



UNIFESSPA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS - (ICE)  
FACULDADE DE QUÍMICA - (FAQUIM)  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS – (LCN)

**UMA CONTRIBUIÇÃO DAS CIÊNCIAS NATURAIS EM ESTUDOS  
DE ÁREAS DEGRADADAS.**

Orientador (a): Prof. Dr. Ulisses Brigatto Albino

Orientando: Uanderson dos Santos Leal

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Química FAQUIM do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, como requisito para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Naturais.

MARABÁ

FEVEREIRO DE 2022

UANDERSON DOS SANTOS LEAL

**UMA CONTRIBUIÇÃO DAS CIÊNCIAS NATURAIS EM ESTUDOS  
DE ÁREAS DEGRADADAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Química FAQUIM do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, como requisito para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Naturais.

Orientador (a): Prof. Dr. Ulisses Brigatto Albino

MARABÁ

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará**  
**Biblioteca Setorial Campus do Taurizinho**

---

L435c Leal, Uanderson dos Santos  
Uma contribuição das ciências naturais em estudos de áreas degradadas / Uanderson dos Santos Leal. — 2022.

Orientador(a): **Ulisses Brigatto Albino.**  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas, Faculdade de Química, Curso de Licenciatura Plena em Ciências Naturais, Marabá, 2022.

1. Solos - Conservação. 2. Recuperação ecológica. 3. Micro-organismos do solo. 4. Plantas para conservação do solo. 5. Ecologia do solo. 6. Impacto ambiental. I. Albino, Ulisses Brigatto, orient. II. Título.

CDD: 22. ed.: 631.4

UANDERSON DOS SANTOS LEAL

## UMA CONTRIBUIÇÃO DAS CIÊNCIAS NATURAIS EM ESTUDOS DE ÁREAS DEGRADADAS.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Química FAQUIM do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, como requisito para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Naturais.

Orientador (a): Prof. Dr. Ulisses Brigatto Albino

Data da aprovação: Marabá (PA), 03 de março de 2022.

Banca Examinadora:



---

Prof. Dr. Ulisses Brigatto Albino  
Orientador

Emerson Paulinho Boscheto

---

Prof. Dr. Emerson Paulinho Boscheto  
Examinador 1

Patrick Alves Vizzotto

---

Prof. Dr. Patrick Alves Vizzotto  
Examinador 2

## AGRADECIMENTOS

**“Sabemos que Deus age em todas as coisas para o bem daqueles que o amam [...]”  
Romanos 8:28.**

Jamais poderia deixar de ser a priori o agradecimento a DEUS, pois durante toda a trajetória de estudos na faculdade, ELE, sempre me acompanhou, guiou meus passos e conduziu todo o processo por amor a mim, te amo papai do Céu.

A minha esposa maravilhosa, Thalita que sempre me motivou, apoiou e ajudou-me a continuar na luta pelos estudos, em muitos momentos foi compreensiva, colaboradora, ajudando a confeccionar materiais para as aulas e durante o meu estagio supervisionado, te amo meu amor.

Aos meus filhos Ualysson e Levi que são minhas inspirações, que cada vez que olho para eles vejo mais motivos para continuar a jornada, amo vocês meus filhos.

A minha mãe Maria Ivonete, mãe dedicada e amorosa, que sempre me ajudou a custear os estudos, grato porque sempre cuidou de mim, com bons conselhos e orientações de vida, amo você minha mãe.

A meu pai Samuel Vasconcelos, homem honrado, trabalhador, que me inspira sempre e me apoiou nos estudos, custeou meu transporte de ir e vim da faculdade, amo você meu pai.

A meus irmãos Tatiana Santos e Wedeson Leal, ambos são irmãos maravilhosos no qual sempre contei com eles, amo vocês meus irmãos.

A minha sogra Vanderlucia Brito, não poderia deixa-la de fora, pois ela me ajudou na confecção dos matérias da aula de PPC em Biologia e nas aulas de estágio supervisionado. Ela tem dom para confeccionar artesanatos.

A meu orientador professor DR. Ulisses Albino, pessoa simples, humilde, superinteligente e bem didático em suas explicações, no qual admiro desde o dia de sua primeira aula em nossa turma, ele me acolheu, sendo muito paciente para comigo, passou-me lições valiosos que levarei por toda a minha vida.

Aos demais professores que durante minha trajetória na universidade contribuíram sobremaneira para este momento chegar, foram diversos mestres que tive a oportunidade de conhecer e aprender com eles, vou citar alguns, e em nome deles agradecer os demais: (Sheila Maysa, Clesianu Rodrigues, Rafael, Emerson Boscheto, Patrick Vizzotto, Lucélia, Renata, Claudio Emidio) a todos carregarei em meu coração.

Agradeço a UNIFESSPA, por me proporcionar não somente a graduação, mais todo o espaço inclusivo de aprendizagem e evolução.

Obrigado a professora Helena Viana, diretora responsável pela escola Municipal de Ensino Fundamental Pedro Peres Fontenelle, escola no qual realizei aulas das disciplinas de PPC's e estagio supervisionado.

Agradeço a prof.<sup>a</sup> Nara Nubia, uma profissional de excelência e espetacular, onde tive o privilégio de conhecer, que trabalha com dedicação e amor naquilo que faz, aprendi muito com ela sobre práticas de docência, obrigado professora por aceitar o desenvolvimento do meu estagio supervisionado em suas turmas.

A prof.<sup>a</sup> Lurdiane, uma profissional dedicada e comprometida com a aprendizagem, me aceitou a estagiar com ela em suas turmas, pude aprender muito também com ela sobre práticas de docente.

Agradeço a Caroline Santos e Ana Araújo, meninas simpáticas e colaboradoras, que nos auxiliaram em todo o processo desse trabalho, sempre parceira desde o início até o último dia, onde terminamos o experimento.

E por fim não poderia deixar de agradecer a todos os meus colegas de sala de aula (Aline Bezerra, Antônia, Alaercio, Elane Silva, Fabiana Souza, Glauber Matheus, Isabelly, Ismayanne Moreira, Luana Matos, Monica Castro, Tatyara Soeiro, foram muitas brincadeiras, risos e momentos tensos, porem diante de todas as adversidades, sempre encontrávamos maneiras de comemorar, obrigado turma, pelo privilégio de conhecer cada um de vocês, todos estão eternizados em meu coração, desejo sucesso em suas caminhadas que tornem-se excelentes profissionais.

**Sinto-me honrado com todos mencionados aqui, meu muito obrigado!!**

## RESUMO

A exploração mineral é uma atividade que gera desenvolvimento socioeconômico nas regiões onde estão instaladas as empresas de mineração. Porém, os impactos ambientais ainda são problemas com difíceis soluções. O presente trabalho avaliou o potencial de um grupo de bactérias conhecidas como actinobactérias, isoladas de áreas em recuperação ambiental após a mineração de bauxita em auxiliar os fungos micorrízicos arbusculares, microrganismos fundamentais à sobrevivência das plantas na natureza, em colonizar plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas em ambiente da casa de vegetação. As plantas foram cultivadas em tubetes plásticos e receberam as bactérias em desenho experimental casualizado. Parâmetros como o tipo e a quantidade de estruturas típicas dos fungos micorrízicos por centímetro de raiz foram analisados para os fungos micorrízicos e altura, massa seca, da parte aérea e raízes, comprimento de raízes, foram analisados para as plantas, visando observar se algum dos actinomicetos pode ser considerado uma bactéria “Micorriza Helper”, ou seja, uma auxiliadora de micorriza e vir a constituir uma ferramenta biotecnológica para a restauração de áreas degradadas por mineração. Pelas características observadas os actinomicetos denominados ACT05 e ACT08 apresentam potencial. O trabalho permitiu que conceitos de ecologia e biotecnologia fossem postos em prática em um curso de Ciências Naturais.

**Palavras chaves:** Restauração, ambiente, microrganismos, solos.

## ABSTRACT

Mineral exploration is an activity that generates socioeconomic development in the regions where mining companies are installed. However, environmental impacts are still problems with difficult solutions. The present work evaluated the potential of a bacterial group known as actinobacteria, isolated from areas undergoing environmental recovery after bauxite mining, to help arbuscular mycorrhizal fungi, essential microorganisms for the survival of plants in nature, to colonize monocotyledonous and dicotyledonous plants in an environment from the greenhouse. The plants were grown in plastic tubes and received the bacteria in a randomized experimental design. Parameters such as the type and quantity of structures typical of mycorrhizal fungi per centimeter of root were analyzed for mycorrhizal fungi and height, dry mass of shoots and roots, length of roots, were analyzed for plants, in order to observe whether any of the actinomycetes can be considered a “Mycorrhiza Helper” bacterium, that is, a mycorrhiza helper and come to constitute a biotechnological tool for the restoration of areas degraded by mining. Due to the characteristics observed, the actinomycetes called ACT05 and ACT08 show potential. The work allowed ecology and biotechnology concepts to be put into practice in a Natural Sciences course.

