

BRUNO DA SILVA CASTILHO

LUCAS RODRIGO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE BIOESTIMULANTES E ENRAIZANTES NO CULTIVO INICIAL
DA ALFAFA (*Medicago sativa* L.)**

Ji-Paraná
2026

BRUNO DA SILVA CASTILHO

LUCAS RODRIGO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE BIOESTIMULANTES E ENRAIZANTES NO CULTIVO INICIAL
DA ALFAFA (*Medicago Sativa* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Afya Centro
Universitário de Ji-Paraná como
requisito parcial para obtenção de grau
de engenheiro agrônomo. Orientador:
Prof. Alisson Nunes da Silva.

Ji-Paraná
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

C352a Castilho, Bruno da Silva.

Avaliação de bioestimulantes e enraizantes no cultivo inicial da alfafa (*Medicago sativa* L.). / Bruno da Silva Castilho; Lucas Rodrigo da Silva. – Ji-Paraná, 2026.
16 p.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Afya Centro Universitário de Ji-Paraná, 2026.

Orientador: Prof. Ms. Alisson Nunes da Silva

1. Leguminosa. 2. Bioestimulantes. 3. Rhizotrons. I. Silva, Lucas Rodrigo da. II. Silva, Alisson Nunes da. III. Título.

CDU 633.31

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Bibliotecário Giordani Nunes da Silva CRB 11/1125

**AVALIAÇÃO DE BIOESTIMULANTES E ENRAIZANTES NO CULTIVO INICIAL
DA ALFAFA (*Medicago Sativa* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Afya Centro
Universitário de Ji-Paraná como requisito parcial para obtenção
de grau de engenheiro agrônomo. Orientador: Prof. Alisson
Nunes da Silva.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder saúde, sabedoria, força e perseverança para concluir esta etapa tão importante da minha vida. A Ele, toda honra e toda glória, pois foi minha base nos momentos de dificuldade e minha luz durante toda esta caminhada.

Agradeço aos meus pais, Marta e Moacir, pelo amor, apoio, incentivo e pelos valores que me ensinaram ao longo da vida. Reconheço todo o esforço, dedicação e exemplo de superação que foram fundamentais para minha formação pessoal e acadêmica.

Agradeço à minha irmã, Beatriz, pelo apoio, amizade e por estar presente em momentos importantes da minha caminhada, contribuindo com carinho e incentivo ao longo dessa trajetória.

Agradeço, de forma muito especial, à minha esposa, Maysa Sampaio da Silva, minha principal apoiadora, companheira e grande incentivadora. Foi por causa dela que encontrei motivação para iniciar, permanecer e concluir esta faculdade. Sua confiança em mim, seu apoio nos momentos difíceis e sua presença constante foram essenciais para que eu chegasse até aqui. Esta conquista também é sua.

Ao meu sogro, Francisco Junior, e à minha sogra, Rute, deixo minha gratidão pelo apoio, acolhimento e incentivo durante esta caminhada. Suas palavras de encorajamento e gestos de cuidado contribuíram para que eu seguisse firme em busca deste objetivo.

Agradeço também a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta conquista, torcendo por mim, oferecendo apoio e compreendendo minhas ausências nos momentos em que precisei me dedicar aos estudos.

Por fim, agradeço aos meus orientadores, Andreoli e Alisson, pela orientação, paciência, dedicação e pelos conhecimentos compartilhados ao longo da elaboração deste trabalho. Suas contribuições foram essenciais para o desenvolvimento e conclusão deste projeto.

A todos, minha sincera gratidão.

RESUMO

A alfafa (*Medicago sativa* L.) é uma das forrageiras mais valorizadas mundialmente, destacando-se pelo alto teor proteico, digestibilidade e capacidade de múltiplos cortes ao longo do ano, constituindo uma alternativa estratégica para a produção de feno de qualidade. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de enraizantes e fertilizantes biológicos sobre o desenvolvimento radicular e a produção inicial de plantas de alfafa, utilizando a tecnologia de Rhizotrons em ambiente controlado e em canteiros padronizados na área experimental. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com dois tratamentos (com e sem enraizante) e quatro repetições, totalizando oito unidades experimentais. Foram avaliadas as variáveis de crescimento radicular e a altura das plantas em seis épocas distintas (7 a 42 dias após a emergência). Os resultados da análise estatística indicaram que o tratamento com enraizante promoveu maior crescimento a partir de 14 dias, com diferenças significativas em D2 (14 dias), D5 (35 dias) e D6 (42 dias). A altura média final foi superior no tratamento com enraizante (62,74 cm) em relação à testemunha (56,84 cm). A curva de crescimento demonstrou tendência de maior desenvolvimento contínuo das plantas tratadas. Esses resultados evidenciam o potencial do uso de enraizantes como prática agrícola inovadora para otimizar a implantação de campos de alfafa, garantindo maior uniformidade e produtividade do feno. O estudo reforça a importância da difusão tecnológica para pequenos e médios produtores rurais, contribuindo para segurança alimentar animal no período seco e diversificação econômica das propriedades. A adoção de bioestimulantes e práticas sustentáveis poderá ampliar a competitividade da produção forrageira no Brasil, particularmente em regiões de clima tropical.

Palavras-chave: Leguminosa; Bioestimulantes; Rhizotrons.

