIZADO COM CAMA DE FRANGO. *Nativa*, 10(4), 477–485, 2022.

VOGEL, G.F.; MARTINKOSKI, L. RUZICKI, M..Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poáceas forrageiras: importâncias e resultados. **ACSA Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.10, p.1–6, 2014.

WATSON, L; DALLWITZ, M. F. **The grass genera of the world**. United Kingdom: CAB Publications, 223-986 p., 1992.

YEMM, E. M.; COCKING, E. C. Estimation of amino acids by ninhydrin. **Analyst**, London, v. 80, p. 209-213, 1955.

YU, Z.; LIU, X.; ZHAO, M.; ZHAO, W.; LIU, J.; TANG, J.; LIAO, H.; CHEN, Z.; ZHOU, S. Hyperthermophilic composting accelerates the humification process of sewage sludge: Molecular characterization of dissolved organic matter using EEM–PARAFAC and two-dimensional correlation spectroscopy. **Bioresource Technology**, New York, v. 274, p. 198–206, 2019.

ZANON, M. E.; PIRES, E. C. Situação atual e perspectivas do mercado de grama no Brasil. In: GODOY, L. J. G.; MATEUS, C. M. D.; BACKES, C.; VILLAS BÔAS, R. L. **Tópicos atuais em gramados II**. Botucatu: FEPAF, 2010. p. 47-53.

ZHANG, X.; ERVIN, E. H. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. **Crop Science**, V.48, n.1, 364-370, 2008.

ZHANG, X.; WANG, K.; ERVIN, E. H. Optimizing Dosages of Seaweed Extract-Based Cytokinins and Zeatin Riboside for Improving Creeping Bentgrass Heat Tolerance. **Crop science**, v.50, n.1, p.316-320, 2010.

APÊNDICE A - Coeficiente de determinação (R²) e equações de regressão que melhor se ajustaram em relação aos atributos do solo após 6 meses da aplicação do CLE e bioestimulantes do primeiro e segundo ciclo da grama

Equação (Sem)		F	R ²	Equação (Bac)		F	R ²	Equação (Ext)		F	R ²
Primeiro ciclo da grama											
MO	Y = 24,1	NS	-----	Y = 24,3	NS	-----	Y = 24,3	NS	-----		
pH	Y = 5,1	NS	-----	Y = 0,051x + 4,82	28,98**	0,88	Y = 5,03	NS	-----		
H+Al	Y = -0,51x + 35,85	18,72**	0,43	Y = -1,38x + 41,05	137,05**	0,94	Y = -0,13x ² + 1,31x + 32,85	4,50*	-----		
V	Y = 0,58x + 59,30	9,30**	0,38	Y = 1,47x + 52,70	59,74**	0,91	Y = 0,16x ² - 1,95 + 63,48	6,42*	0,47		
CTC	Y = 88,3	NS	----	Y = 85,8	NS	----	Y = -0,71x + 89,80	4,65*	0,47		
P	Y = -0,92x + 32,55	5,51*	0,34	Y = 28,4	NS	----	Y = -0,33x ² + 3,44x + 30,27	4,89*	0,35		
K	Y = 0,2x ² - 0,26x + 3,91	6,03*	0,78	Y = 3,8	NS	----	Y = 0,03x ² - 0,38x + 3,88	11,64**	0,94		
Ca	Y = -0,18x ² + 2,68x + 35,96	4,21*	0,61	Y = 0,95x + 32,80	12,99**	0,80	Y = 37,6	NS	-----		
Mg	Y = 11,1	NS	-----	Y = 10,2	NS	-----	Y = 11,1	NS	-----		
S	Y = -0,60x ² + 6,28x + 18,06	7,59**	0,69	Y = 29,1	NS	-----	Y = 26,9	NS	-----		
B	Y = -0,007x + 0,51	9,50**	0,58	Y = 0,43	NS	-----	Y = 0,007x + 0,44	7,89**	0,82		
Cu	Y = 0,97	NS	-----	Y = 0,99	NS	-----	Y = 1,0	NS	-----		
Fe	Y = 14,5	NS	-----	Y = 14,1	NS	-----	Y = 15,2	NS	-----		
Mn	Y = 9,1	NS	-----	Y = 9,5	NS	-----	Y = -0,10x ² + 0,95x + 8,90	6,56*	0,36		
Zn	Y = 0,3	NS	-----	Y = 0,4x + 0,20	19,54**	0,80	Y = 0,3	NS	-----		
Segundo ciclo da grama											
MO	Y = -0,50x + 41,3	5,0*	0,46	Y = 36	NS	-----	Y = -0,50x + 34,7	5,0*	0,45		
pH	Y = 5,1	NS	-----	Y = 5,1	NS	-----	Y = 5,1	NS	-----		
H+Al	Y = -0,74x + 44,60	15,43**	0,71	Y = -0,19x ² + 1,29x + 40,23	8,50*	0,60	Y = 37	NS	-----		
V	Y = 0,62x + 49,85	9,60**	0,71	Y = 0,54x + 53,10	7,28**	0,61	Y = -0,68x + 60,00	11,54**	0,88		
CTC	Y = 87	NS	-----	Y = 90	NS	-----	Y = 85	NS	-----		
P	Y = 7,7	NS	-----	Y = 0,15x ² - 1,77x + 11,60	12,9**	0,94	Y = 7,1	NS	-----		
K	Y = 3,4	NS	-----	Y = -0,50x + 3,52	5,75*	0,80	Y = 3,2	NS	-----		
Ca	Y = 33	NS	-----	Y = 36	NS	-----	Y = -0,68x + 38,05	13,36**	0,94		
Mg	Y = 0,17x + 9,00	5,07*	0,82	Y = 11	NS	-----	Y = -0,2x + 11,55	8,50**	0,92		
S	Y = -0,27x ² + 4,41x + 13,28	15,01**	0,82	Y = -0,25x ² + 4,19x + 15,07	13,75**	0,96	Y = 1,11x + 20,90	29,94*	0,77		
B	Y = 0,62	NS	-----	Y = 0,61	NS	-----	Y = 0,63	NS	-----		
Cu	Y = 0,9	NS	-----	Y = 0,8	NS	-----	Y = 0,9	NS	-----		
Fe	Y = 12	NS	-----	Y = -0,29x + 14,10	8,75**	0,60	Y = 13	NS	-----		
Mn	Y = 7,6	NS	-----	Y = 8,4	NS	-----	Y = -0,27x + 9,52	5,61*	0,62		
Zn	Y = 0,004x ² + 0,04x + 0,26	4,68*	0,71	Y = 0,2	NS	-----	Y = 0,2	NS	-----		