**Keywords:** Restoration, environment, microorganisms, soils.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Aspecto de um actinomiceto em microscopia óptica. Actinomycetes: Esquerda: <i>Actinomyces israelii</i> colorido, direita: <i>Streptomyces</i> sp.....	17
FIGURA 2 – Bactéria, Actinomicetos e fungo Micorrizico .....	19
FIGURA 3 - Coleta de solo rico em fungos micorrizicos arbusculares .....	21
FIGURA 4 - Plântulas de feijão e milho .....	22
FIGURA 5 - Preparação das raízes das plantas de feijão e milho para secagem e pesagem.....	23
FIGURA 6 - Vista da irrigação automatizada na casa de vegetação .....	24
FIGURA 7- Frascos com as inoculações contendo bactérias .....	24
FIGURA 8 - Plantas de feijão e milho, sendo colhidas e colocadas em sacos de papel.....	25
FIGURA 9 - Parte superior das plantas de feijão e milho, que foram colocadas dentro de sacos de papel. ....	26
FIGURA 10 - Raízes, após o processo de lavagem.....	26
FIGURA 11 - Gráfico da dinâmica de crescimento em altura das plântulas de milho. ....	27
FIGURA 12 - Altura média das plantas de milho aos 45 dias a inoculação dos actinomicetos.28	
FIGURA 13 - Massa seca das plantas de milho após 45 dias de inoculação das bactérias. ....	29
FIGURA 14 – Gráfico de colunas comparando a massa seca do sistema radicular das plantas de milho colhidas após 50 dias de inoculação das bactérias. ....	30
FIGURA 15 - Número de estruturas micorrízicas por milímetro de raiz de milho colhidas aos 50 dias após a inoculação de actinomicetos. ....	31
FIGURA 16 - Gráfico da dinâmica de crescimento em altura das plântulas de feijão.....	32
FIGURA 17- Gráfico de colunas comparando a altura das plantas de feijão no último dia da medição. ....	34
FIGURA 18 - Massa seca das plantas de feijão após os 45 dias de inoculação das bactérias... 35	
FIGURA 19 - Massa seca das raízes de feijão após os 50 dias de inoculação das bactérias. ...	36
FIGURA 20 - Número de estruturas micorrízicas por milímetros de raiz de feijão colhidas aos 50 dias após a inoculação de actinomicetos. ....	37



## SUMARIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	OBJETIVOS .....	11
2.1.	Objetivo geral.....	11
2.2.	Objetivos específicos.....	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	12
3.1.	Ciências naturais e a recuperação de áreas degradadas .....	12
3.2.	Recuperação de áreas degradadas .....	14
3.3.	Microrganismos na recuperação de áreas degradadas .....	16
3.3.1	Actinomicetos e a atuação com plantas.....	17
3.3.2	Bactérias micorriza helper .....	18
3.3.3	Linhagens bacterianas .....	18
3.3.4	Fungos micorrízicos arbusculares .....	18
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	20
4.3	Equipamento em casa de vegetação .....	23
4.2	Inoculação das bactérias.....	24
4.4	Registro do crescimento .....	25
4.5	Colheita das plantas.....	25
5	RESULTADOS .....	27
5.3	Plantas monocotiledôneas – milho. ....	27
5.4	Plantas dicotiledôneas - feijão.....	32
6	CONCLUSÕES .....	37
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

Um grupo de discentes e docentes pesquisadores da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA, realizou um estudo de campo em uma área degradada pela exploração de bauxita. A área, ainda em processo de exploração do minério pertence a uma empresa multinacional produtora de alumínio e está localizada no município paraense de Paragominas região Norte do país. A cidade é cenário de exploração de Bauxita, mineral esse responsável pela produção de alumina, que em processo de industrialização transforma-se em alumínio.

Isso permitiu um grande desenvolvimento socioeconômico, porém, a atividade acarreta degradação ambiental. Parte da vegetação nativa de uma enorme área foi desmatada, gerando desequilíbrio ambiental na região afetada, o que pode acarretar sérios problemas socioambientais. “Fato este esperado, uma vez que, para que a extração mineral seja efetivada, o empreendimento minerário, acarreta o surgimento de áreas degradadas durante e ao final da exploração, uma vez que o minério extraído da natureza não retorna ao seu local de origem” (MOURA, 2015).

Estudos indicam que muitas doenças virais e parasitárias, que coloca em risco a saúde humana, são oriundas de regiões que sofreram com perdas de sua vegetação, neste caso, o desmatamento é um fator principal e responsável por esses graves problemas.

Nas últimas duas décadas, cada vez mais evidências científicas sugerem que o desmatamento, ao dar início a uma complexa cadeia de acontecimentos, cria condições para que se espalhe entre os humanos uma vasta gama de patógenos mortais — como os vírus Nipah e Lassa, e os parasitas causadores da malária e da doença de Lyme. (ZIMMER, 2019)

Desde 2007 quando iniciaram os processos de exploração do minério bauxita em Paragominas as áreas vêm sendo alteradas. Hoje a multinacional produtora de alumínio até tenta consertar o cenário, porém, com os estudos e tecnologias que tem se desenvolvido, ainda não se encontrou uma maneira sustentável de reconstruir ou melhor dizendo, reflorestar as áreas devastadas pela atividade de mineração.

O artigo 225 da Constituição Federal, no seu parágrafo segundo, é claro quando estabelece que: “Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei (O MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DO IBAMA, 1990).

Por este motivo, baseado no sentido de recuperar o ambiente degradado, os Actinomicetos, que são um grupo de bactérias filamentosas, Gram positivas, presentes nos solos brasileiros, bastante diferente de outras bactérias já descobertas pela ciência, alvo de conceitos errôneos, confundidos com fungos por causa de suas características de crescimento, foram utilizados pela equipe de pesquisa mencionada como indicadores de qualidade do solo das áreas restauradas pela mineradora, permitindo uma comparação destas com áreas de floresta ainda existentes na região.

Esse grupo de microrganismos se tornou conhecido por produzir compostos como antibióticos e vitaminas. Neste trabalho eles foram aplicados em plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas juntamente com fungos micorrízico arbusculares, outro grupo de microrganismos do solo já bastante estudado por seus benefícios às plantas.

Os experimentos em casa de vegetação permitiram avaliar o desempenho das plantas e dos fungos micorrízicos na presença e na ausência dos actinomicetos explorando a possibilidade de estes microrganismos auxiliarem as plantas a se desenvolver em condições inóspitas como é o solo dentro de um tubete de plástico. Uma vez que são provenientes das áreas degradadas em questão, se confirmada a sua ação positiva junto às plantas, seria possível, talvez utiliza-los como uma ferramenta ou biofertilizante para acelerar a restauração das áreas degradadas pela exploração de bauxita em Paragominas – PA? Quanto a este questionamento é essencial descobrir a eficácia dos resultados, do experimento realizado.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

- ❖ Avaliar a efetividade entre microrganismos actinomicetos inoculados em solo contendo fungos micorrizos com plantas dicotiledôneas e monocotiledôneas visando a recuperação de áreas degradadas por exploração mineral.

## **2.2. Objetivos específicos**

- ❖ Coletar e Analisar a quantidade de microrganismos presentes no solo de Paragominas na região de atuação da empresa multinacional em mineração de bauxita;
- ❖ Coletar amostras do solo de uma região localizada no campus II da UNIFESSPA, para análises quanto a existência de esporos dos fungos micorrizicos;
- ❖ Lavar amostras do solo para o processo de semeadura;
- ❖ Plantar milho e feijão
- ❖ Criar um sistema hidráulico automático de irrigação;
- ❖ Aplicar diferentes doses de microrganismos nas plantas;
- ❖ Medir após intervalos de tempo a intervenção massa e altura das plantas;
- ❖ Realizar testes estatísticos para comparar a intervenção com o grupo controle.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Ciências naturais e a recuperação de áreas degradadas**

O curso de Ciências Naturais, tem por objetivo formar profissionais licenciados, docentes da área de educação, para atuarem em escolas públicas e privadas, nas series finais do ensino fundamental, ministrando temáticas voltadas para a educação ambiental. Segundo a Lei 9.795 (BRASIL, 1999), dispõem no artigo 10 que: “A educação ambiental será desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal”. Além do mais os licenciados deste curso podem exercer funções em editoras, revisando materiais produzidos e como pesquisadores, trabalhando em laboratórios com pesquisas. Uma das principais competências que o curso oferece aos profissionais docentes é um olhar diferente e consciente para as questões ambientais, ou seja, o profissional é preparado para atuar na educação ambiental e suas ramificações.

A Educação Ambiental (EA) tem como finalidade contribuir para que todos os indivíduos, através de um processo de formação contínua, adquiram os conhecimentos e desenvolvam as competências necessárias para o exercício de uma cidadania responsável, que se traduza por um sentido de participação e empenhamento na resolução dos graves e complexos problemas ambientais que ameaçam a qualidade e a manutenção da vida humana e a de outras espécies. (ALMEIDA.,2007).

Contudo, busca-se através de pesquisas e ferramentas tecnológicas auxílio para o processo de restauração de ambientes que foram degradados pela intervenção humana. Sabe-se que um dos maiores problemas existentes no mundo atualmente, com início em tempos remotos, e que tem causado uma serie de especulações e incertezas em muitos órgãos ambientais e autoridades mundiais, tem sido a degradação do meio ambiente.

Percebe-se que a natureza por receber anos após anos incontáveis ataques de destruições, nos últimos tempos tem mostrado para o mundo que está insustentável a interferência desordenada da ação humana sobre ela. Apesar de que o planeta terra já passou por tantas condições naturais que foram catastróficas, mesmo assim não tem suportado tal degradação vista nesses últimos anos.

Nesse cenário a aposta é a atuação de competentes profissionais que obtêm o conhecimento de educação ambiental, científico e tecnológico, a fim de que construam soluções sustentáveis que possam ajudar amenizar a situação catastrófica no qual vive o meio ambiente atualmente. Para tanto é necessário que se inicie uma construção com ênfase na educação ambiental, desde as primeiras series do ensino escolar, até os altos níveis de escolarização superior, partindo de uma conscientização com início nas crianças até os adultos para que explorem um pensamento crítico sobre as questões ambientais, instigados pela competência do profissional de Ciências Naturais.

A complexidade dos processos de degradação e de recuperação de áreas degradadas deve-se aos inúmeros fenômenos biológicos e físico-químicos envolvidos. Por este motivo, a recuperação de áreas degradadas pode ser conceituada como um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das diferentes áreas do conhecimento humano, que visam proporcionar o restabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural (TAVARES, 2008).

O cenário pelo qual vive a natureza, é imprescindível o estudo e estratégias das Ciências Naturais que reuni em uma classificação várias áreas do conhecimento tais como: Biologia, Física, Química e Matemática, esta multidisciplinaridade constroem uma

nova visão sobre os cuidados e manutenção com a vida de todos os seres do planeta terra, pois cada área do conhecimento com suas leis naturais, estabelece relações diretas com o meio ambiente. Sem dúvidas, a relação de estudos das ciências naturais no campo da biologia, física e química com a degradação ambiental, é intrínseca.

Faz-se necessário o uso de tecnologias advindas do conhecimento das ciências naturais para nortear soluções sobre os impactos ambientais causados pela degradação desenfreada ao meio ambiente. São várias as aplicações na recuperação de uma área degradada: a definição do momento adequado de umidade do solo ou substrato para o preparo do plantio de mudas; a seleção de espécies vegetais e outras (TAVARES., 2008).

