

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

***GLIRICÍDIA SEPIUM E TRICHODERMA* NO CONTROLE DA PODRIDÃO VERMELHA,
CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE SISAL**

MARCIA OLIVEIRA DO CARMO

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

ABRIL – 2013

***GLIRICÍDIA SEPIUM E TRICHODERMA* NO CONTROLE DA PODRIDÃO VERMELHA,
CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE SISAL**

MARCIA OLIVEIRA DO CARMO

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2011.

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Ana Cristina Fermino Soares

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2013

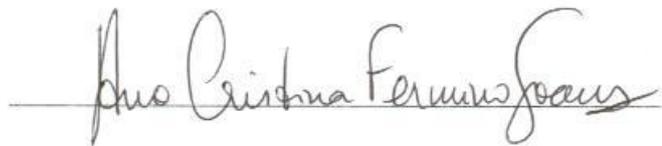
FICHA CATALOGRÁFICA

| | |
|------|--|
| C337 | <p>Carmo, Mária Oliveira do. Gliricóides agênicos e fermentados de trichoderma no controle da podridão vascular, crescimento e nutrição de mudas de azeit / Mária Oliveira do Carmo. – Cruz das Almas, BA, 2013. 113f.; il.</p> <p>Orientadora: Ana Cristina Ferraz Soares.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Sisal – Cultivo. 2.Sisal – Controle biológico. 3.Fitopatologia – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD: 633.577</p> |
|------|--|

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

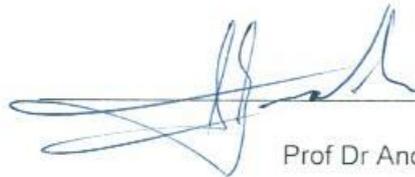
COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MÁRCIA OLIVEIRA DO CARMO



Profª Drª. Ana Cristina Fermino Soares

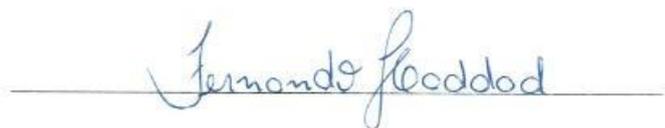
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB

(Orientadora)



Prof Dr André Dias Azevedo Neto

Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB



Dr. Fernando Haddad

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de mestrado em Ciências
Agrárias em

Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em
.....

Aos meus pais Jaci e Nelson (in memorian), por seus esforços e
dedicação para uma vida com dignidade,
e aos meus irmãos, por toda compreensão

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter iluminado meu caminho e por permitir a realização de mais uma conquista na minha vida.

À minha família, em especial a minha mãe Jaci que esteve sempre torcendo por mim, acreditando sempre no meu sucesso e à memória de meu pai Nelson.

Aos meus queridos irmãos Darcilúcia, Ana Angélica, Nilvandro, Robson e Cristiano os quais amo muito e tenho profunda admiração por suas qualidades.

Ao meu noivo Jorge Diego pelo carinho, amor e incentivo comigo. Sua sabedoria, paciência, conselhos, ajudaram-me em todo o trabalho.

À minha afilhada Raylana pela torcida e apoio e a minha sobrinha Letícia pela sua alegria contagiante. A todos os demais sobrinhos e cunhados.

À Professora Dr^a Ana Cristina Fermino Soares pela orientação, confiança e entusiasmo, além das sugestões dadas a esse trabalho.

Ao Professor Dr. André Dias de Azevedo Neto pela disponibilização do Laboratório de Bioquímica da UFRB para análise nutricional das mudas de sisal.

Aos meus amigos de mestrado do Programa de Ciências Agrárias em especial Kelly, Carlos Henrique, Karine, Adriane, Juliana, Pamela, Jamile, Jaqueline Maria, Maria Júlia, Danúzia pela amizade, companhia, aprendizado e bons momentos.

Aos amigos dos Programas de Pós-graduação em Microbiologia Agrícola, Solos, Engenharia Agrícola e Recursos Genéticos Vegetais, por onde andei.

Aos amigos do laboratório de Microbiologia e Fitopatologia: Jefferson, pela preciosa orientação e experiência transmitidas, Josilda, Erasto, Rafael, Carolzinha, Valter, Jaqueline Macena, Adailson, Tiago, Felipe, Anselmo, Ivanete, Marcelly, Any, Eliana (Ane), Eliane (Verinha), Jackeline, Carla e Lydice, pelo convívio e amizade.

Não poderia esquecer Zozilene e Carol e aos demais técnicos Vitória, Luana, Ronaldo, Verônica, pela colaboração e amizade.

Aos professores de graduação e de pós-graduação, pelos ensinamentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da UFRB pela oportunidade de desenvolver a pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado, da cota de demanda social do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias e o apoio financeiro a execução do trabalho desta dissertação, como parte do projeto sobre adubação orgânica e química da cultura do sisal no semiárido da Bahia, financiado pelo Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD).

A todas as pessoas que, mesmo não mencionadas, contribuíram para a realização desse sonho.

Meu sincero, obrigada!

“Nunca tenha certeza de nada,
porque a sabedoria começa com a dúvida.”

Freud

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO.....01

Capítulo 1

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE SISAL EM SOLO COM
GLIRICÍDIA E TRICHODERMA26

Capítulo 2

GLIRICÍDIA E TRICHODERMA NO CONTROLE DA PODRIDÃO VERMELHA EM
MUDAS DE SISAL78

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....103

GLIRICÍDIA SEPIUM E TRICHODERMA NO CONTROLE DA PODRIDÃO VERMELHA, CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE SISAL (*AGAVE SISALANA* PERRINE).