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas da Altura (cm)	19
Tabela 2 – ANOVA (Tipo II) para a Altura da Alfafa.....	21
Tabela 3 – Parâmetros Estimados dos Modelos de Regressão Sigmoidal.....	22
Gráfico 1 – Curva de Crescimento da Alfafa por Tratamento	20
Gráfico 2 –Curva de Crescimento da Alfafa com Regressão Logística.....	21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
4. RESULTADOS.....	17
4.1. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS.....	17
4.2. ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA).....	19
4.3. ANÁLISE DE REGRESSÃO (CURVA DE CRESCIMENTO)	20
5. DISCUSSÃO	21
6. DIFICULDADES E SOLUÇÕES	22
7. EVIDÊNCIAS DE INOVAÇÃO	23
8. CONCLUSÃO	23
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

A produção de plantas forrageiras de qualidade representa um desafio central para a pecuária brasileira, sobretudo em regiões de clima tropical, com períodos de estiagem prolongada. A alfafa (*Medicago sativa* L.), leguminosa de elevado valor nutricional, é reconhecida como a “rainha das forrageiras”, destacando-se pelo alto teor protéico, digestibilidade e aceitação por animais ruminantes e não-ruminantes. Apesar de sua relevância zootécnica e econômica, o cultivo de alfafa no Brasil ainda é limitado, principalmente, devido à escassez de informações técnicas para condições edafoclimáticas tropicais e ao baixo acesso dos produtores a tecnologias de manejo adaptadas.

Anualmente, pecuaristas e produtores rurais mantêm seus rebanhos em sistemas extensivos de produção em áreas de pastagens ou em sistemas semi-intensivos com acesso a pastagens cultivadas com suplementação mineral ou protéico-energética, cujos animais tem acesso direto ao pasto, como fonte essencial de fibra para produção. Entretanto, devido à falta de planejamento zootécnico, muitos animais são submetidos à restrição alimentar, devido ao manejo inadequado das áreas de pastagens ou mesmo quanto à falta de uma suplementação adequada no período da seca, seja ela concentrada ou volumosa, comprometendo assim a produção e reprodução.

Vale salientar que na região centro-oeste, por exemplo, as estações das águas e seca são, relativamente, bem definidas, algumas áreas de pastagens, se bem manejadas, seriam ideais para a produção de forragens.

Neste sentido, a produção e processamento de volumosos conservados (feno ou pré-secado ou silagem), os quais devem ser armazenadas, com o objetivo de serem utilizados quando ocorrer a falta de pasto no período crítico, de acordo com a demanda e exigências nutricionais de cada categoria animal.

Por falhas no planejamento zootécnico, e, para se evitar restrição alimentar severa, alguns produtores rurais lançam mão do uso de “ração total”, feno ou silagem adquiridos em lojas agropecuárias, fábricas de ração ou fazendas especializadas para suplementar seus rebanhos nestes períodos. Desta forma, ao disponibilizar suplementos forrageiros para os animais, com o objetivo de atender às suas exigências em termos de matéria seca, podendo ser uma alternativa para se evitar a perda de peso dos animais em produção ou reprodução.

Com isso, os custos de produção ou manutenção dos animais podem comprometer o lucro da fazenda de forma significativa, e para atender essa demanda, fenos de gramíneas ou de leguminosas como alfafa são comercializados na praça local, os quais, na maioria das vezes são oriundos de outras regiões produtoras como da região sul, cuja oferta desses produtos em nossa região é, de certa forma, escassa nessa época do ano (julho, agosto e setembro), pois a demanda é maior que a oferta. Neste sentido, tanto os comerciantes quanto os produtores rurais ou pecuaristas importam de fenos de outras cidades do Mato Grosso como Itiquira, Campo Verde ou Nova Mutum.

O objetivo principal deste projeto foi divulgar e viabilizar técnicas inovadoras de testes de produtos enraizantes para produção e conservação de alfafa, considerando sua implantação, emergência e curva de crescimento de acordo com a área destinada ao cultivo dessa leguminosa adubada com enraizante para a produção de feno.

Nesse contexto, a aplicação de produtos “enraizantes” e “bioestimulantes” surge como alternativa inovadora para potencializar o desenvolvimento inicial da cultura, promovendo maior vigor das raízes e produtividade da parte aérea. A utilização de Rhizotrons em ambiente controlado permite a observação detalhada e não destrutiva do sistema radicular, sendo uma ferramenta promissora para validar tecnologias agrícolas.

O presente trabalho buscou avaliar a eficiência do uso de produtos enraizantes na cultura da alfafa, em delineamento de blocos casualizados, contribuindo também para a difusão tecnológica e implantação de campos experimentais de feno.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em estufa (casa de vegetação) e no campo de feno (irrigado) implantado na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Federal de Rondonópolis, no período de agosto de 2024, no município de Rondonópolis-MT, sob as coordenadas geográficas localiza-se a uma latitude 16°28'15" sul e a uma longitude 54°38'08" oeste, estando a uma altitude de 227 metros.

Para atestar a qualidade das sementes, foi realizado o teste de germinação com a utilização de dois recipientes de isopor e papel toalha umedecidos para cobrir as sementes, em que foram divididos da seguinte maneira: uma fileira com 100

sementes sem o tratamento e a outra contendo o enraizante com o objetivo de se avaliar porcentagem de sementes viçosas e que irão responder ao tratamento proposto.