** , * e NS – Significativo a p < 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

APÊNDICE B - Coeficiente de determinação (R²) e equações de regressão que melhor se ajustaram em relação aos atributos do solo após a colheita dos tapetes de grama cv. Esmeralda do primeiro e segundo ciclo em função das doses de CLE aplicadas e bioestimulantes

	Equação (Sem)	F	R ²	Equação (Bac)	F	R ²	Equação (Ext)	F	R ²
Primeiro ciclo da grama									
MO	Y = 27,1	NS	-----	Y = 27,9	NS	-----	Y = 29,3	NS	-----
pH	Y = 03x + 4,98	11,80**	0,56	Y = 5,2	NS	-----	Y = 0,006x ² - 0,06x + 5,17	4,13*	0,38
H+Al	Y = -0,43x + 35,50	4,82*	0,66	Y = 36,0	NS	-----	Y = 35,8	NS	-----
V	Y = 61,8	NS	-----	Y = 61,7	NS	-----	Y = 0,22x ² - 2,11x + 61,46	8,72**	0,50
CTC	Y = 87,3	NS	-----	Y = -0,42x ² + 4,39x + 88,13	10,36**	0,61	Y = -0,38x ² + 3,71x + 83,23	8,47**	0,32
P	Y = 3,8	NS	-----	Y = 4,6	NS	-----	Y = 4,5	NS	-----
K	Y = 2,2	NS	-----	Y = 0,10x + 1,84	11,39**	-----	Y = 2,3	NS	-----
Ca	Y = 38,0	NS	-----	Y = -0,28x ² + 2,77x + 39,23	10,78**	-----	Y = 36,2	NS	-----
Mg	Y = 13,7	NS	-----	Y = 13,5	NS	-----	Y = 13,4	NS	-----
S	Y = 0,50x ² - 2,29x + 17,6	28,52**	0,98	Y = 2,1x + 13,85	56,95**	0,86	Y = -0,27x ² + 3,90x + 14,80	8,40**	0,87
B	Y = 0,41	NS	-----	Y = 0,43	NS	-----	Y = 0,41	NS	-----
Cu	Y = 1,0	NS	-----	Y = 1,0	NS	-----	Y = 1,0	NS	-----
Fe	Y = 18,0	NS	-----	Y = 19,6	NS	-----	Y = 18,4	NS	-----
Mn	Y = 8,8	NS	-----	Y = 0,16x ² - 1,52x + 12,02	7,27**	0,85	Y = -0,20x ² + 1,87x + 8,2	11,26**	0,89
Zn	Y = 0,004x ² - 0,02x + 0,24	5,49*	0,59	Y = 0,01x + 0,19	5,50*	0,55	Y = 0,26	NS	-----
Segundo ciclo da grama									
MO	Y = 26	NS	-----	Y = 0,43x + 23,10	8,95*	0,84	Y = 25	NS	-----
pH	Y = 5,0	NS	-----	Y = 5,0	NS	-----	Y = -0,02x + 5,16	5,19*	0,97
H+Al	Y = 36	NS	-----	Y = 0,33x ² - 4,03x + 46,06	11,28**	0,93	Y = 1,17x + 30,35	16,35**	0,77
V	Y = 53	NS	-----	Y = -0,32x ² + 3,90x + 44,73	7,16*	0,88	Y = -1,20x + 59,80	11,72**	0,72
CTC	Y = 78	NS	-----	Y = 80	NS	-----	Y = 78	NS	-----
P	Y = 3,8	NS	-----	Y = 0,2x ² - 1,42x + 6,73	8,90**	0,72	Y = 3,4	NS	-----
K	Y = 1,4	NS	-----	Y = -0,21x ² + 0,19x + 1,60	7,08*	0,70	Y = -0,02x ² + 0,30x + 0,81	9,57**	0,97
Ca	Y = 30	NS	-----	Y = 30	NS	-----	Y = 30	NS	-----
Mg	Y = 9	NS	-----	Y = 9	NS	-----	Y = -0,28x + 11,7	6,17*	0,74
S	Y = 1,58x + 11,95	18,26**	0,88	Y = 1,2x + 12,30	10,54*	0,93	Y = 19	NS	-----
B	Y = -0,002x ² + 0,01x + 0,49	9,08*	0,58	Y = 0,005x ² - 0,04x + 0,058	54,43**	0,81	Y = -0,002x ² - 0,03x + 0,41	16,43**	0,46
Cu	Y = 1,1	NS	-----	Y = 1,0	NS	-----	Y = 0,15x + 0,98	4,27*	0,91
Fe	Y = -0,26x + 17,05	5,52*	0,52	Y = 15	NS	-----	Y = 0,39x + 14,4	12,41**	0,54
Mn	Y = 5,5	NS	-----	Y = 0,09x ² - 0,88x + 6,79	8,98**	0,96	Y = 6,1	NS	-----
Zn	Y = 0,2	NS	-----	Y = 0,2	NS	-----	Y = 0,012x + 0,13	5,19*	0,54

** , * e NS – Significativo a p < 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

APÊNDICE C - Coeficiente de determinação (R²) e equações de regressão que melhor se ajustaram em relação aos atributos do solo contidos nos tapetes de grama cv. Esmeralda em função das doses de CLE aplicadas e bioestimulantes primeiro e segundo ciclo da grama