### **3.2. Recuperação de áreas degradadas**

O processo de recuperação de áreas degradadas, requer estudos e técnicas das áreas que sofreram alterações em suas estruturas. Com intuito de garantir a reabilitação dessas áreas, a Norma Brasileira de número 13030, estabelece diretrizes para serem cumpridas quanto aos procedimentos de reestruturação de ambientes degradados.

“A Norma Brasileira NBR de número 13030 especifica para a mineração, tem como objetivo fixar diretrizes para elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pelas atividades de mineração, visando a obtenção de subsídios técnicos que possibilitem a manutenção e/ou melhoria da qualidade ambiental, independente da fase de instalação do projeto”. (SANTOS, 2017, p. 19).

“A redução da cobertura vegetal resulta em erosão do solo” (SANTOS, 2017). Para tanto, essa redução contribui para o enfraquecimento do solo causando assim a erosão, e tais consequências dificultará ainda mais o processo de reestruturação do solo. O processo de erosão é tanto, quanto, prejudicial para um solo, pois as estruturas físicas e químicas presentes no solo, são modificadas de forma bruscas.

“Por esse processo, ocorre a mobilização e transporte de partículas do solo, causando principalmente perdas das frações de partículas finas e menos densas, incluindo partículas de húmus e argila, ambas importantes transportadoras de nutrientes do solo e agentes estabilizadores para propriedades físicas dos solos”. (SANTOS, 2017).

O processo de erosão, conseqüentemente danifica o solo, o espaço e a paisagem de determinada região, além do mais, as condições de reestruturação daquele solo ficarão

inviável a uma nova vegetação, pois os nutrientes úteis à formação dos vegetais, são destruídos, o que necessitará de um estudo e técnicas para compor uma nova forma de revegetar a área degradada.

“A maior exposição do solo a erosão facilita o arrasto de sedimentos até atingirem os corpos d’água através de canais laterais, afetando a qualidade dos recursos hídricos; os solos são contaminados; parte ou total da flora e fauna se perde; e o ar fica poluído”. (SANTOS, 2017). “Por estas razões, a cobertura vegetal tem um papel fundamental e é considerado como um indicador desejável da qualidade ambiental” (SANTOS, 2017). “Acima de tudo, a recuperação de áreas degradadas encontra respaldo na Constituição Federal” (BRASIL, 1988), em seu art. 225: que diz: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Aos poucos foram surgindo discussões acerca do desenvolvimento de novas ferramentas e o aprimoramento de novas tecnologias, como fontes alternativas para a recuperação de áreas degradadas. Sabe-se que a degradação ou deterioração do meio ambiente fomentado pela mineração é um dos assuntos mais debatidos em reuniões de conferências mundiais, sendo assim expressa na Constituição Federal (BRASIL, 1988), “a reparação de quaisquer danos causados ao meio ambiente por atividades de exploração mineral”. O motivo desse despertar e interesse é sem dúvidas as manifestações da natureza devido os impactos causados a ela.

A vida em um ecossistema (é a interação de comunidade biótica e comunidade abiótica) é considerada um todo perfeito em sua forma natural, mas quando a ação humana começa a interferir de forma desordenada nesses ambientes, a destruição deixa forte marcas, então a natureza por meio de suas reações naturais, solicita de forma urgente uma ação sustentável para frear os impactos. Com esse intuito de sustentabilidade, a busca por recuperação de áreas degradadas, se faz necessário, além do mais com auxílio de tecnologias e equipamentos.

A finalidade da recuperação de áreas degradadas é fornecer ao meio ambiente degradado condições favoráveis de vida, reestruturando-o, pois não tem como se reconstruir por si só, ou seja, suas condições físicas, químicas e biológicas não conseguem estabelecer relações com a área destruída.

“Recuperação significa que o sitio degradado será retornado a uma forma e utilização de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança. Significa, também, que o sitio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem”. (MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DO IBAMA, 1990)

Nos documentos das autoridades ambientais, a recuperação do solo degradado, requer que o ambiente tenha condições suficientes e mínimas para se desenvolver, para tanto as empresas que degradam o meio ambiente por meio de suas atividades devem se adequar as condições prescritas pelos documentos oficiais dos órgãos ambientais, que solicitam um ambiente equilibrado, dinâmico e que tenha uma nova paisagem.

A revegetação dos solos dessas áreas, com a finalidade de recompor suas características químicas, físicas e biológicas a um nível mínimo que permita o desenvolvimento de espécies vegetais e atividade microbiana, tão importante no estabelecimento e sucessão da microbiota, constitui-se numa pratica muito recomendada. (MENDES FILHO, 2004)

Portanto o uso de ferramentas tecnológicas é essencial para a reestruturação desses lugares que sofreram com a degradação e a atividade mais recomendada, tem sido o processo de revegetação. “A recuperação de áreas degradadas pela mineração normalmente envolve atividades que têm o objetivo de restabelecer a vegetação” (MOURA., 2015). Na legislação federal é expresso que a recuperação de áreas degradadas é o “retorno do sitio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente” (Decreto Federal 97. 632/89). Todos os empreendimentos que se destinam a exploração de recursos minerais, deverão apresentar aos órgãos de meio ambiente competentes, um plano de recuperação das áreas que sejam atingidas pelas atividades mineradoras.

### **3.3. Microrganismos na recuperação de áreas degradadas**

Há muito tempo já se estuda a possibilidade de se utilizar microrganismos na recuperação de áreas que sofreram com a destruição, devido atividades de mineração,

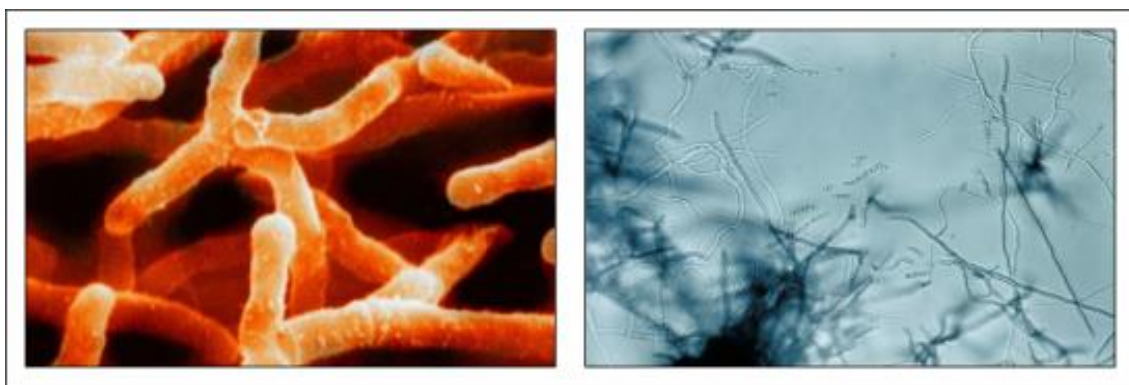


desmatamentos e poluição em suas várias formas, tudo isso presentes em um ecossistema. Os microrganismos presentes nos solos, como bactérias e fungos são responsáveis por diversas transformações químicas, físicas e biológicas, estudos comprovam que algumas espécies desses microrganismos interagem de forma simbiótica com plantas e outros seres, tais relações produzem benefícios para ambos.

### 3.3.1 Actinomicetos e a atuação com plantas

Os Actinomicetos ou Actinobactérias do grego “*Aktis*” (Traços) e “*Mykes*” (Fungos), são um filo de bactérias gram-positivas, aeróbicos, com elevado teor genético de guanina e citosina, constituídas por micélios e estruturas filamentosas e ramificadas, formadoras de esporos, assemelhando-se a fungos. Esses microrganismos colonizam vários ecossistemas, entre eles: água, produtos de gêneros alimentícios, pedras, vegetais e animais, sendo seu principal habitat, o solo. “Actinomicetos são capazes de habitar a rizosfera de plantas, podendo assim ser consideradas como rizobactérias”. (CARRER FILHO *et al.*, 2009). “Há alguns trabalhos em que essas bactérias são utilizadas como agentes de biocontrole de doenças de plantas”. (CARRER FILHO *et al.*, 2009).

Figura 1 - Aspecto de um actinomiceto em microscopia óptica. *Actinomyces*: Esquerda: *Actinomyces israelii* colorido, direita: *Streptomyces sp.*



Fonte: Culturaedafica. Agrologia, disponível em: <https://agrologia.wordpress.com/2015/10/26/actinomicetos/> acesso em 09 de fevereiro de 2022.

Essas bactérias por terem um grande potencial biológico e uma elevada atividade enzimática, contribuindo para a degradação de matéria orgânica e decomposição de proteínas e carboidratos. Após a semeadura, o microrganismo necessita estabelecer-se e

competir com outros organismos existentes no solo, além de ter que se adaptar a uma nova condição ambiental (CARRER FILHO *et al.*, 2009), por isso tem despertado a curiosidade de muitos cientistas ao serem estudadas.

Por outro lado, sabe-se que associação desses microrganismos a outros de espécies diferentes, favorece benefícios satisfatórios aos vegetais que vivem em lugares rudes de captação de nutrientes favoráveis ao seu desenvolvimento.

### **3.3.2 Bactérias micorriza helper**

As micorrizas helper, são um grupo de bactérias que ajuda ou auxilia os fungos micorrizos a se fixar de maneira eficiente nas raízes das plantas com o intuito de adaptar a mesma para receber nutrientes em solos de pouca fertilidade. Hoje já se utiliza diversos microrganismos para inibir o crescimento de grãos e vegetais em áreas inférteis. “Dentre os microrganismos benéficos, as rizobactérias, assim denominadas por colonizarem agressivamente o sistema radicular, merecem destaque”. “Essas bactérias podem ser simbioses ou saprófitas de vida livre e vários trabalhos relatam o aumento no crescimento de plantas” (MELO; AZEVEDO, 1998).