A implantação do experimento foi em uma área total de 120 m², cuja área do campo de feno foi preparada, delimitando-se os módulos de 2,50 x 1,15,0m, totalizando 16 canteiros, e a aplicação de adubos químicos e o enraizante K-tionic® realizado de acordo com o processo de emergência das plântulas e estabilização do módulo de alfafa tratado e não tratado, sendo dosados de acordo com as recomendações do fabricante. O ensaio foi instalado no delineamento em blocos casualizados com três repetições e um tratamento, o enraizante K-tionic® tanto no campo quanto no Rhizotron (balde), no qual foram semeadas 15 unidades de sementes tratadas da alfafa crioula em cada lado interno do Rhizotron (totalizando 30 sementes), sendo estas regadas duas vezes ao dia (às 07:00h e às 17:00h). A germinação/emergências foi avaliada do surgimento das primeiras plântulas até a altura média entre 5 e 10 cm. Posteriormente, foi aplicado o raizal® e o K-tionic®. Já no campo de feno, cada parcela foi constituída de 22 fileiras de 5cm entre plantas, 15 cm entre linhas e o espaçamento entre módulos de 20 cm. A semeadura foi efetuada de forma manual e superficial, utilizando-se em torno de 3 a 4 sementes puras viáveis com inoculadas em sulcos com 2 cm de profundidade. Após 24 horas do plantio, foi realizada a vistoria diária na área de plantio, para observar a emergência das plântulas de alfafa, sendo estas irrigadas com auxílio do regador até a estabilização do canteiro nas primeiras semanas após a germinação.

A partir das avaliações e observação da estabilidade das plantas em cada canteiro e Rhizotron, o sistema de irrigação é acionado duas vezes por semana no final da tarde, e desligado pela manhã, juntamente com a verificação do seu desenvolvimento, sendo necessário o controle de plantas daninhas.

Foi realizada a limpeza e extirpação das plantas invasoras e ervas daninhas de forma manual, bem como foi aplicado veneno para combate e eliminação de formigas.

Após o 7º dia da semeadura, foi acionado o sistema de irrigação com 4 aspersores, de acordo com a distribuição das hastes em cada canteiro, principalmente, nos que foram tratados com o enraizante.

O experimento com Rhizotrons foi conduzido em casa de vegetação da UFR, os quais foram confeccionados com canos de PVC com diâmetro de 150 mm e 800

mm de altura, cujas bandas foram isoladas com vidro transparente, organizadas em blocos casualizados. Foram aplicados dois tratamentos principais: CP (com produto enraizante) e SP (sem produto enraizante), cada um com quatro repetições. Foi utilizado substrato comercial já preparado, onde as sementes foram inoculadas previamente. As medições de altura e crescimento das raízes ocorreram em seis momentos: 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência. Os dados foram organizados e analisados no software Python, aplicando estatística descritiva, ANOVA e regressão sigmoidal para avaliar as curvas de crescimento.

Tratamentos: CP (com enraizante – Biozyme® + K-tionic®) e SP (sem enraizante).

Delineamento: blocos casualizados, 4 repetições, parcelas com 5 fileiras de plantas, avaliadas em 6 épocas (D1 a D6, de 7 a 42 dias).

Variáveis: altura de plantas, comprimento de raízes, número de raízes laterais, área

As alturas foram submetidas à ANOVA para blocos casualizados, com interpretação dos efeitos por época.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A alfafa apresenta sistema radicular profundo e eficiente, capaz de explorar camadas do solo e resistir a déficits hídricos (FERNANDES et al., 2005). Os enraizantes químicos, como auxinas e giberelinas, estimulam o alongamento celular (SANTOS, 2009). Os enraizantes biológicos, baseados em microrganismos como *Rhizobium* e fungos micorrízicos, promovem simbiose e maior absorção de nutrientes (FERNANDES et al., 2005; RIGRANTEC, 2024). Estudos recentes apontam que bioestimulantes como Huma Pro® e Stimulate® podem ampliar o crescimento radicular (HUMA, 2024; CASTRO et al., 2024).

Os Rhizotrons permitem observação não destrutiva das raízes, sendo aplicados em várias culturas agrícolas para análise radicular (OLIVEIRA et al., 2019; INNOVAK BRASIL, 2024). Assim, sua associação com bioestimulantes constitui inovação relevante para o estudo da alfafa em condições tropicais.

A alfafa (*Medicago sativa*) é uma leguminosa, perene, herbácea, com sistema radicular robusto, profundo e raiz pivotante podendo alcançar até 9 m de profundidade do solo. O caule é folhoso, com intensa ramificação axilar, os folíolos apresentam

forma ovalada ou arredondada, as folhas são trifolioladas de forma alternada, quando madura varia entre 60 a 90 cm de altura (HERLING; PEREIRA, 2016). As flores são pequenas possuindo entre cinco a quinze com coloração em tons de azulado a violáceo e o fruto é um legume, espiralado, de cor variando do amarelo-claro ao marrom-escuro, contendo de 2 a 5 sementes (FONSECA; MARTUSCELLO, 2010).

Proveniente da Ásia, principalmente das terras do Irã e Afeganistão, onde se expandiu para a Europa e as Américas. Na América Latina, os países que mais se destacam na produção são a Argentina, Chile e Uruguai, em que Argentina é o maior produtor de alfafa, com mais de três milhões de hectares, sendo que em torno de 60% é destinado para produção de leite e feno, e o excedente é utilizado em consórcio com gramíneas temperadas para produção de carne (BRASIL, 2020).