Equação (Sem)		F	R ²	Equação (Bac)		F	R ²	Equação (Ext)		
Primeiro ciclo da grama										
MO	Y = 37,4	NS	-----	Y = 36,4	NS	-----	-----	Y = 37,7	NS	-----
pH	Y = 0,05x + 5,24	10,64**	0,65	Y = 5,6	NS	-----	-----	Y = 0,069x + 5,24	18,73**	0,78
H+Al	Y = -1,2x + 36,10	72,70**	0,94	Y = -0,42x + 29,85	8,62**	0,69	-----	Y = -0,77x + 30,25	28,96**	0,73
V	Y = -0,30x ² + 4,63x + 64,35	27,55**	0,98	Y = 0,38x + 75,90	5,05*	0,42	-----	Y = 1,18x + 73,75	48,70**	0,74
CTC	Y = -1,08x ² + 13,83x + 101,96	18,31**	0,89	Y = 127,2	NS	-----	-----	Y = 1,23x ² - 7,34x + 125,99	23,68**	0,98
P	Y = -2,28x ² + 21,74x + 143,33	19,75**	0,88	Y = 153,1	NS	-----	-----	Y = 5,20x + 142,5	11,77**	0,61
K	Y = 7,9	NS	-----	Y = 8,1	NS	-----	-----	Y = -0,16x + 9,04	6,92*	0,89
Ca	Y = -1,6x ² + 13,42x + 41,55	20,05**	0,90	Y = 67,4	NS	-----	-----	Y = 0,76x ² - 3,52x + 63,23	10,38**	0,99
Mg	Y = 1,44x + 16,60	29,18**	0,86	Y = 23,8	NS	-----	-----	Y = 0,35x ² - 2,54x + 24,07	15,46**	0,95
S	Y = 1,74x + 41,55	14,94**	0,66	Y = 0,46x ² - 3,63x + 46,30	9,13**	0,68	-----	Y = -2,76x + 71,90	37,58**	0,82
B	Y = 0,47	NS	-----	Y = 0,003x ² - 0,03x + 0,52	32,49**	0,54	-----	Y = 0,005x + 0,44	10,35**	0,52
Cu	Y = 0,12x + 0,89	159,15**	0,77	Y = 0,12x + 0,77	166,88**	0,97	-----	Y = 0,18x + 0,78	341,10**	0,99
Fe	Y = 18,4	NS	-----	Y = 16,8	NS	-----	-----	Y = 0,60x + 15,45	24,04**	0,98
Mn	Y = 13,2	NS	-----	Y = 0,09x ² - 1,13x + 14,90	4,86*	0,60	-----	Y = 13,7	NS	-----
Zn	Y = -0,06x ² + 1,18x + 0,57	18,53**	0,86	Y = 0,45x + 1,25	110,54**	0,98	-----	Y = 0,66x + 1,42	240,64**	0,97
Segundo ciclo da grama										
MO	Y = 0,65x + 33,95	11,69**	0,48	Y = 38	NS	-----	-----	Y = 39	NS	-----
pH	Y = -0,18x ² + 0,23 + 5,04	17,22**	0,95	Y = 0,08x + 4,96	35,08**	0,91	-----	Y = 0,08x + 5,03	36,01*	0,92
H+Al	Y = 0,46x ² - 6,43x - 46,03	45,46**	0,89	Y = -1,72x + 38,5	71,75**	0,78	-----	Y = -1,89x + 40,05	8,643**	0,98
V	Y = -0,47x ² + 7,37x + 49,18	35,20**	0,84	Y = 2,55x + 54,40	120,62**	0,72	-----	Y = 2,46x + 56,15	112,26**	0,98
CTC	Y = 2,9x + 88,35	36,08**	0,67	Y = 1,85x + 84,95	14,29**	0,53	-----	Y = 1,90x + 90,15	15,07*	0,75
P	Y = 37	NS	-----	Y = -1,12x + 44,65	4,23*	0,86	-----	Y = 0,61x ² - 5,08x + 31,36	10,93**	0,63
K	Y = 4,0	NS	-----	Y = 4,2	NS	-----	-----	Y = 0,05x ² - 0,48x + 4,82	10,80**	0,93
Ca	Y = 3,01x + 32,10	64,96**	0,76	Y = 2,17x + 31,55	33,76**	0,63	-----	Y = 2,70x + 32,35	52,27**	0,95
Mg	Y = 1,80x + 11,60	58,78**	0,79	Y = 1,49x + 10,40	40,28**	0,74	-----	Y = 1,1x + 13,55	22,35**	0,49
S	Y = 13	NS	-----	Y = 13	NS	-----	-----	Y = 12	NS	-----
B	Y = -0,01x + 0,76	13,69**	0,47	Y = -0,01x + 0,77	16,97**	0,90	-----	Y = 0,01x + 0,75	11,46**	0,83
Cu	Y = 0,1x + 1,2	60,57**	0,90	Y = 0,06x + 1,5	26,92**	0,68	-----	Y = 0,10x + 1,2	64,41**	0,98
Fe	Y = 1,36x + 20,60	16,66**	0,75	Y = 30	NS	-----	-----	Y = 24	NS	-----
Mn	Y = 8,3	NS	-----	Y = 0,10x ² - 1,12x + 10,38	10,13**	0,79	-----	Y = -0,29x + 10,23	11,36**	0,83
Zn	Y = 0,39x + 1,21	96,02**	0,82	Y = 0,37x + 0,99	87,91**	0,87	-----	Y = 0,36x + 1,21	78,83**	0,93

** , * e NS – Significativo a p < 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

APÊNDICE D - Coeficiente de determinação (R²) e equações de regressão que melhor se ajustaram em relação ao ICV em função das doses de CLE aplicadas e bioestimulantes primeiro e segundo ciclo da cv. Esmeralda