### **3.3.3 Linhagens bacterianas**

Em laboratórios são selecionadas as linhagens de bactérias mais eficientes, e são produzidas mudas de árvores associadas a essas bactérias. As mudas são plantadas em viveiros e depois nas áreas degradadas. “Os fungos micorrizas, que vivem no solo, também são utilizados e eles contribuem no aumento da capacidade de absorção do fósforo e da água, e dão maior resistência as plantas”. (SILVA, 2016). As linhagens bacterianas mais eficientes, foram selecionadas no laboratório da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA, sendo assim, após um período de análises e manuseio das bactérias isoladas, foram dispostas no experimento na casa de vegetação da instituição pública.

### **3.3.4 Fungos micorrízicos arbusculares**

Os fungos micorrizos arbusculares, são espécies de microrganismos mutualísticos e simbióticos, que penetra as células corticais das raízes de uma planta vascular, oferecendo

ao vegetal benefício por sua associação, essa espécie de fungo decompõem a matéria orgânica em inorgânica que servirá de nutriente as plantas, enquanto o vegetal fornece aminoácidos e outros nutrientes ao fungo. Apresentam características únicas, possuindo em sua estrutura, formações de: arbúsculos e vesículas, onde essas estruturas são responsáveis por auxiliar as raízes dos vegetais a capturarem nutrientes dos solos em que ela está fixada, favorecendo assim o desenvolvimento das plantas.

A utilização destes microrganismos vem sendo fundamental para o processo de adaptação e crescimento de vegetais, em solos pobres de nutrientes. “Fungos micorrízicos arbusculares e rizobactérias promotoras do crescimento de plantas constituem uma componente chave da população microbiana do solo” (NANJUNDAPPA et al, 2019). “Fungos micorrízicos arbusculares formam associação simbiótica com a maioria das plantas cultivadas e ajudam as plantas na nutrição de fósforo e protegendo-as contra estresses bióticos e abióticos” (NANJUNDAPPA *et al.*, 2019).

Ao que se sabe, as micorrizas são associações benéficas que em sua contribuição exerce importante influencia na manutenção de áreas florestais, contribuindo com a absorção de nutrientes essenciais as plantas e recebendo dos vegetais nutrição adequada para o desenvolvimento do fungo. “Nesse contexto, os microrganismos simbióticos, tais como os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), exercem papel fundamental na manutenção dos sistemas florestais, podendo auxiliar na absorção dos nutrientes do solo e influenciar diretamente no crescimento das plantas” (SUGAI *et al.*, 2011). “Dos diferentes microrganismos que colonizam a rizosfera, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são únicos porque estão parcialmente dentro da raiz e parcialmente fora da raiz, influenciando assim outros microrganismos no solo e também no crescimento das plantas”. (NANJUNDAPPA et al., 2019).

Figura 2 - Bactéria Actinomicetos e fungo Micorrizico



Fonte: **JARDIMDATATY** disponível em: <https://www.jardimdataty.com.br/MLB-1626382542-em-micro-organismos-eficazes-eficientes-micorrizas-500-ml- JM>.

O aumento de áreas desmatadas de florestas brasileiras, traz consigo serias consequências ecológicas e ambientais, tendo em vista também, ameaças as nascentes dos rios, solos frágeis por conta da retirada de seus nutrientes, o que dificulta o processo de regeneração do mesmo. Após um processo de degradação ambiental, parte da área afetada, sofre um desequilíbrio regenerativo, tendo dificuldades para retornar ao seu estado natural por si só. Outra situação difícil é que muitas espécies existentes anteriormente, encontra obstáculos para readaptarem a aquela mudança brusca. E é nesse contexto que os fungos micorrizos arbusculares vem sendo o alvo de estudos para ajudar os vegetais a se reestabelecer em áreas inóspitas, causadas pela degradação ambiental. “Os microrganismos do solo desempenham um papel importante no aumento da fertilidade do solo e da saúde das plantas”. (NANJUNDAPPA et al., 2019).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

Para a elaboração do trabalho, com o experimento em casa de vegetação foi realizado a coleta de um solo já conhecido e rico em fungos micorrizos arbusculares do gênero *Glomus*. A determinada área, localizada no do campus 2 da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA, em Marabá, serviu de canteiros de exposição para aulas práticas do curso de Agronomia em anos anteriores. Durante outra etapa do processo, amostras de solo superficial foram colhidas e levadas para análises quanto a presença de esporos dos fungos no laboratório da Universidade Estadual do Pará – UEPA, em Marabá. Para verificar a quantidade de esporos de fungos micorrizicos arbusculares por ml de solo existentes na área de onde foi colhido o solo, usamos o método do “peneiramento úmido” (GERDEMANN e NICOLSON, 1963) seguido de contagem em placas de Petri através de microscópio estereoscópico.

Figura 3 - Coleta de solo rico em fungos micorrizicos arbusculares



Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

Confirmada a presença e conferida a quantidade dos esporos, em um determinado dia uma dupla de discente e mais um docente, recolheram uma quantidade maior desse solo em baldes, como mostra a Figura 3, e conduziram à casa de vegetação onde foi peneirado e adicionado areia lavada, utilizando tubetes de plástico depois de lavados com água, sabão e solução de hipoclorito de sódio, dividiu-se os mesmos em dois blocos, um bloco semeou-se feijão e no outro semeou se milho. No entanto, as sementes germinavam nos tubetes enquanto as bactérias actinomicetos estavam sendo cultivadas no laboratório de biologia do curso de Ciências Naturais, para compor assim o inoculo que as plantas iriam receber.

Após esses procedimentos, iniciou-se a montagem do experimento na casa de vegetação. A partir da medição de tensão de corrente elétrica em uma tomada, na casa de vegetação, confirmado a normalidade de energia, principiou o sistema de irrigação automatizado. Foram utilizados os seguintes materiais: fios condutores de energia de 2,5mm, um aparelho timer, válvula, pedaço de mangueira de  $\frac{3}{4}$ , 15 metros de mangueira de nível, fita isolante, arame, tomada, torneira, todos esses foram fundamentais para a irrigação do sistema. Ao nascer as plantas, foram eliminadas as maiores e as menores para que o experimento fosse instalado com plantas homogêneas.

Os tubetes foram etiquetados conforme os tratamentos que as plantas receberiam e dispostos de forma a evitar que respingos de um grupo levassem bactérias a outro grupo.



No dia combinado (sete dias após a semeadura) cada planta recebeu 3 ml da suspensão de actinomicetos correspondente a 100 milhões de bactérias vivas.

Figura 4 - Plântulas de feijão e milho



Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

Depois de alguns dias principiou a medição das plantas quanto a sua altura, e isso se repetia a cada 5 dias subsequente.

Ao completar 50 dias, as plantas foram sacrificadas, para que tanto a parte aérea, quanto o sistema radicular pudesse ser pesado. E esse processo aconteceu com a desmontagem do sistema automatizado de irrigação, posteriormente cada tubete com o sistema radicular das plantas foi submetido a uma lavagem cuidadosa, separando a sujeira que estava nas raízes das plantas, ficando assim apenas as raízes para serem pesadas.

Figura 5 - Preparação das raízes das plantas de feijão e milho para secagem e pesagem



Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

Assim que concluiu a lavagem das raízes, com auxílio de papel toalha foram colocadas para secar, as raízes e direcionadas a sacos de papel para o processo de secagem que teve uma durabilidade de (consultar os dias/horas de secagem).

### 4.3 Equipamento em casa de vegetação

O presente trabalho utilizou diversas ferramentas que auxiliaram todo o processo de experimento na casa de vegetação, localizada no campus 2 da UNIFESSPA em Marabá. Dentre os materiais tinham: tubetes de plásticos, suporte em grades para colocar os tubetes, tomada energizada com voltagem de 110 volts, torneira encanada com água, baldes que foram usados para coletar amostras do solo, enxadas e cavador, ferramentas essenciais para as escavações do local de retirada do solo. Além do mais o espaço da casa de vegetação, propiciou toda a vantagem para que o experimento se desenvolvesse de forma eficaz.

Figura 6 - Vista da irrigação automatizada na casa de vegetação



Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

## 4.2 Inoculação das bactérias

Esta parte do trabalho havia sido testada antes, é preciso se saber “quantas” bactérias cada planta vai receber. A equipe que isolou as bactérias do solo de áreas degradadas fez uma estimativa de quantas bactérias de cada tipo selecionado há em média em uma placa de petri tomada pelo crescimento. No dia de “inocular” as bactérias nas plantas, placas de petri tomadas pelo crescimento destas tiveram o meio de cultivo removido e diluído em frascos com solução fisiológica na proporção para que 1 mL de solução contivesse  $10^9$  bactérias. Assim cada planta recebeu 3 mL de solução que deveriam conter 3000.000.000 de células bacterianas.

Figura 7- Frascos com as inoculações contendo bactérias





Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

#### 4.4 Registro do crescimento

O crescimento das plantas foi acompanhado em (cm), transformando os valores encontrados em (mm). A partir da medição usando uma régua graduada, a cada 5 dias, media-se do colo até a meristema apical da parte superior da planta. Com uma tabela feita no Microsoft. Word, anotava-se os números encontrados e já transformados. Todo esse processo, durou cerca de 90 (dias), era realizado nas plantas de milho e feijão, ambas do experimento.