No Brasil, foi introduzida pelos italianos e alemães no século XX no estado do Rio Grande do Sul e posteriormente levada aos demais estados como Santa Catarina, Paraná e São Paulo (FERREIRA et al., 2004). Apesar de ser considerada a “rainha das forrageiras” por produzir forragem macia, succulenta e aceitável pelos animais, ainda é pouco explorada, contendo uma área em torno de 40 mil hectares, onde é empregada no abastecimento de haras e sistemas intensivos de produção animal por apresentar baixa estacionalidade, boa aceitabilidade, alta produtividade e qualidade, sendo recomendada para animais de alto valor genético (VILELA et al., 2008).

Além disso, possui excelente valor nutritivo com teores de proteína bruta acima de 20%, alta digestibilidade e capacidade de adaptabilidade a climas e altitudes diversificados, podendo ser cultivada em quase todo mundo, mesmo que seja oriunda de regiões de clima temperado. Também, possui características únicas que consistem na fixação do nitrogênio, alta produção de biomassa, recuperação de solos degradados, resistência às secas e por não apresentar queda de folhas durante o seu desenvolvimento, favorecendo na rápida e intensa rebrota após os cortes, assim, proporcionando a sua expansão em muitas regiões (BRASIL, 2020).

Outra particularidade que chama atenção é sua versatilidade de utilização, seja na forma de pastejo direto, verde no cocho, pellets, feno e silagem. Em virtude disso, em muitos países é empregada na alimentação de equinos, bovinos e caprinos como volumoso ou complemento de concentrados proteicos, sendo este último uma alternativa vantajosa pois possibilita a melhoria da qualidade da forragem e consequentemente o consumo e o desempenho animal, proporcionando um

balanceamento adequado da relação energia: proteína (RASSINI, 1999). Também, para formular ração para pets, alimentação humana, processos industriais e comerciais transformando distintos produtos para o uso farmacêuticos e cosméticos (BRASIL, 2020).

Ademais, outro ponto importante são as substâncias antinutricionais, conhecidas como saponinas que ocasiona no timpanismo, resultado da utilização da alfafa como único alimento sob pastejo, entretanto, 28 cultivares (Crioula, Florida-77, P30, Moapa, CUF-101, BR2, etc.) adaptadas foram avaliadas para observar os teores destas substâncias e obtiveram variações de 1,78 a 0,78%, assim, sendo considerados baixos, dessa forma, não integram como fatores limitantes (Embrapa, 2003).

No Brasil, na época da seca, a alfafa é usufruída simultaneamente na forma de pastejo com forragem conservada, principalmente silagem de milho e o concentrado. Por outro lado, na época das águas, é recomendado pastejo em alfafa e forragem tropical como capim tanzânia ou tobiatã, e concentrado. Já para animais leiteiros com alta produção, a partir de 6.000 litros de leite/lactação, é indicado a alfafa com 30 a 40% da matéria seca consumida (FERREIRA et al., 2016).

Para um bom estabelecimento de um alfafal independente das condições climáticas, é necessário preparo e correção do solo, manejo apropriado, escolha do local para implantação, onde deve ser plano, com solo de textura média e profundo. A irrigação com pressão adequada, boa drenagem e fertilidade possuindo elevados níveis de matéria orgânica, para assim, obter produtividade e persistência da cultura (RASSINI et al., 2008).

Com a área definida deve-se executar uma amostragem de solo em duas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, coletando em torno de 20 sub-amostras, após o resultado da análise, é recomendado corrigir a saturação por bases a 80% através da seguinte expressão: $NC = CTC (V2-V1) / PRNT$ (MOREIRA et al., 2008). Em virtude disso, é necessário aplicar metade do calcário conforme a dose calculada, preferencialmente contendo Magnésio superior a 12% para obtenção de resultados eficientes e duradouros durante todo o ciclo de produção, sem a necessidade de utilizar o nitrogênio, uma vez que a inoculação das sementes é feita com estirpes das bactérias *Sinorhizobium meliloti* e *mediace* (BRASIL, 2020).

Em seguida, destruir as camadas de impedimento do solo, realizar uma aração profunda para possibilitar o crescimento radicular. Posteriormente, utilizar a metade do calcário restante e realizar até três gradagens com o intuito de possuir um solo mais plano, juntamente com aplicação a lanço dos adubos de manutenção como Fósforo, Potássio e micronutrientes. Todavia, é essencial realizar o monitoramento anual por meio de análises de solo para prescrição adequada de corretivos (BRASIL, 2020).

Para uma melhor incorporação da semente ao solo é fundamental executar compactação, sendo que a semeadura pode ser feita de forma mecânica ou manual com espaçamento de 15 a 30 cm entre linhas. A correção do solo e adubação são fundamentais para evitar a redução de vigor e da longevidade da alfafa, já que é uma planta altamente exigente em fertilidade, retirando para cada 20 toneladas de matéria seca, 400kg de N, 133 kg de P₂O₅ e 678 kg de K₂O (MOREIRA et al., 2008).

O primeiro corte da alfafa deve ser realizado entre 75 a 90 dias após a emergência das plântulas ou quando estiver 80% das plantas florescidas, período em que corresponde ao maior acúmulo de carboidratos e apresentação da coroa e sistema radicular bem desenvolvidos. Já o segundo corte é feito após 10 dias ou quando a floração estiver concluída, época em que há equilíbrio entre a produção e a qualidade da forragem (HERLING; PEREIRA, 2016).