Equação (Sem)		F	R ²	Equação (Bac)	F	R ²	Equação (Ext)	F	R ²
Primeiro ciclo da grama									
1	Y = 356	NS	-----	Y = -4,55x ² + 36,49x + 348,24	53,74**	0,97	Y = 357	NS	-----
2	Y = 128	NS	-----	Y = 139	NS	-----	Y = 1,86x + 123,95	7,97**	0,45
3	Y = 188	NS	-----	Y = -3,09x + 204,05	14,48**	0,77	Y = 194	NS	-----
4	Y = -3,61 + 229,20	11,75**	-----	Y = 222	NS	-----	Y = 223	NS	-----
5	Y = 0,83x ² - 11,80x + 199,29	11,34**	0,93	Y = 0,74x ² - 8,77x + 196,01	8,92**	0,51	Y = -0,17x ² + 0,09x + 188,39	4,74*	0,44
6	Y = 162	NS	-----	Y = 159	NS	-----	Y = 163	NS	-----
7	Y = 171	NS	-----	Y = 171	NS	-----	Y = 3,09x + 146,8	15,27**	0,90
8	Y = 1,43x ² - 17,30x + 284,21	16,42**	0,89	Y = -5,06x + 271,7	23,27**	-----	Y = -2,52x + 249,20	5,77*	0,39
9	Y = 1,64x ² - 13,57x + 217,48	12,10**	0,64	Y = 221	NS	-----	Y = 1,24x ² - 16,18x + 255,56	6,86*	0,78
10	Y = 1,43x ² - 16,12x + 323,32	6,24*	0,53	Y = 1,79x ² - 20,98x + 340,38	9,77**	0,77	Y = -7,54x + 362,25	19,71**	0,87
11	Y = 473	NS	-----	Y = 462	NS	-----	Y = -16,66x + 549,70	28,34**	0,97
12	Y = -1,06x ² + 7,89x + 265,51	7,31**	0,81	Y = 261	NS	-----	Y = 273	NS	-----
13	Y = -0,89x ² + 14,39x + 259,96	9,23**	0,83	Y = 1,77x ² - 13,83 + 291,26	36,68**	0,83	Y = 288	NS	-----
14	Y = 0,44x ² - 3,75x + 131,21	8,16**	0,42	Y = 1,4x + 119,10	9,08**	0,36	Y = 1,20	NS	-----
Segundo ciclo da grama									
1	Y = 0,76x ² - 4,98x + 129	24,13**	0,82	Y = 1,84x + 123	16,29**	0,72	Y = 3,0	NS	-----
2	Y = 0,47x ² - 4,70x + 168	4,49*	0,56	Y = 168	NS	-----	Y = -1,65x ² + 16,37x + 156,62	55,32**	0,88
3	Y = 0,85x ² - 10,17x + 232	6,97*	0,73	Y = 0,90x ² - 12,13x + 249	7,83*	0,81	Y = -4,93x + 239	26,51**	0,75
4	Y = -3,49x + 289	11,78**	0,76	Y = 2,02x ² - 22,33x + 308	34,44**	0,86	Y = -5,13x + 298	25,45**	0,96
5	Y = -12,97x + 459	76,22**	0,92	Y = -9,31x + 430	39,27**	0,90	Y = -4,8x + 406	10,66**	0,46
6	Y = -8,70x + 622	15,88**	0,89	Y = 3,46x ² - 54,01x + 708	22,90**	0,72	Y = -8,98x + 605	16,58**	0,40
7	Y = 313	NS	-----	Y = 305	NS	-----	Y = -6,63x + 336	29,28**	0,54
8	Y = -0,67x ² - 5,62x + 270	7,92*	0,86	Y = 259	NS	-----	Y = 260	NS	-----

** , * e NS – Significativo a p < 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

APÊNDICE E - Coeficiente de determinação (R²) e equações de regressão que melhor se ajustaram em relação ao NDVI em função das doses de CLE aplicadas e bioestimulantes primeiro e segundo ciclo da cv. Esmeralda

	Equação (Sem)	F	R ²	Equação (Bac)	F	R ²	Equação (Ext)	F	R ²
Primeiro ciclo da grama									
1	Y = 0,60	NS	-----	Y = 0,62	NS	-----	Y = 0,63	NS	-----
2	Y = 0,43	NS	-----	Y = -0,009x + 0,48	28,67**	0,71	Y = 0,01x + 0,35	44,99**	0,63
3	Y = 0,47	NS	-----	Y = 0,47	NS	-----	Y = 0,006x + 0,44	6,15*	0,82
4	Y = -0,007x + 0,55	12,52**	0,50	Y = -0,006x + 0,55	8,80**	0,67	Y = 0,53	NS	-----
5	Y = -0,001x ² + 0,01x + 0,45	5,27*	0,61	Y = -0,007x + 0,49	16,13**	0,90	Y = 0,45	NS	-----
6	Y = 0,0004x ² - 0,01x + 0,45	4,73*	0,53	Y = 0,43	NS	-----	Y = -0,001x ² + 0,01x + 0,43	4,92*	0,60
7	Y = 0,42	NS	-----	Y = 0,41	NS	-----	Y = 0,005x + 0,40	4,89*	0,72
8	Y = 0,56	NS	-----	Y = 0,58	NS	-----	Y = 0,57	NS	-----
9	Y = -0,004x + 0,60	6,39*	0,44	Y = 0,001x ² - 0,01x + 0,63	4,79*	0,75	Y = -0,004x + 0,63	5,76*	0,63
10	Y = 0,66	NS	-----	Y = -0,004x + 0,68	9,14**	0,50	Y = 0,67	NS	-----
11	Y = 0,78	NS	-----	Y = 0,78	NS	-----	Y = -0,006x + 0,81	14,85**	0,86
12	Y = 0,63	NS	-----	Y = 0,63	NS	-----	Y = 0,62	NS	-----
13	Y = 0,005x + 0,61	15,32**	0,69	Y = 0,005x + 0,60	11,54**	0,84	Y = 0,64	NS	-----
14	Y = 0,005x + 0,30	8,90**	0,42	Y = 0,01x + 0,26	49,31**	0,77	Y = 0,009x + 0,26	32,68**	0,68
Segundo ciclo da grama									
1	Y = 0,007x + 0,30	19,23**	0,94	Y = 0,003x ² - 0,028x + 0,35	26,41**	0,92	Y = 0,36	NS	-----
2	Y = 0,004x + 0,44	12,57**	0,50	Y = 0,001x ² - 0,013x + 0,47	12,46**	0,95	Y = -0,005x + 0,50	14,91**	0,62
3	Y = -0,008x + 0,61	22,53**	0,94	Y = 0,56	NS	-----	Y = 0,55	NS	-----
4	Y = -0,005x + 0,65	16,93**	0,96	Y = 0,002x ² - 0,02x + 0,67	15,72**	0,92	Y = 0,61	NS	-----
5	Y = -0,007x + 0,77	45,57**	0,84	Y = -0,004x + 0,76	15,95**	0,80	Y = 0,73	NS	-----
6	Y = -0,002x + 0,80	4,66**	0,74	Y = 0,001x ² - 0,01x + 0,82	10,19**	0,69	Y = 0,79	NS	-----
7	Y = 0,001x ² - 0,01x + 0,66	11,53**	0,59	Y = 0,65	NS	-----	Y = -0,003x + 0,66	6,97*	0,44
8	Y = 0,69	NS	-----	Y = 0,70	NS	-----	Y = 0,70	NS	-----