#### 4.5 Colheita das plantas

Ao final da colheita, transcorridos os dias do experimento, as plantas tiveram que ser sacrificadas, separando a parte inferior (do colo a raízes), e a superior (do colo até a meristema apical), assim realizado essa fração, a parte superior

Figura 8 - Plantas de feijão e milho, sendo colhidas e colocadas em sacos de papel



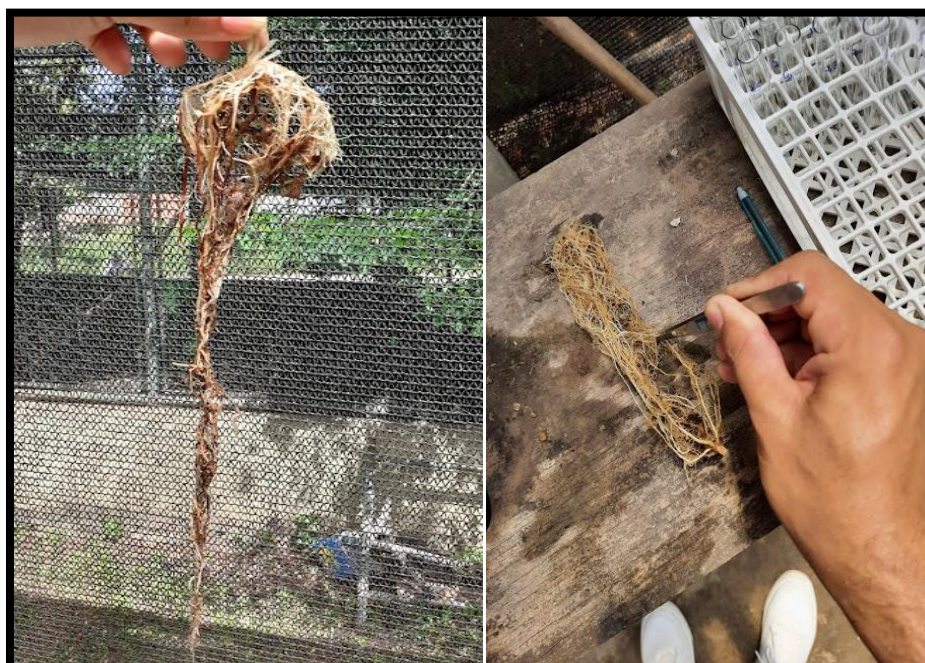
Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

Figura 9 - Parte superior das plantas de feijão e milho, que foram colocadas dentro de sacos de papel.



Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

Figura 10 - Raízes, após o processo de lavagem.



Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

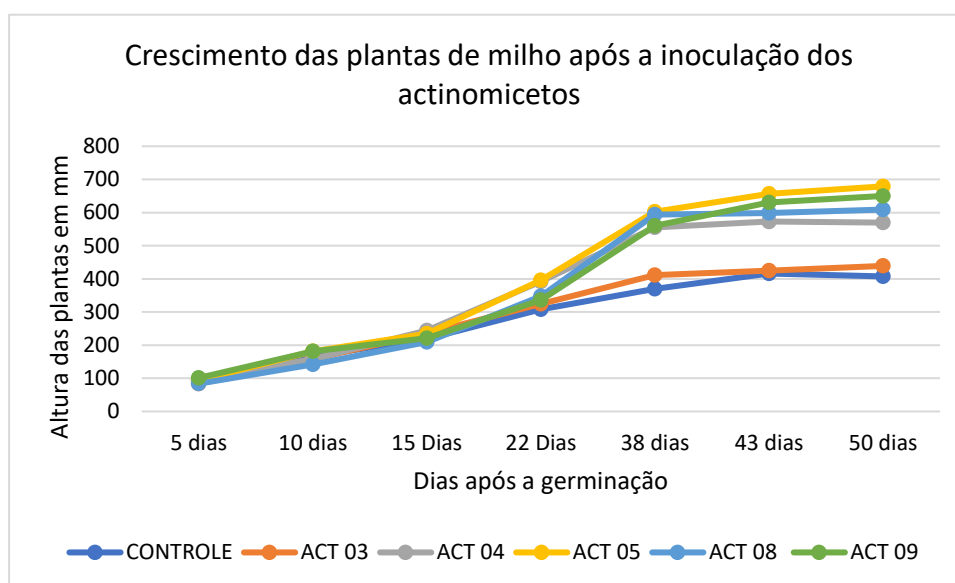
## 5 RESULTADOS

Para facilitar a interpretação dos dados, vamos separar as informações obtidas com as plantas de milho e feijão. Ao final discutimos os dados.

### 5.3 Plantas monocotiledôneas – milho.

Medindo-se as plantas de milho aproximadamente a cada cinco dias, foi possível se calcular a média da altura das cinco plantas de cada tratamento nessas datas e plotar esses valores no gráfico de linhas da Figura 11.

Figura 11 - Gráfico da dinâmica de crescimento em altura das plântulas de milho.

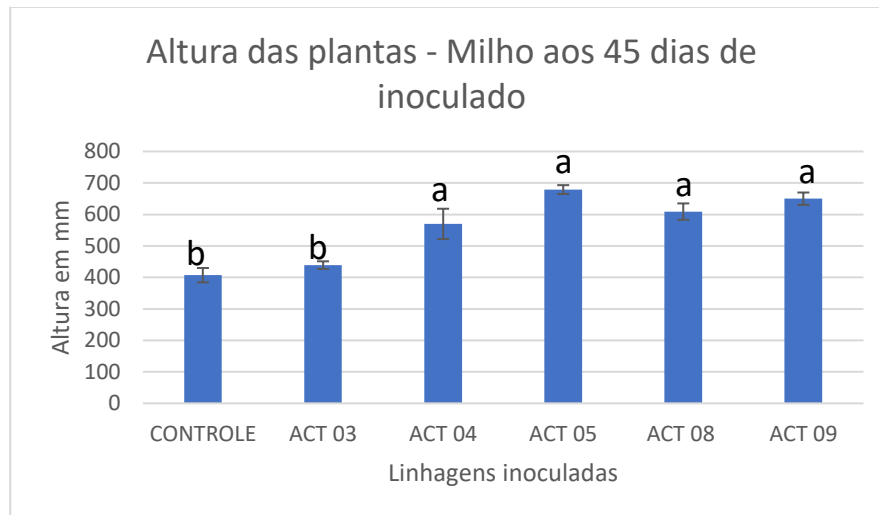


Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

Percebe-se no gráfico que todas as plantas apresentam o mesmo ritmo de crescimento até o vigésimo segundo dia após a inoculação dos actinomicetos. A partir desse dia formam-se dois grupos, com as plantas controle e aquelas que receberam a bactéria actinomiceto 03 ficando menores que aquelas que receberam os actinomicetos 04, 05, 08 e 09. Podemos inferir já a partir deste gráfico que essas quatro bactérias apresentam algum efeito sobre o crescimento em altura das plantas de milho, podendo este efeito estar

relacionado a um auxílio destas bactérias aos fungos micorrízicos do solo, ou não. No último dia de medição as plantas foram cortadas e secas em estufa para a pesagem. Sobre as médias das alturas das plantas de milho nesse dia (Figura 11), foi possível aplicar um teste estatístico, a análise de variância que apontou o quanto as diferenças entre as médias de altura eram significativas ou casuais.

Figura 12 - Altura média das plantas de milho aos 45 dias a inoculação dos actinomicetos.



One-way ANOVA

Repeated measures

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	314030	5	62806	17,82	2,181E-07
Within groups:	84590	24	3524,58		
Total:	398620	29			
omega*2:	0,7371				

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,2041  
Based on medians: p(same) = 0,2727

Welch F test in the case of unequal variances: F=38,64, df=10,97, p=1,327E-06

Residuals

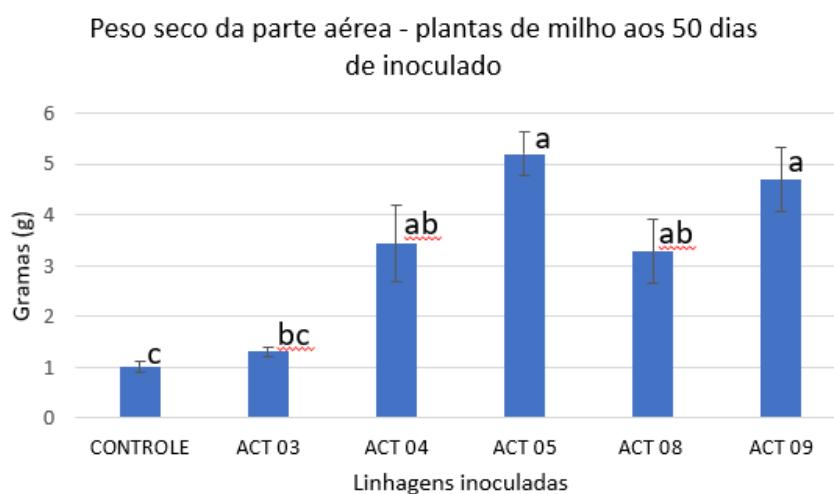
Tukey's pairwise comparisons:  
Q (p(same))

	A	B	C	D	E	F
A		0,9542	0,002798	0,000139	0,0003275	0,0001473
B	1,205		0,02075	0,0001497	0,001814	0,0002355
C	5,139	4,934		0,07458	0,9001	0,3059
D	10,24	9,039	4,105		0,4467	0,9697
E	7,608	6,403	1,489	2,637		0,8798
F	9,152	7,947	3,013	1,092	1,544	

Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

Confirmando os dados apresentados no gráfico da Figura 12, as plantas de milho que receberam os actinomicetos 04, 05, 08 e 09, apresentaram maior altura no dia da colheita para análises (45 dias após a inoculação das bactérias). Estas plantas, depois de secas em estufa, foram pesadas em balança de precisão e as massas obtidas também foram submetidas à análise de variância (Figura 13).

Figura 13 - Massa seca das plantas de milho após 45 dias de inoculação das bactérias.