Assim, ambos os cortes ou pastejo deve ser entre 5 a 8 cm da superfície do solo por viabilizar menor mobilização da reserva, maior captação de nutrientes através do ótimo desenvolvimento radicular, resistência à seca e produção de forragem superior. O intervalo entre cortes varia de acordo com a estação do ano entre 28 a 42 dias, resultando de 6 a 8 cortes, sendo recomendado a utilização de pastejo rotativo por propiciar o descanso entre desfolhas para obtenção de brotos fortes e consequentemente aumento da longevidade da pastagem e melhor controle da quantidade de forragem ofertada aos animais (FONSECA; MARTUSCELLO, 2010).

Contudo, no inverno a emissão de flores pode não ocorrer, sendo recomendado que a alfafa seja cortada ou pastejada quando a brotação basal alcançar altura média de 3 a 5 cm, possibilitando armazenamento de reserva para obter boa rebrota, aumento da produção e persistência ao longo do tempo depois de cada pastejo (COMERON et al., 2015).

O rebrote desta leguminosa acontece devido às reservas de carboidratos e do tipo de exploração, seja corte ou pastejo, mas esse acúmulo de reservas é intermitente em cada período de produção da planta, logo, neste intervalo que se aglomeram carboidratos não estruturais na raiz e na coroa basal, assim, para um aumento no percentual de reservas de carboidratos provoca-se uma diminuição do tempo ideal para que o novo rebrote atinja o ponto de corte ou pastejo (RASSINI et al., 2008).

No entanto, não é indicado o cultivo consecutivo da alfafa em uma mesma área devido a liberação de fitotoxinas que acarreta na alelopatia, ou seja, que inibe ou retarda a germinação e o crescimento, por isso, é recomendado empregar a rotação com gramíneas e o uso de milho após o de alfafa, já que alguns estudos foram comprovados que em clima temperado após três de cultivo na mesma área desta leguminosa gerou 100 kg ha⁻¹ de N residual para a cultura subsequente (BRASIL, 2020).

Em relação a irrigação da alfafa, é essencial efetuar um bom planejamento e manejo em que seja levado em consideração o clima, local, capacidade de armazenamento de água do solo e as características da cultura a fim de evitar o desperdício e aumentar a eficiência do uso de água. Também, atentar-se a ao rendimento e profundidade adequada do sistema radicular, que pode modificar em decorrência das limitações de fertilidade do solo, principalmente em clima tropical por possuir elevados teores de alumínio e pH baixo (MENDONÇA; RASSINI, 2015).

Desse modo, esta cultura pode ser cultivada durante todo o ano, especialmente quando o plantio é realizado nos meses de abril ou maio por ser um período com menos competição a plantas invasoras. Os sistemas mais utilizados são por aspersão, destacando-se os sistemas por aspersão convencional, por aspersão em malha, gotejamento e sob pivô central. No que se refere ao consumo médio anual de água está entre 800 e 1.600 mm, com a exigência hídrica em torno de 60 mm de água/t MS, variando em decorrência do clima e da duração do período vegetativo (HERLING; PEREIRA, 2016).

Os principais limitantes para o cultivo da alfafa consistem nos fatores edáficos, necessidades hídricas, plantas daninhas, pragas e doenças. A princípio o que mais interfere é o solo por apresentar baixa média fertilidade em grande parte dos solos predominantes afetando a produtividade e longevidade, assim, é recomendado

realizar análise de solo para diagnosticar sua fertilidade, ser profundo, ter estrutura média (areno-argiloso) com ótima permeabilidade, sem camada de impedimento e erosões, ser bem drenado, e de preferência com pH neutro entre 6,5 a 7,5 e está em áreas levemente planas (RASSINI, 1999).

As necessidades hídricas estão relacionadas a sua utilização, seja como forragem ou sementes, em que ambas dependem do clima e da duração do ciclo fenológico para alcançar o seu alto rendimento. Para a produção de forragem é indicado permanecer sendo irrigada para que a planta se mantenha em plena vegetação. Por outro lado, para sementes, possuem dois processos: inicialmente, deve-se manter a disponibilidade da água, e no final, reduzir a fim de estimular ao processo reprodutivo (FERREIRA et al., 2008; RASSINI et al., 2007).

O surgimento de plantas daninhas está associado pela competição por água, luz e nutrientes, acarretando na diminuição da produtividade em até 40%, na qualidade da forragem e das sementes, logo, a etapa crucial para o estabelecimento da alfafa está entre 15 aos 50 dias após a emergência, sendo fundamental efetuar os métodos de controle e prevenção tanto no estabelecimento quanto em cultivos já estabelecidos, através de controles culturais, mecânicos e químicos para evitar sua propagação (SILVA et al., 2004).

Em relação às doenças e pragas são influenciadas pela alta temperatura e umidade, prejudicando na produção, persistência e estabelecimento da alfafa mediante da desfolhação, redução de crescimento do estande e vigor, e conseqüentemente afetando na qualidade do feno. As doenças infecciosas causadas por vírus, bactérias e fungos podem ser manifestar nas folhas, caules, raízes e sementes (HERLING; PEREIRA, 2016). E as principais pragas que causam danos são formigas e pulgões, lagartas e besouros, assim, para o seu controle é indicado a uso de cultivares resistentes, efetuar o corte ou pastejo na época correta, realizar a rotação de culturas e o controle químico, apesar que no Brasil não ter nenhum registro de produtos para alfafa (FONSECA; MARTUSCELLO, 2010).