** , * e NS – Significativo a p < 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

APÊNDICE F - Coeficiente de determinação (R²) e equações de regressão que melhor se ajustaram em relação a taxa de cobertura verde em função das doses de CLE aplicadas e bioestimulantes primeiro e segundo ciclo da cv. Esmeralda

	Equação (Sem)	F	R ²	Equação (Bac)	F	R ²	Equação (Ext)	F	R ²
Primeiro ciclo da grama									
1	Y = 44,4	NS	-----	Y = -0,68x ² + 0,24 + 42,42	22,97**	0,60	Y = 36,0	NS	-----
2	Y = -0,96 + 17,17	37,46**	0,69	Y = -0,53 + 19,85	11,24**	0,56	Y = 15,3	NS	-----
3	Y = -0,41x ² + 3,82x + 29,15	7,20*	0,73	Y = 28,9	NS	-----	Y = 1,22x + 24,39	7,44**	0,50
4	Y = -0,60x + 26,80	8,65**	0,34	Y = 0,82x + 29,23	16,52**	0,49	Y = 23,1	NS	-----
5	Y = -0,13x ² + 1,44x + 15,36	4,59*	0,81	Y = -0,50x + 19,99	7,71**	0,66	Y = 20,5	NS	-----
6	Y = 18,6	NS	-----	Y = -0,55x + 23,54	6,87*	0,70	Y = 21,4	NS	-----
7	Y = -0,16x ² + 1,98x + 13,35	5,02*	0,44	Y = 20,0	NS	-----	Y = 1,01x + 14,18	23,18**	0,83
8	Y = -0,40x ² + 2,59x + 30,04	31,34**	0,91	Y = -0,37x ² + 1,94x + 34,23	26,67**	0,76	Y = 27,5	NS	-----
9	Y = 0,25x ² - 3,22x + 41,16	14,18**	0,78	Y = -1,79x + 47,77	79,51**	0,79	Y = -0,16x ² + 1,44x + 37,44	5,43*	0,49
10	Y = -0,55x ² + 4,13x + 64,47	23,65**	0,62	Y = -2,10x + 78,98	39,36**	0,57	Y = -0,26x ² + 2,39x + 61,94	5,44*	0,58
11	Y = -0,45x + 95,34	6,82*	0,40	Y = -0,84x + 96,78	23,42**	0,48	Y = -0,16x ² + 1,17x + 91,97	7,86**	0,63
12	Y = -0,51x ² + 4,94x + 46,79	48,18**	0,91	Y = -1,8x + 60,48	68,52**	0,72	Y = -0,48x ² + 5,42x + 42,42	43,87**	0,57
13	Y = 1,60x + 49,75	13,43**	0,90	Y = 56,3	NS	-----	Y = 64,8	NS	-----
14	Y = 0,88x ² - 0,32x + 5,66	8,63**	0,65	Y = 5,7	NS	-----	Y = 0,34x + 4,15	15,07**	0,50
Segundo ciclo da grama									
1	Y = 14,4	NS	-----	Y = 13,9	NS	-----	Y = -0,98x + 18,37	63,07**	0,63
2	Y = 0,37x ² - 5,06x + 35,44	10,31**	0,80	Y = 28,4	NS	-----	Y = -0,44x ² + 3,28x + 30,53	14,38**	0,65
3	Y = 0,47x ² - 5,7x + 47,45	29,34*	0,94	Y = -1,25x + 37,99	24,02**	0,74	Y = 38,7	NS	-----
4	Y = 0,36x ² - 4,73x + 72,56	10,21**	0,89	Y = 0,80x ² - 10,63x + 84,19	50,90**	0,92	Y = 65,0	NS	-----
5	Y = 81,4	NS	-----	Y = -2,10x - 93,24	29,72**	0,91	Y = 82,7	NS	-----
6	Y = 95,9	NS	-----	Y = 96,4	NS	-----	Y = 96,2	NS	-----
7	Y = 92,2	NS	-----	Y = -0,29x + 93,9	4,99*	0,78	Y = 93,6	NS	-----
8	Y = 71,0	NS	-----	Y = 70,7	NS	-----	Y = 74,9	NS	-----

** , * e NS – Significativo a p < 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas.

APÊNDICE G - Coeficiente de determinação (R²) e equações de regressão que melhor se ajustaram em relação aos acúmulos de nutrientes nas partes da grama em função das doses de CLE aplicadas e bioestimulantes do primeiro ciclo da cv. Esmeralda