One-way ANOVA

Repeated measures

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	73,6077	5	14,7215	11,4	1,028E-05
Within groups:	30,9908	24	1,29128		
Total:	104,598	29			
omega <sup>2</sup> :	0,6342				

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,02186  
Based on medians: p(same) = 0,1769

Welch F test in the case of unequal variances: F=22,3, df=10,48, p=2,884E-05

Residuals

Tukey's pairwise comparisons:  
Q \ p(same)

	A	B	C	D	E	F
A		0,9979	0,02583	0,0001904	0,04286	0,000483
B	0,61		0,06612	0,0003098	0,1052	0,001189
C	4,797	4,187		0,177	0,9999	0,5125
D	8,273	7,662	3,475		0,1154	0,9797
E	4,475	3,865	0,3227	3,798		0,3813
F	7,277	6,667	2,479	0,9957	2,802	

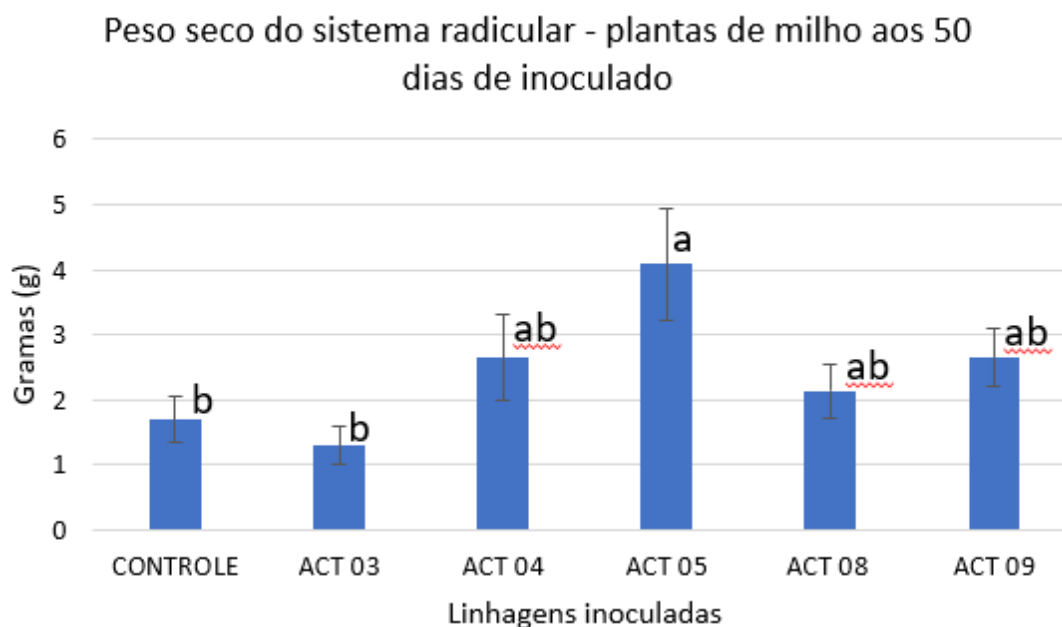
Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

O peso seco da parte aérea é o dado que nos mostra o que a planta conseguiu fixar de carbono da atmosfera e absorver de nutrientes do solo. Essa massa, isenta de água, é a matéria acumulada da planta. As letras acima das colunas de médias da figura 13

representam o teste de Tukey, feito através do programa de estatística PAST e mostram que ACT05 e ACT09 proporcionaram maior conteúdo de matéria acumulada nas plantas. Podendo isso se refletir em maior colheita no caso de uma produção agrícola, ou, maior sucesso no caso de uma restauração ambiental, plantas mais fortes têm maiores chances de sobreviver.

Assim como a massa da parte aérea, a massa do sistema radicular das plantas também foi analisada (Figura 14)

Figura 14 – Gráfico de colunas comparando a massa seca do sistema radicular das plantas de milho colhidas após 50 dias de inoculação das bactérias.



One-way ANOVA

Repeated measures

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	23,8418	5	4,76837	3,302	0,02074
Within groups:	34,6535	24	1,4439		
Total:	58,4953	29			
omega*2:	0,2773				

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,1244  
Based on medians: p(same) = 0,2726

Welch F test in the case of unequal variances: F=2,524, df=11,04, p=0,09301

Residuals

Tukey's pairwise comparisons:  
Q \ p(same)

	A	B	C	D	E	F
A		0,9948	0,8044	0,0437	0,9917	0,8044
B	0,7366		0,4975	0,01348	0,8772	0,4975
C	1,778	2,515		0,4274	0,9826	1
D	4,462	5,199	2,684		0,1419	0,4274
E	0,8171	1,554	0,961	3,645		0,9826
F	1,778	2,515	8,264E-16	2,684	0,961	

Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

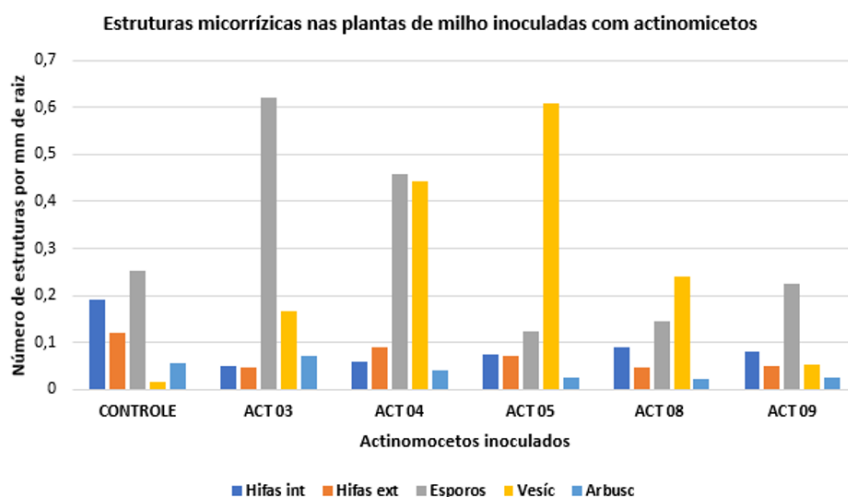
A massa seca do sistema radicular nos mostra o quanto as raízes das plantas cresceram mesmo apertadas dentro de um tubete de plástico. Na natureza ou na agricultura, raízes longas significam maior exploração do solo e, portanto, maior capacidade de absorção de água e nutrientes. As letras fornecidas pelo teste de Tukey nos mostram que as plantas que receberam a bactéria ACT05 foram as que tiveram o maior desenvolvimento do sistema radicular.

Uma pequena alíquota do sistema radicular de cada planta foi separada e preparada para microscopia de fungos micorrízicos. Nesta técnica é possível se visualizar dentro das raízes as estruturas típicas do fungo micorrizo arbuscular que são as hifas, internas e externas às raízes, os esporos que são as estruturas de reprodução do fungo, as vesículas, estruturas de reserva de açúcares e lipídeos e os arbúsculos, que dão nome aos fungos micorrízicos arbusculares, essas estruturas são como “tomadas” que se ligam à membrana plasmática da célula da raiz e por ali acontecem trocas de substâncias. A planta alimenta o fungo com os açúcares provenientes da fotossíntese e o fungo alimenta a planta com água e minerais que ele, com suas hifas longas, busca no solo, ampliando a área de nutrição da planta.

O gráfico da Figura 15 mostra o número destas estruturas em 1 milímetro de raiz das plantas de milho do grupo controle e das plantas dos grupos que receberam os cinco diferentes actinomicetos.

Figura 15 - Número de estruturas micorrízicas por milímetro de raiz de milho colhidas aos 50 dias após a inoculação de actinomicetos.





Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

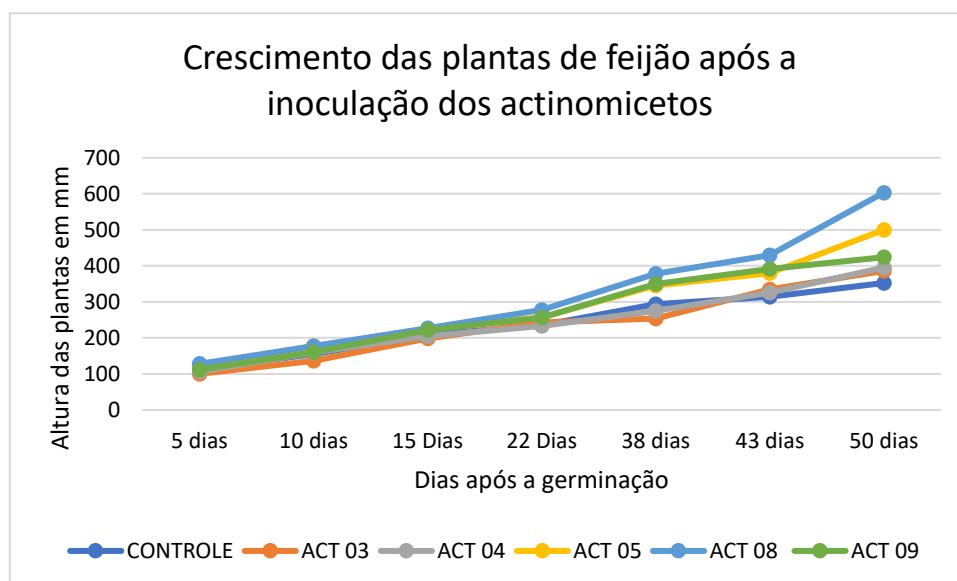
Alguns trabalhos sugerem que o número elevado de esporos no solo ou dentro das raízes, indica que as condições onde a planta e o fungo micorrizo estão vivendo não estão bem. Em áreas de floresta ou agricultura sob estresse o fungo micorrizo investe a energia disponível em produzir esporos, como que numa tentativa de assegurar a sobrevivência da espécie caso o sistema colapse, afinal, os esporos permanecem viáveis no ambiente sob seca, calor ou frio por muitos meses. Já as vesículas, bolhas cheias de açúcar e óleo, são produzidas quando tudo está indo bem, uma forma de armazenar alimento para tempos difíceis ou processos que requerem mais energia. Analisando o gráfico da Figura 15, nas plantas de milho inoculadas com o actinomiceto número 3, o número de esporos observado nas raízes é bastante elevado, sugerindo que dentro daqueles tubetes a situação está tensa. Já nas plantas inoculadas com o actinomiceto número 5 a estrutura micorrízica mais abundante são as vesículas, indicando que ali a planta e o fungo micorrizo estão tendo algum nível de conforto.

#### 5.4 Plantas dicotiledôneas - feijão

Igualmente com as plantas de milho, da figura 7, medindo-se as plantas de feijão aproximadamente a cada cinco dias, foi possível calcular a média correspondente à altura das plantas nessas datas e plotar esses valores no gráfico de linhas da Figura 16.

Figura 16 - Gráfico da dinâmica de crescimento em altura das plântulas de feijão.