4. RESULTADOS

4.1. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

As estatísticas descritivas para a altura média (cm) das plantas de alfafa para cada tratamento (CP e SP) ao longo dos dias (Dia_Num) são apresentadas na Tabela

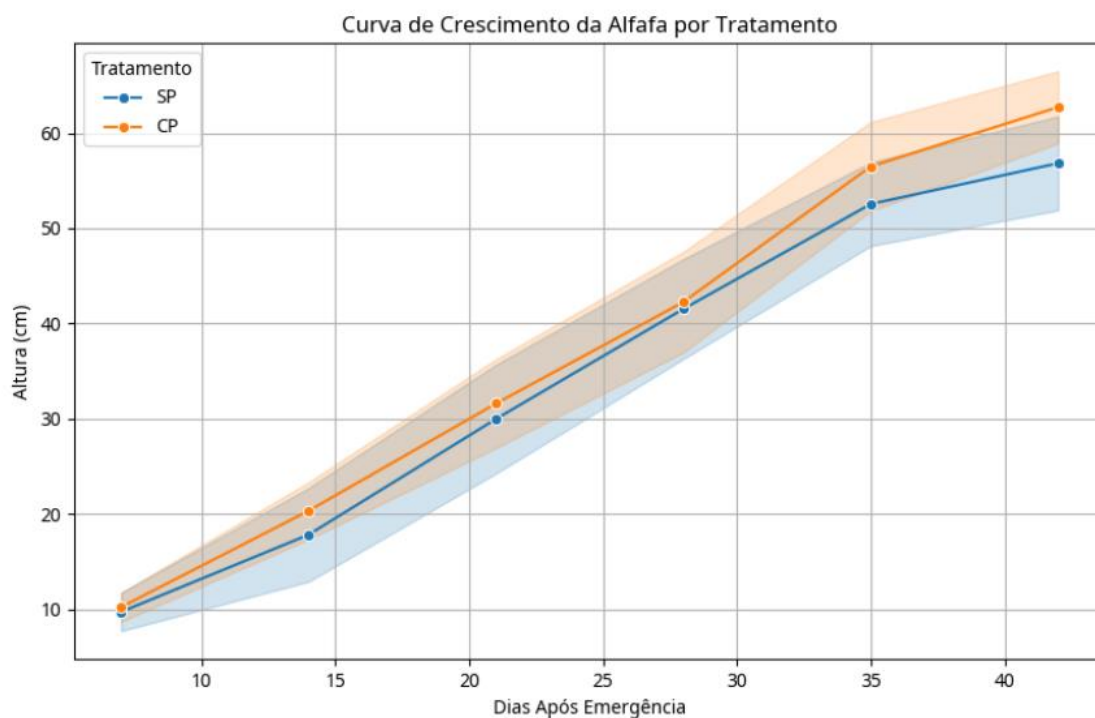
1. O desvio padrão, mínimo e máximo também são fornecidos para indicar a variabilidade dos dados

Tabela 1: Estatísticas Descritivas da Altura (cm) da Alfafa por Tratamento e Dia

Tratamento	Dia_Num	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
CP	7	10.20	1.53	8.4	12.4
CP	14	20.31	3.00	15.5	24.0
CP	21	31.59	4.67	24.2	35.2
CP	28	42.25	5.29	32.4	48.2
CP	35	56.50	4.68	48.6	64.6
CP	42	62.74	3.79	56.8	67.9
SP	7	9.70	2.01	7.2	13.2
SP	14	17.80	4.92	10.7	23.4
SP	21	29.96	5.72	21.9	35.2
SP	28	41.53	5.25	35.4	48.4
SP	35	52.55	4.40	47.0	59.0
SP	42	56.84	4.94	51.8	64.0

O gráfico da Curva de Crescimento da Alfafa por Tratamento (Figura 1) ilustra visualmente as tendências de crescimento para ambos os tratamentos ao longo do tempo. Observa-se que ambas as curvas apresentam um padrão sigmoidal de crescimento, com um aumento inicial mais lento, seguido por um período de crescimento rápido e, posteriormente, uma desaceleração à medida que as plantas se aproximam da maturidade.

Gráfico 1: Curva de Crescimento da Alfafa por Tratamento (CP: Com Produto)



Enraizante; SP: Sem Produto Enraizante).

4.2. ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)

A Tabela ANOVA (Tabela 2) resume os resultados da análise de variância, indicando a significância estatística dos fatores 'Tratamento', 'Dia_Num', 'Repetição' e a interação 'Tratamento:Dia_Num' na altura das plantas.

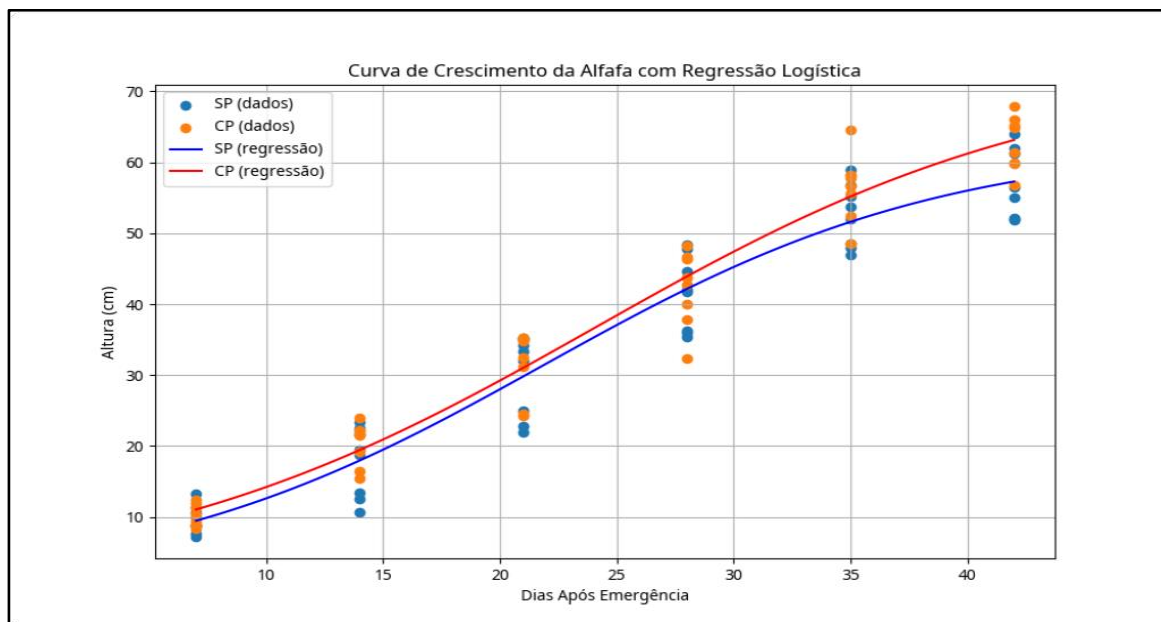
Tabela 2: ANOVA (Tipo II) para a Altura da Alfafa