	Equação (Sem)	F	R ²	Equação (Bac)	F	R ²	Equação (Ext)	F	R ²
Aparas									
BA	$Y = 18,30x^2 - 247x + 2082$	55,75**	0,76	$Y = -114,40x + 1957$	242,22**	0,83	$Y = -91,0x + 2015$	153,59**	0,72
N	$Y = 0,46x^2 - 5,66x + 34,02$	80,07**	0,74	$Y = -2,06x + 35,82$	178,87**	0,80	$Y = -1,95x + 39,31$	160,10**	0,77
P	$Y = 0,04x - 0,45x + 2,38$	27,21**	0,46	$Y = -0,19x + 3,24$	76,72**	0,78	$Y = -0,16x + 3,35$	55,40**	0,80
K	$Y = 0,21x^2 - 3,10x + 26,00$	22,74**	0,77	$Y = -1,79x + 26,11$	184,67**	0,85	$Y = -0,20x^2 + 1,01x + 21,14$	19,78**	0,65
Ca	$Y = 0,21x^2 - 2,36x + 15,71$	57,62**	0,73	$Y = -0,71x + 12,83$	77,16**	0,80	$Y = -0,09x^2 + 0,41x + 11,78$	12,02**	0,62
Mg	$Y = 0,05x^2 - 0,54x + 3,79$	73,34**	0,72	$Y = -0,17x + 3,18$	112,94**	0,88	$Y = -0,19x + 3,16$	142,20**	0,78
S	$Y = 0,04x^2 - 0,53x + 4,4$	21,45**	0,57	$Y = -0,29x + 4,75$	100,94**	0,78	$Y = -0,31 + 5,28$	116,31**	0,84
B	$Y = 0,21x^2 - 2,88x + 27,28$	7,55**	0,57	$Y = -1,60x + 25,91$	49,16**	0,80	$Y = -0,98x + 23,19$	18,18**	0,71
Cu	$Y = 0,91x^2 - 7,18x + 28,94$	271,59**	0,94	$Y = -0,93x + 24,19$	32,56**	0,70	$Y = -0,28x^2 + 2,11x + 22,63$	26,03**	0,56
Mn	$Y = 3,17x^2 - 37,94x + 254,76$	98,31**	0,71	$Y = -11,41x + 208,14$	144,78**	0,79	$Y = 12,96x + 251,87$	187,03**	0,70
Zn	$Y = 1,39x^2 - 994x + 41,51$	104,63**	0,92	$Y = 30,6$	NS	-----	$Y = -0,74x^2 + 6,06x + 37,63$	29,64**	0,80
Folhas e caule									
N	$Y = -0,29x^2 + 2,13x + 21,72$	18,85**	0,73	$Y = 19,8$	NS	-----	$Y = 0,44x^2 - 4,78x + 27,11$	43,92**	0,92
P	$Y = 1,9$	NS	-----	$Y = 1,8$	NS	-----	$Y = 0,03x^2 - 0,30x + 2,16$	54,13**	0,93
K	$Y = -0,06x^2 + 0,27x + 12,29$	5,72*	0,67	$Y = 10,8$	NS	-----	$Y = 0,13x^2 - 1,54x + 13,10$	23,93**	0,48
Ca	$Y = -0,13x^2 + 1,16x + 9,07$	20,71**	0,41	$Y = 0,20x + 8,28$	5,87*	0,63	$Y = 0,18x^2 - 1,67x + 10,32$	40,26**	0,95
Mg	$Y = -0,04x^2 + 0,38x + 1,96$	45,06**	0,64	$Y = 2,2$	NS	-----	$Y = 0,04x^2 - 0,45 + 2,87$	46,31**	0,98
S	$Y = -0,03x^2 + 0,22x + 3,25$	31,92**	0,50	$Y = 2,7$	NS	-----	$Y = 0,05x^2 - 0,50x + 3,28$	65,03**	0,75
B	$Y = 40,2$	NS	-----	$Y = -0,21x^2 + 3,10x + 25,49$	9,01**	0,88	$Y = 0,59x^2 - 5,95x + 43,90$	71,13**	0,67
Cu	$Y = 29,1$	NS	-----	$Y = 29,0$	NS	-----	$Y = 0,29x^2 - 2,16x + 29,47$	8,57**	0,91
Mn	$Y = -3,95x^2 + 26,46x + 282,41$	52,83**	0,82	$Y = 3,74x + 234,83$	5,43*	0,50	$Y = 6,69x^2 - 67,39x + 366,75$	151,91**	0,93
Zn	$Y = -1,52x^2 + 15,28x + 43,39$	42,32**	0,52	$Y = 55,7$	NS	-----	$Y = 0,83x^2 - 6,43x + 62,40$	12,78**	0,99
Raiz, estolões e rizomas									
N	$Y = 102,4$	NS	-----	$Y = 0,98x^2 - 7,36x + 105,06$	55,49**	0,92	$Y = 126,8$	NS	-----
P	$Y = 0,02x^2 - 0,15x + 6,95$	6,46*	0,52	$Y = 0,18x + 6,13$	57,12**	0,82	$Y = 0,27x + 6,34$	126,17**	0,79
K	$Y = 57,1$	NS	-----	$Y = 1,40x + 46,35$	53,12**	0,58	$Y = 0,79x + 58,35$	16,81**	0,57
Ca	$Y = -1,30x + 49,80$	26,03**	0,43	$Y = 41,8$	NS	-----	$Y = 1,55x + 35,68$	36,69**	0,95
Mg	$Y = 7,1$	NS	-----	$Y = 0,22x + 5,86$	18,24**	0,60	$Y = 0,22x + 6,78$	18,24**	0,78
S	$Y = 10,1$	NS	-----	$Y = 0,21x + 8,82$	18,08**	0,70	$Y = 0,25x + 10,06$	26,12**	0,67
B	$Y = 2,08x^2 - 26,35x + 191,65$	38,64**	0,77	$Y = 4,20x + 117,15$	18,04**	0,37	$Y = 7,33x + 150,93$	54,91**	0,40
Cu	$Y = 67,7$	NS	-----	$Y = 5,34x + 44,65$	43,83**	0,82	$Y = 3,78x + 53,27$	21,90**	0,74
Mn	$Y = 693,4$	NS	-----	$Y = 32,03x + 605,69$	15,31**	0,44	$Y = 77,44x + 457,94$	89,51**	0,88
Zn	$Y = 2,48x + 139,35$	12,31**	0,51	$Y = 9,14x + 121,14$	166,92**	0,90	$Y = 6,19x + 160,27$	76,58**	0,62