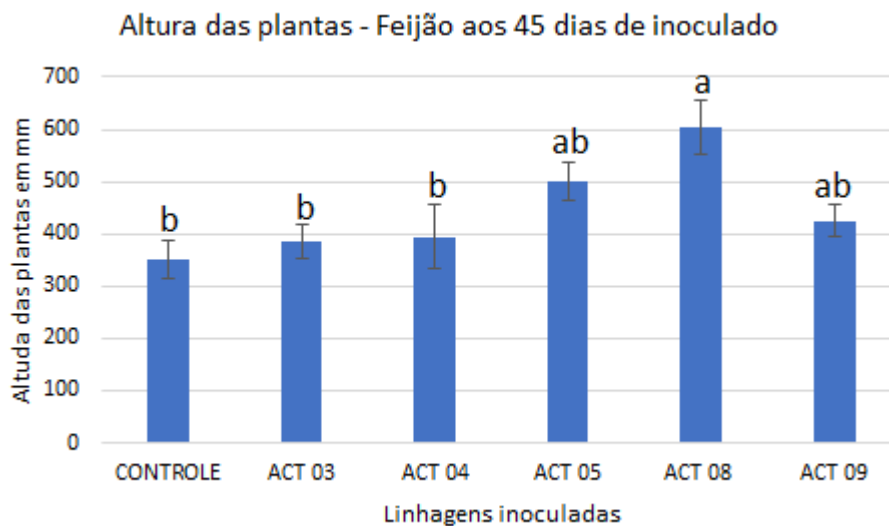




Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

Percebe-se no gráfico que todas as plantas apresentam o mesmo ritmo de crescimento até o 22º dia após a inoculação dos actinomicetos. A partir desse dia, ao se medir as plantas no 33º dia, inicia-se uma separação de dois grupos, onde as plantas que receberam as bactérias ACT03, ACT04 e o GRUPO CONTROLE, mantém um crescimento lento e as plantas que receberam as bactérias ACT05, ACT08 e ACT09 passam a crescer mais rápido. A partir da análise do gráfico é notável que ao final dos 50 dias de germinação as bactérias ACT05 e com destaque para a ACT08, apresentaram melhor desenvolvimento para as plantas que receberam a inoculação. A última medida de altura das plantas, antes da colheita, foi realizada aos 45 dias e, também com as plantas de feijão foi realizado a análise de variância, com o teste de Tukey apontando diferenças significativas e não significativas entre as médias (Figura 17).

Figura 17- Gráfico de colunas comparando a altura das plantas de feijão no último dia da medição.



One-way ANOVA

Repeated measures

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	214852	5	42970,4	4,751	0,0037
Within groups:	217055	24	9043,97		
Total:	431907	29			
omega*2:	0,3847				

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,5187  
Based on medians: p(same) = 0,8184

Welch F test in the case of unequal variances: F=3,546, df=11,13, p=0,03684

Residuals

Tukey's pairwise comparisons:  
Q \ p(same)

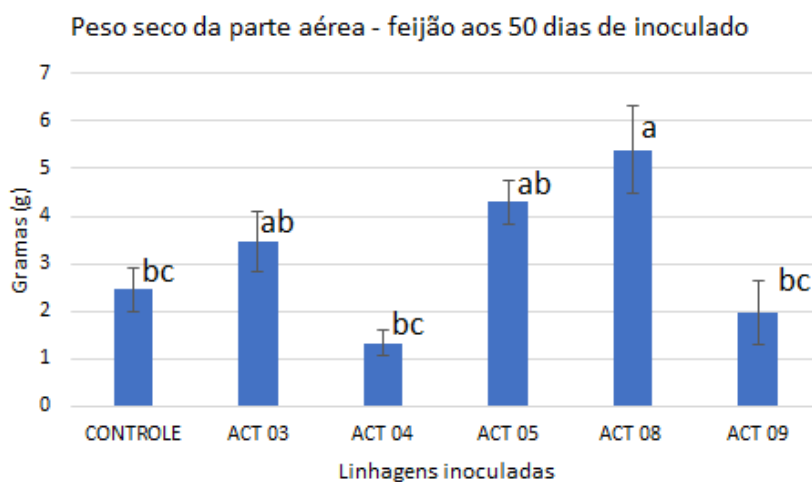
	A	B	C	D	E	F
A		0,9929	0,9791	0,178	0,004236	0,8371
B	0,79		1	0,4289	0,01578	0,9875
C	1,002	0,2116		0,517	0,02225	0,9964
D	3,47	2,68	2,469		0,5372	0,8012
E	5,892	5,102	4,891	2,422		0,06406
F	1,684	0,8935	0,6819	1,787	4,209	

Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

Apesar de não ser significativa a diferença entre as médias de altura das plantas que receberam os actinomicetos 05, 08 e 09, (todos têm a letra a), as plantas inoculadas com ACT08 estão cerca de 10 centímetros maiores que as inoculadas com ACT05 e 25 centímetros maiores que as plantas do grupo controle.

A massa seca da parte aérea das plantas, conforme comentado para as plantas de milho, representa a eficiência da planta em fixar carbono da atmosfera e absorver nutrientes do solo, reflete-se em uma boa colheita em caso de plantas agrícolas ou em sucesso ecológico em plantas silvestres. Na Figura 18, a massa seca da parte aérea das plantas de feijão, submetidas à análise de variância mostram vantagens e desvantagens de alguns grupos em relação ao grupo controle.

Figura 18 - Massa seca das plantas de feijão após os 50 dias de inoculação das bactérias.



One-way ANOVA

Repeated measures

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	214852	5	42970,4	4,751	0,0037
Within groups:	217055	24	9043,97		
Total:	431907	29			
omega*2:	0,3847				

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,5187  
Based on medians: p(same) = 0,8184

Welch F test in the case of unequal variances: F=3,546, df=11,13, p=0,03684

Residuals

Tukey's pairwise comparisons:  
Q \ p(same)

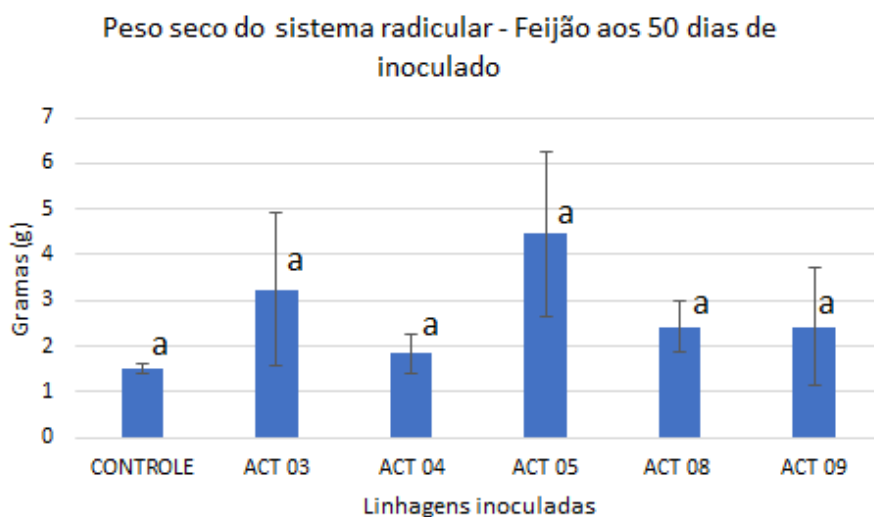
	A	B	C	D	E	F
A		0,9929	0,9791	0,178	0,004236	0,8371
B	0,79		1	0,4289	0,01578	0,9875
C	1,002	0,2116		0,517	0,02225	0,9964
D	3,47	2,68	2,469		0,5372	0,8012
E	5,892	5,102	4,891	2,422		0,06406
F	1,684	0,8935	0,6819	1,787	4,209	

Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

As plantas do grupo inoculado com os actinomicetos 04 e 09, apresentaram menor massa seca que as plantas do grupo controle, enquanto as inoculadas com 03, 05 e 08 tiveram massas maiores que o grupo controle, com a maior média sendo observada no grupo que

recebeu ACT08. Considerando a massa das raízes, e, conseqüentemente a capacidade de exploração do solo pelas plantas (Figura 19), a análise de variância não mostrou diferenças significativas entre as médias, porém, as plantas inoculadas com os actinomicetos 03 e 05 apresentaram maiores médias de massa seca de raízes.

Figura 19 - Massa seca das raízes de feijão após os 50 dias de inoculação das bactérias.



One-way ANOVA

Repeated measures

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	28,662	5	5,73239	0,8426	0,5329
Within groups:	163,278	24	6,80324		
Total:	191,94	29			
omega*2:	-0,02694				

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,0993  
Based on medians: p(same) = 0,4282

Welch F test in the case of unequal variances: F=1,116, df=9,629, p=0,4129

Residuals

Tukey's pairwise comparisons:  
Q \ p(same)

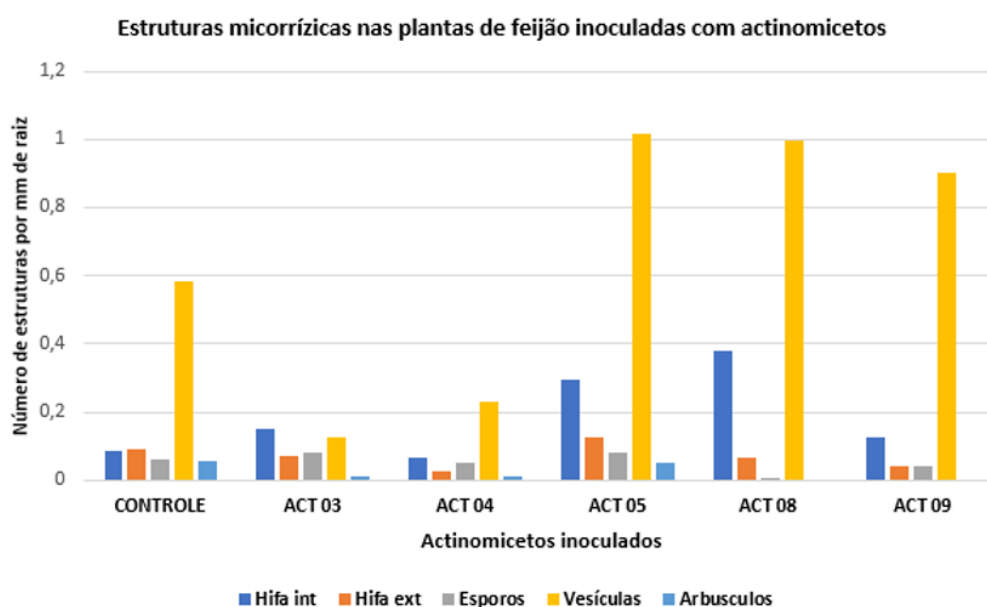
	A	B	C	D	E	F
A		0,8937	0,9999	0,4869	0,9931	0,9929
B	1,494		0,9538	0,9748	0,9957	0,9958
C	0,2859	1,208		0,6103	0,9992	0,9992
D	2,54	1,046	2,254		0,8125	0,8145
E	0,7844	0,7093	0,4985	1,755		1
F	0,7899	0,7038	0,504	1,75	0,005498	

Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrizicos arbusculares.