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	GL	F- Valor	P-valor (PR(>F))
C(Tratamento)	154.28	1	16.07	0.0001
C (Dia Num)	30986.83	5	645.71	< 0.0001
C (Repetição)	869.26	7	12.94	< 0.0001
C(Tratamento):C(Dia_Num)	86.29	5	1.80	0.1232
Residual	739.03	77		

4.3. ANÁLISE DE REGRESSÃO (CURVA DE CRESCIMENTO)

Os modelos de regressão sigmoidal foram ajustados aos dados de crescimento para cada tratamento. A Figura 2 apresenta os dados observados e as curvas de regressão ajustadas para ambos os tratamentos.

Gráfico 2: Curva de Crescimento da Alfafa com Regressão Logística para os tratamentos CP e SP.



Os parâmetros estimados para os modelos de regressão sigmoidal para cada tratamento são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros Estimados dos Modelos de Regressão Sigmoidal

Tratamento	L (Assíntota Superior)	x0 (Ponto de Inflexão)	k (Taxa de Crescimento)
CP	66.89	27.87	0.12
SP	60.15	28.50	0.10

5. DISCUSSÃO

A análise estatística revelou insights importantes sobre o crescimento da alfafa sob os dois tratamentos. A ANOVA indicou que o fator 'Tratamento' teve um efeito estatisticamente significativo na altura das plantas ($P < 0.0001$), sugerindo que o uso do produto enraizante (CP) influenciou positivamente o crescimento. Isso é corroborado pelas médias de altura ligeiramente superiores observadas no tratamento CP, especialmente nas fases mais avançadas de crescimento, conforme mostrado na Tabela 1 e Figura 1.

O fator 'Dia_Num' também foi altamente significativo ($P < 0.0001$), o que é esperado, pois o crescimento das plantas é um processo contínuo ao longo do tempo. A significância do fator 'Repetição' ($P < 0.0001$) valida a escolha do delineamento em blocos casualizados, indicando que havia variabilidade entre as repetições que precisava ser controlada para uma análise precisa.

É importante notar que a interação 'Tratamento:Dia_Num' não foi estatisticamente significativa ($P = 0.1232$). Isso implica que o efeito do produto enraizante na altura das plantas foi consistente ao longo de todo o período de medição, ou seja, o produto não alterou o padrão de crescimento ao longo do tempo de forma diferencial entre os tratamentos. Ambos os tratamentos seguiram um padrão de crescimento similar, mas com o tratamento CP apresentando alturas consistentemente maiores.

A análise de regressão, utilizando o modelo sigmoidal, permitiu quantificar as características da curva de crescimento. Os parâmetros da Tabela 3 mostram que o

tratamento CP resultou em uma assíntota superior (L) maior (66.89 cm para CP vs. 60.15 cm para SP), indicando um maior potencial de altura máxima para as plantas com o produto enraizante. Além disso, o valor de 'k' (taxa de crescimento) foi ligeiramente maior para o CP (0.12 vs. 0.10), sugerindo uma taxa de crescimento um pouco mais rápida, embora o ponto de inflexão (x_0) tenha sido similar para ambos os tratamentos, indicando que o período de crescimento mais acelerado ocorreu em momentos semelhantes.

Esses resultados sugerem que o produto enraizante pode ser uma ferramenta eficaz para promover um maior crescimento em altura da alfafa, sem alterar fundamentalmente a dinâmica temporal do seu desenvolvimento. A maior altura pode ter implicações positivas para a produção de biomassa e rendimento da cultura.

As plantas tratadas com enraizantes (CP) apresentaram maior altura média em todas as avaliações, alcançando 62,7 cm aos 42 dias, contra 56,8 cm do tratamento SP. A ANOVA indicou efeito significativo dos fatores Tratamento e Dia ($p < 0,0001$), confirmando influência positiva dos enraizantes sobre o crescimento. A regressão sigmoideal mostrou assíntota superior de 66,9 cm no CP, sugerindo maior potencial produtivo. Tais resultados indicam que o uso de bioestimulantes pode incrementar a produção de biomassa, favorecendo o rendimento do feno.

O efeito positivo confirma a literatura sobre o estímulo ao crescimento das raízes e aéreo por reguladores vegetais (SANTOS, 2009; CASTRO et al., 2024). A taxa de germinação de 93% assegurou uniformidade experimental, reforçando a confiabilidade.