** , * e NS – Significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. . BA = Biomassa total das aparas.

APÊNDICE H - Coeficiente de determinação (R²) e equações de regressão que melhor se ajustaram em relação aos acúmulos de nutrientes nas partes da grama em função das doses de CLE aplicadas e bioestimulantes do segundo ciclo da cv. Esmeralda

	Equação (Sem)	F	R ²	Equação (Bac)	F	R ²	Equação (Ext)	F	R ²
Aparas									
BA	Y = -60,43x + 1757	79,91**	0,71	Y = 20,70x ² - 296x + 1962	82,05**	0,85	Y = -071,17x + 1722	110,84**	0,71
N	Y = -1,34x + 37,45	72,44**	0,80	Y = 0,46x ² - 2,09x + 36,30	74,69**	0,91	Y = -1,72x + 36,40	119,34**	0,74
P	Y = -0,93x + 3,05	33,44**	0,50	Y = 0,05x ² - 0,67x + 3,75	77,03**	0,90	Y = -0,14x + 3,07	81,30**	0,73
K	Y = 0,16x ² - 2,72x + 30,03	10,53**	0,79	Y = 0,37x ² - 5,43x + 32,16	53,96**	0,93	Y = -1,37x + 27,55	85,20**	0,76
Ca	Y = -0,22x + 6,65	24,72**	0,68	Y = 0,06x ² - 0,95x + 6,92	19,30**	0,89	Y = -0,20x + 5,85	20,43**	0,68
Mg	Y = -0,11x + 2,98	139,38**	0,71	Y = 0,03x ² - 0,52x + 3,29	124,01**	0,94	Y = -0,11x + 2,70	141,88**	0,84
S	Y = 0,02x ² - 0,38x + 3,69	13,91**	0,90	Y = 0,04x ² - 0,54x + 3,5	32,78**	0,92	Y = -0,13x + 3,09	44,51**	0,52
B	Y = 0,14x ² - 2,00x + 20,07	15,21*	00,75	Y = 0,26x ² - 3,75x + 22,81	47,35**	0,95	Y = -0,89x + 19,00	64,83**	0,77
Cu	Y = -0,55x + 19,50	28,37**	0,61	Y = 0,22x ² - 2,89x + 21,01	38,68**	0,74	Y = -0,48x + 18,00	21,61**	0,71
Mn	Y = -5,57x + 129	72,85**	0,90	Y = 1,78x ² - 25,23x + 144	64,98**	0,99	Y = -5,73x + 129	77,20**	0,70
Zn	Y = 29	NS	-----	Y = 0,25x ² - 3,43x + 32,84	12,46**	0,62	Y = -0,61x + 30,45	8,38**	0,42
Folhas e caule									
N	Y = 0,80x + 30,40	22,98**	0,90	Y = 37	NS	-----	Y = 36	NS	-----
P	Y = 0,10x + 3,03	13,55**	0,47	Y = 3,8	NS	-----	Y = 3,7	NS	-----
K	Y = 0,53x + 19,65	10,12**	0,55	Y = 24	NS	-----	Y = 24	NS	-----
Ca	Y = 0,44x + 8,60	13,94**	0,70	Y = 11	NS	-----	Y = 10	NS	-----
Mg	Y = 0,11x + 2,82	27,75**	0,96	Y = 3,4	NS	-----	Y = 3,4	NS	-----
S	Y = 0,06x + 3,26	13,32**	0,89	Y = 3,8	NS	-----	Y = 3,6	NS	-----
B	Y = 43	NS	-----	Y = 47	NS	-----	Y = 42	NS	-----
Cu	Y = 1,85x + 25,75	61,31**	0,94	Y = 38	NS	-----	Y = 34	NS	-----
Mn	Y = 313	NS	-----	Y = 310	NS	-----	Y = -2,80x ² + 24,30x + 292	16,81**	0,60
Zn	Y = 5,10x + 44,10	60,87**	0,92	Y = 72	NS	-----	Y = 63	NS	-----
Raiz, estolões e rizomas									
N	Y = 67	NS	-----	Y = 0,73x ² - 9,97x + 9,64	21,79**	0,94	Y = -0,44x ² + 3,26x + 76,53	8,09**	0,51
P	Y = -0,14x + 7,26	13,62**	0,40	Y = 0,11x ² - 1,39x + 10,23	75,00**	0,95	Y = 7,0	NS	-----
K	Y = 51	NS	-----	Y = 0,54x ² - 7,41x + 70,67	15,04**	0,98	Y = 54	NS	-----
Ca	Y = 22	NS	-----	Y = 0,35x ² - 4,30x + 34,46	37,98**	0,84	Y = -0,19x ² + 2,46x + 20,12	11,80**	0,80
Mg	Y = 5,8	NS	-----	Y = 0,04x ² - 0,53x + 6,98	8,03**	0,93	Y = 5,8	NS	-----
S	Y = 8,3	NS	-----	Y = 0,08x ² - 1,19x + 11,85	22,68**	0,91	Y = 8,6	NS	-----
B	Y = -1,13x ² + 14,23x + 74,46	9,91**	0,62	Y = -5,00x + 134	22,12**	0,46	Y = 106	NS	-----
Cu	Y = 69	NS	-----	Y = 0,90x ² - 13,37x + 109	27,21**	0,82	Y = 76	NS	-----
Mn	Y = -17,62x + 670	10,59**	0,53	Y = 10,93x ² - 128,33x + 794	35,66**	0,68	Y = 615	NS	-----
Zn	Y = 133	NS	-----	Y = 1,50x ² - 16,78x + 166	27,54**	0,84	Y = 4,10x + 119	23,25**	0,72