Analizando a presença de estruturas típicas de micorizas arbusculares nas raízes de feijão (Figura 20), e considerando os comentários sobre como cada estrutura pode indicar

estresse ou conforto do sistema solo – planta – microrganismos, mesmo no grupo controle, foi observado um grande número de vesículas nas raízes, mostrando que as plantas não passaram tanto estresse quanto as de milho. Este fato pode estar relacionado ao feijão ser uma planta leguminosa e que atrai para suas raízes bactérias do gênero *Rizobium* que fixam nitrogênio atmosférico e alimentam todo o sistema.

Figura 20 - Número de estruturas micorrízicas por milímetros de raiz de feijão colhidas aos 50 dias após a inoculação de actinomicetos.



Fonte: SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos micorrízicos arbusculares.

Ainda assim, nos grupos que receberam os actinomicetos 03 e 04 o número de vesículas nas raízes foi reduzido. E os grupos em que as plantas apresentaram mais vesículas nas raízes foram aqueles onde foram inoculados ACT05, ACT08 e ACT09.

## 6 CONCLUSÕES

O processo de exploração mineral, é um segmento que enorme desenvolvimento social à região onde está instalado, com empregos, aporte de tecnologias e intercambio de profissões e culturas. Empresas desse ramo, porém têm a missão de restaurar as áreas de onde se extrai o minério, por onde ele é transportado e processado e onde se depositam

as frações não utilizadas. Neste desafio, oportunidades como esta, de se estudar e desenvolver tecnologias podem surgir.

A vantagem de se fazer um trabalho experimental como Trabalho de Conclusão de Curso é a necessidade de se vivenciar situações que nem sempre são relatadas em um trabalho teórico. Neste caso, analisar o solo quanto á presença de fungos micorrízicos, entendendo a dinâmica e a importância destes organismos para as plantas e os ecossistemas e os utilizando como os instrumentos de avaliação ambiental, junto a um grupo de bactérias. A estratégia adotada, de cultivar plantas em uma casa de vegetação para receber microrganismos apresentando reações a estes, as necessidades por detrás deste experimento como o preparo de tubetes, sistema de irrigação e as medições e pesagens das plantas. Enfim, tudo contribuiu suficientemente para colocar em prática vários conhecimentos do curso de ciências naturais com o objetivo de se investigar a possibilidade de uso de algumas bactérias, oriundas de outros trabalhos ambientais, servirem como ferramentas de restauração de ambientes degradados.

Analisando os dados colhidos das plantas, tanto de milho quanto de feijão, dois actinomicetos proporcionaram os maiores parâmetros analisados. ACT05, maior altura da parte aérea, maior peso da parte aérea, maior peso de raiz e maior número de vesículas em plantas de milho. ACT08, maior altura das plantas, maior peso da parte aérea em plantas de feijão. ACT05 novamente, maior peso de raiz e, 05 e 08 praticamente iguais em aumento no número de vesículas de fungos micorrízicos nas raízes de feijão. Portanto, analisando a possibilidade de estas bactérias virem a ser consideradas “micorriza helper” e poder compor um biofertilizante para auxiliar plantas em áreas degradadas.

Concluimos que algumas bactérias sim, outras não. Visto que algumas trouxeram prejuízos ao crescimento das plantas. Mas, considerando o desempenho das plantas que receberam ACT05 e ACT08. Inferimos que o ensino de ciências com ênfase na educação ambiental é a premissa para construir ações sustentáveis que auxiliarão os processos de restauração ambiental, além do mais duas bactérias observadas no experimento, têm potencial para maiores estudos, com o conhecimento de características de seus genomas, podem ser consideradas “micorriza helper”, ou seja, micorrizas ajudadoras, com potencial para compor um biofertilizante.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Antônio. Que papel para as Ciências da Natureza em Educação Ambiental? Discussão de ideias a partir de resultados de uma investigação. Revista Electrónica de Enseñansa de las Ciencias Vol. 6, Nº 3, 522-537 (2007). Disponível em: <[https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/11381/1/ART3\\_Vol6\\_N3.pdf](https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/11381/1/ART3_Vol6_N3.pdf)>. Acesso em: 14 de dezembro de 2021.

BRASIL. Decreto Federal nº 97.632 de 10 de abril de 1989. Dispõe que os empreendimentos que se destinam a exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do EIA-RIMA, submeter ao órgão competente, plano de recuperação de área degradada. Instituto Socio Ambiental. Brasília-DF. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/acervo/documentos/decreto-n-97632-de-100489-dispoe-que-os-empresendimentos-que-se-destinam> acesso em 12 de fevereiro de 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Constituição Federal de 1988, artigo 225. Brasília-DF. **Recuperação de Áreas Degradadas**. Disponível em: <[BRASIL. Presidência da Republica, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Nº 9. 795 DE 27 DE Abril DE 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providencias. Brasília-DF. Disponível em: \[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\\_03/leis/19795.htm\]\(http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/leis/19795.htm\) , acesso em 04 de fevereiro de 2022.](https://antigo.mma.gov.br/florestas/comissao-nacional-de-florestas/hist%C3%B3rico/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas.html#:~:text=A%20recupera%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1reas%20degradadas,foi%20degradado%2C%20danificado%20ou%20destru%C3%ADdo.></a>> acesso em 02 de Fevereiro de 2022.</p>
</div>
<div data-bbox=)

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988. Brasília-DF, Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm), acesso em 06 de fevereiro de 2022.

CARRER FILHO, R.; ROMEIRO, R. S.; AMARAL, L. S.; GARCIA, F. A. Potencialidade de um actinomiceto de rizosfera de tomateiro como agente de biocontrole de doenças. Minas Gerais. Horticultura Brasileira, v. 27, n.3, 2009.

CULTURAEDAFICA. Actinomicetos: Agrologia. Wordpress, 26 de outubro de 2015. Disponível em: <https://agrologia.wordpress.com/2015/10/26/actinomicetos/> acesso em 09 de fevereiro de 2022.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone extracted from soil by wet-sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

JARDIMDATATY. Em Microrganismos Eficazes e Eficiente / Micorrizas: São Paulo. Disponível em: : <https://www.jardimdataty.com.br/MLB-1626382542-em-micro-organismos-eficazes-eficientes-micorrizas-500-ml- JM> acesso em 07 de março de 2022.

Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração – Técnicas de Revegetação /IBAMA, - Brasília: IBAMA, 1990. 96 p. Pag. 1. Disponível em:

<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/ManualdeRecuperacaodeareasDegradadaspelaMineracao.pdf>. Acesso em: 19 de janeiro de 2022.

MELO, I.S. de; AZEVEDO, J.L. de, ed. Ecologia microbiana. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998. 488p. Disponível em: <file:///C:/Users/uanderson/Downloads/MeloRizobacterias%20(4).pdf>. Acesso em 14 de dezembro 2021.

MENDES FILHO, Paulo Furtado. Potencial de Reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano / Paulo Furtado Mendes Filho. Piracicaba, 2004. 89 p. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-18112004-151027/publico/paulo.pdf>. Acesso em: 25 de Janeiro de 2022.

MORAES, Paula Louredo. Micorrizas: Prepara Enem, Goiânia – Goiás, 2022. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/biologia/micorrizas.htm>, acesso em 09 de fevereiro de 2022.

MOURA, De Dalvino Jose. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO. Orientador: Prof. Paulo André Barbosa Hollanda Cavalcanti. Universidade Estadual de Goiás, Unidade Niquelândia 2015 (Relatório Monográfico). Disponível em: <<https://monografias.brasilecola.uol.com.br/geografia/recuperacao-areas-degradadas-pela-mineracao.htm>> acesso em 13 de Dezembro de 2021.

NANJUNDAPPA, A., BAGYARAJ, DJ, SAXENA, AK *et al.* Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e *Bacillus* spp. no solo, melhorando o crescimento das plantas cultivadas. *Fungal Biol Biotechnol* **6**, 23 (2019). Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s40694-019-0086-5>> acesso em 15 de dezembro de 2021.

SANTOS, Jorge Antônio Gonzaga. Recuperação e reabilitação de áreas degradadas pela mineração / Jorge Antônio Gonzaga Santos. \_ Cruz das Almas, BA: UFRB, 2017. 44p.; il. Disponível em: <https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/bitstream/123456789/1311/1/Recuperacao%20e%20Reabilitacao%20de%20c3%81reas%20Degradadas%20pela%20Mineracao.pdf>> acesso 21 de janeiro de 2022.

SILVA, Tatiana. Microrganismos na recuperação de áreas degradadas. *Jornal Cotia Agora*, São Paulo, 10 março de 2016. Disponível em: <<https://www.jornalcotiaagora.com.br/biologa-tatiana-silva-microrganismos-na-recuperacao-de-areas-degradadas/>> acesso em 02 de Fevereiro de 2022.

SUBPROJETO – BRC 01/14: Fungos Micorrizicos Arbusculares em áreas naturais e áreas de restauração após mineração de bauxita no Pará. Consórcio de Pesquisa em Biodiversidade Brasil-Noruega (BRC). Disponível em: <https://pt.brccb.com/projetos>

SUGAI, Maria Aparecida Alves; COLLIER, Leonardo Santos; JUNIOR, Orivaldo José Saggin – Inoculação Micorrizica no crescimento de mudas de angico em solo de Cerrado, *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 2, p.416-423, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/brag/a/qZpZvghDyZfkWSv3sYtVZcw/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2021.

TAVARES, Sílvio Roberto de Lucena. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação** / Sílvio Roberto de Lucena Tavares ... [et al.]. -- Dados eletrônicos. -- Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.: il. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 103)



ZIMMER, Katarina. Desmatamento está causando aumento de doenças infecciosas em humanos. National Geographic. 4 de dezembro de 2019. Disponível em: <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2019/12/desmatamento-esta-causando-aumento-de-doencas-infecciosas-em-humanos>>. Acesso em: 09 de Março de 2022.