Os resultados sugerem que o uso de enraizantes pode integrar o manejo inicial da alfafa, reduzindo falhas na emergência e promovendo vigor.

6. DIFICULDADES E SOLUÇÕES

Durante o desenvolvimento do projeto, algumas dificuldades foram observadas, como a necessidade de controle rigoroso de plantas invasoras. Solução: A adoção de protocolos consistentes para o manejo e monitoramento das parcelas permitiu minimizar tais desafios.

Controle ambiental: exigiu monitoramento constante. Solução: irrigação manual ajustada.

Espaço limitado: Rhizotrons restringiram número de plantas. Solução: planejar mais repetições.

Tempo curto de observação: limita a avaliação de rebrota. Solução: ampliar a duração em novos ensaios.

7. EVIDÊNCIAS DE INOVAÇÃO

O projeto utilizou Rizotrons como tecnologia inovadora para estudo radicular em forrageiras tropicais, associada a bioestimulantes. Destaca-se o potencial de difusão tecnológica e transferência de conhecimento para produtores, fortalecendo a sustentabilidade pecuária.

O uso de enraizantes e fertilizantes biológicos em alfafa é uma prática ainda pouco explorada em condições tropicais. O presente estudo evidencia a viabilidade de tais insumos como ferramentas para potencializar o desenvolvimento inicial da cultura, oferecendo alternativas sustentáveis e de fácil difusão para produtores rurais. Além disso, a utilização de ferramentas computacionais (Python, Pandas, ANOVA) para análise estatística reforça o caráter inovador do projeto.

8. CONCLUSÃO

A aplicação de enraizantes promoveu incremento significativo no crescimento das raízes da alfafa.

A metodologia com Rhizotrons forneceu dados relevantes para aplicação prática.

Os resultados confirmam o potencial dos bioestimulantes de alfafa para produção de feno de qualidade no Brasil.

Recomenda-se ampliar os ensaios em campo e em diferentes condições edafoclimáticas.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, P. R. et al. **Aspectos fisiológicos do crescimento da alfafa após pulverização com ácido giberélico**. Biblioteca Epagri, 2024.

FERNANDES, A. C. et al. Crescimento inicial da parte aérea e radicular de três cultivares de alfafa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 106–111, 2005.

HUMA. **Huma Pro®: ciclo de rizofagia dos micróbios para aumentar o crescimento da raiz**. 2024. Disponível em: <https://huma.us/pt-br>. Acesso em: 18 maio 2025.

INNOVAK BRASIL. **O uso da câmera rizotron é crucial para demonstrar a eficácia de produtos bioestimulantes**. Instagram, 2024.

OLIVEIRA, M. S. P. et al. Crescimento radicular inicial de plântulas de inajá em rizotron. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, 2019.

RIGRANTEC. **Como garantir o enraizamento ideal para alface**. Disponível em: <https://www.rigrantec.com.br>. Acesso em: 18 maio 2025.

SANTOS, C. R. S. **Stimulate na germinação de sementes e crescimento inicial de soja**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

BERNARDI, A. C. de C.; KUWAHARA, F. A.; KARAM, D. Potencial forrageiro da alfafa para alimentação de vacas de leite nos trópicos. In: VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. (ed.). **Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016. p. 213–238.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Alfafa: do cultivo aos múltiplos usos**. Brasília: MAPA/AECS, 2020.

CAVERO, J.; FACI, J. M.; MEDINA, E. T.; MARTÍNEZ-COB, A. Alfalfa forage production under solid set sprinkler irrigation in a semiarid climate. **Agricultural Water Management**, v. 191, p. 184–192, 2017. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.06.018.

COMERON, E. A. et al. Utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras. In: FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; COMERON, E. A.; BERNARDI, A. C. de C.; KARAM, D. (ed.). **Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 131–149.

FERREIRA, R. de P. et al. (ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. 469 p.

FERREIRA, R. de P. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. **Ciência Rural**, v. 34, p. 265–269, 2004.

FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras**. Viçosa: UFV, 2010.

HERLING, V. R.; PEREIRA, L. E. T. **Leguminosas forrageiras de clima tropical e temperado**. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2016.

MENDONÇA, F. C.; RASSINI, J. B. Manejo da irrigação. In: FERREIRA, R. de P. et al. (ed.). **Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 27–44.

MOREIRA, A.; BERNARDI, A. C. de C.; RASSINI, J. B. Correção do solo, estado nutricional e adubação da alfafa. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 95–137.

RASSINI, J. B. et al. Cultivo e estabelecimento da alfafa. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 39–79.

RASSINI, J. B. Alfafa (*Medicago sativa* L.): estabelecimento e cultivo no Estado de São Paulo. In: SEMANA DO ESTUDANTE, 13., 1999, São Carlos. **Utilização de forrageiras para intensificação da produção de carne e leite: anais [...]**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999. p. 53–55.

RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. de P.; MOREIRA, A.; VILELA, D. Avaliação de cultivares de alfafa na região de São Carlos, São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**, v. 64, n. 4, p. 289–293, 2007.

SILVA, W.; VILELA, D.; COBUCCI, T.; HEINEMANN, A. B.; REIS, F. A.; PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. P. Avaliação da eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas em alfafa. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 4, p. 729–735, 2004. DOI: 10.1590/S1413-70542004000400001.

VILELA, D. et al. Prioridades de pesquisa e futuro da alfafa no Brasil. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 441–455.