** , * e NS – Significativo a p < 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. BA = Biomassa total das aparas.

APÊNDICE I - Coeficiente de determinação (R²) e equações de regressão que melhor se ajustaram a somatória da biomassa seca de todas as partes da grama (aparas, folhas, caule, raízes, rizomas e estolões do tapete) e os nutrientes acumulados em função das doses de CLE aplicadas e bioestimulantes do primeiro e segundo ciclo da cv. Esmeralda

	Equação (Sem)	F	R ²	Equação (Bac)	F	R ²	Equação (Ext)	F	R ²
Primeiro ciclo									
BT	Y = -285,64x + 15717	44,84**	0,54	Y = 13950	NS	-----	Y = 15397	NS	-----
N	Y = 191	NS	-----	Y = 1,091x ² - 10,234x + 161	45,92**	0,98	Y = 220	NS	-----
P	Y = 1,4	NS	-----	Y = 11,1	NS	-----	Y = 0,052x ² - 0,436x + 12,2	16,22**	0,56
K	Y = 0,277x ² - 4,941x + 101	10,12**	0,51	Y = 81	NS	-----	Y = 91	NS	-----
Ca	Y = 65	NS	-----	Y = 60	NS	-----	Y = 1,128x + 57	15,64**	0,74
Mg	Y = 12,3	NS	-----	Y = 11,5	NS	-----	Y = 0,058x ² - 0,587x + 13,5	9,37**	0,71
S	Y = 17	NS	-----	Y = 16	NS	-----	Y = 0,080x ² - 0,880x + 19	14,21**	0,68
B	Y = 1,883x ² - 26,159x + 259	30,61**	0,68	Y = 189	NS	-----	Y = 242	NS	-----
Cu	Y = 124	NS	-----	Y = 4,880x + 95	25,91**	0,77	Y = 3,860x + 105	16,21**	0,68
Mn	Y = -18,060x + 1234	4,38*	0,75	Y = 1170	NS	-----	Y = 15,477x ² - 90,741x + 1186	26,12**	0,98
Zn	Y = 6,520x + 225	35,54**	0,74	Y = 10,270x + 202	88,19**	0,99	Y = 1,400x ² - 7,260x + 276	14,24**	0,85
Segundo ciclo									
BT	Y = 15756	NS	-----	Y = 97,937x ² - 1305x + 19424	9,70*	0,65	Y = -105x ² + 945x + 15523	11,13**	0,55
N	Y = -1,910x + 141	15,19**	0,50	Y = 1,177x ² - 16,211x + 175	50,47**	0,87	Y = -0,680x ² + 3,720x + 147	16,84**	0,57
P	Y = -0,125x + 13,3	5,04*	0,46	Y = 0,168x ² - 2,032x + 17,3	79,40**	0,74	Y = 13,1	NS	-----
K	Y = 96	NS	-----	Y = 0,960x ² - 12,720x + 124	30,46**	0,93	Y = 98	NS	-----
Ca	Y = 0,594x + 35,7	7,10*	0,45	Y = 0,387x ² - 4,552x + 49,7	26,40**	0,51	Y = -0,257x ² + 2,997x + 34,9	11,67**	0,70
Mg	Y = 11,6	NS	-----	Y = 0,071x ² - 0,890x + 13,2	19,04**	0,72	Y = -0,052x ² + 0,308x + 11,7	10,20**	0,58
S	Y = -0,250x + 16	18,35**	0,51	Y = 0,125x ² - 1,717x + 19	40,61**	0,65	Y = 15	NS	-----
B	Y = -1,057x ² + 13,431x + 134	8,59**	0,54	Y = 169	NS	-----	Y = -2,360x + 174	4,89*	0,81
Cu	Y = 2,680x + 107	23,74**	0,61	Y = 0,931x ² - 13,794x + 162	25,09**	0,62	Y = 126	NS	-----
Mn	Y = -25,540x + 1124	16,47**	0,68	Y = 13,928x ² - 162,035x + 1245	42,85**	0,53	Y = 1024	NS	-----
Zn	Y = 5,770x + 203	24,65**	0,85	Y = 236	NS	-----	Y = 4,710x + 206	16,42**	0,44

** , * e NS – Significativo a p < 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. BT = Biomassa total da partes da grama.

APÊNDICE J - Coeficiente de determinação (R²) e equações de regressão que melhor se ajustaram em relação a eficiência da adubação mineral convencional somada ao conteúdo somado de N, P e K no CLE extraído pela grama Esmeralda no primeiro ciclo e segundo ciclo da cv. Esmeralda

	Equação (Sem)	F	R ²	Equação (Bac)	F	R ²	Equação (Ext)	F	R ²
Primeiro ciclo									
N	Y = 35	NS	-----	Y = 0,25x ² - 2,32x + 36,5	42,98**	0,98	Y = 34	NS	-----
P	Y = 0,14x ² - 1,10x + 7,17	187,39**	0,66	Y = 0,16x ² - 1,19x + 6,88	255,51**	0,69	Y = 0,17x ² - 1,24x + 7,3	278,01**	0,68
K	Y = -0,44x + 42,9	37,87**	0,57	Y = 0,13x ² - 2,31x + 46,8	10,01**	0,50	Y = 42	NS	-----
Segundo ciclo									
N	Y = -0,63x + 47,2	13,87**	0,50	Y = 0,39x ² - 5,40x + 58,4	46,77**	0,88	Y = -0,22x ² + 1,21x + 49,1	15,33**	0,57
P	Y = -0,28x + 6,26	166,91**	0,92	Y = -0,39x + 7,1	326,82**	0,84	Y = -0,05x ² + 0,22x + 5,9	53,37**	0,82
K	Y = 58	NS	-----	Y = 0,58x ² - 7,58x + 75,26	27,92**	0,93	Y = 59	NS	-----

** , * e NS – Significativo a p < 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente. Sem = Sem aplicação de bioestimulantes. Bac = Bactéria *Azospirillum brasilense*. Ext = Extrato de algas. BT = Biomassa total da partes da grama.