Autora: Márcia Oliveira do Carmo

Orientadora: Ana Cristina Fermino Soares

RESUMO: O sisal é a principal fibra dura produzida no mundo, mas são escassos os trabalhos sobre tecnologias de produção. É susceptível à infecção por *Aspergillus niger* que causa a podridão vermelha do caule. Neste trabalho foram investigados os efeitos da incorporação ao solo de gliricídia (0, 10, 20 e 40 t ha⁻¹) e cinco isolados de *Trichoderma*, sobre o crescimento de mudas de sisal, os teores de nutrientes no solo e planta e o controle da podridão vermelha, em solo arenoso e argiloso. A população de *Trichoderma* foi maior no solo arenoso, mas a colonização das raízes foi maior no solo argiloso. A incorporação da gliricídia ao solo promoveu o aumento na disponibilidade de nutrientes e o maior crescimento da planta, com crescimento máximo alcançado na dose de 30 t ha⁻¹. Obteve-se o incremento de 106% da matéria seca da parte aérea (MSPA) no tratamento com *T. virens* (isolado TCS 43), e de 87% na matéria seca das raízes e 45% no teor de P, com *T. virens* (TCS 28), de 55% no teor de N e 47% no teor de K, com *T. harzianum* (TCS 34). Houve correlação linear positiva entre a população de *Trichoderma* no solo e a MSPA das plantas. Houve interação entre *Trichoderma* e a gliricídia para a incidência da doença no solo arenoso, com eficácia maior no controle da doença, nas doses de 22 e 26 t.ha⁻¹ de gliricídia, com *T. viride* (TCS 09) e *T. virens* (TCS 28), com redução de 49% e 43% na incidência. O aumento nas doses de gliricídia no solo argiloso proporcionou a redução na incidência e severidade da doença, com os menores índices alcançados na dose de 25 t ha⁻¹. Destacaram-se *T. viride* (TCS 09), *T. virens* (TCS 28) e *T. harzianum* (TCS 34), para ambos os solos, *T. harzianum* (TCS 76) e *T. virens* (TCS 43) para o solo argiloso e arenoso, respectivamente, para o controle da doença.

Palavras-chave: Biocontrole, adubação orgânica, *Aspergillus niger*

CONTROL OF SISAL (*Agave sisalana* Perrine) RED ROT DISEASE GROWTH AND NUTRITION OF SISAL IN SOIL AMENDED WITH *Gliricidia sepium* AND TRICHODERMA

Author: Márcia Oliveira do Carmo

Advisor: Ana Cristina Fermino Soares

ABSTRACT: Sisal (*Agave sisalana* Perrine) is the main hard fiber produced in the world, but there are very few research studies on production systems and technology. It is a crop susceptible to infection by *Aspergillus niger*, resulting in stem red rot disease. The present work investigated the effects of soil amendment with four doses (0, 10, 20 and 40 t ha⁻¹) of gliricidia (*Gliricidia sepium*) and five isolates of *Trichoderma* on growth and nutrition (NPK) of sisal, soil fertility, and control of red rot disease, in clay and sandy soil. Population of *Trichoderma* was higher in sandy soil, although plants grown in clay soil presented higher root colonization percentages. Soil amendment with gliricidia increased the availability of soil nutrients and promoted plant growth. Maximum plant growth was achieved at a gliricidia dose of 30 t ha⁻¹. There was an increase of 106% of plant aerial parts dry biomass with *T. virens* (isolate TCS 43), of 87% for root dry mass production and of 45% for P content with *T. virens* (TCS 28), and of 55% for N and 47% for K, with *T. harzianum* (TCS 34). Interaction between *Trichoderma* and doses of gliricidia affected disease incidence in sandy soil, with better control efficiency of *Trichoderma* for treatments with 22 and 26 t ha⁻¹ of gliricidia, and with *T. viride* (TCS 09) and *T. virens* (TCS 28), with reduction of 49% and 43% in disease incidence. A significant reduction of disease incidence and severity was observed with the increase in gliricidia amendment to clay soil, with the lowest disease index obtained with 25 t ha⁻¹ of gliricidia. *T. viride* (TCS 09), *T. virens* (TCS 28), *T. harzianum* (TCS 34) for both soils, *T. harzianum* (TCS 76) for clay soil, and *T. virens* (TCS 43) for sandy soil were the most efficient for disease control.

Keywords: Biological control, organic fertilizer, *Aspergillus niger*

INTRODUÇÃO GERAL

O sisal (*Agave sisalana* Perrine) tem importância tanto econômica quanto social para a região semiárida do nordeste brasileiro, Constitui-se em uma das poucas alternativas de produção agrícola, devido à perfeita adaptação dessa planta ao clima seco, tornando-se a principal fonte de renda da população, contribuindo para a sobrevivência de aproximadamente 800 mil pessoas, na região semiárida dos estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte, permitindo a geração de empregos diretos e indiretos (CNA, 2010)

O Brasil é o maior produtor de sisal do mundo com uma produção de 246.535 toneladas por ano, com uma receita proveniente da exportação de fibras que gira em torno de 200 milhões de reais, respondendo por 50% das exportações da fibra no mundo, destinadas principalmente para os Estados Unidos, China, México e Portugal (SINDIFIBRAS, 2012).

A Bahia é responsável por 96% da produção de fibra nacional, seguido por Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará (IBGE, 2011) A área explorada com sisal já alcançou 300 mil hectares, caiu para 160 mil em 1996 e, atualmente, não ultrapassa 265 mil hectares (IBGE, 2011), concentrando-se nos municípios de Campo Formoso, Santa Luz, Conceição do Coité, Orolândia, Valente, Jacobina e Queimadas (IDR, 2010)..

Apesar desta cultura apresentar um enorme potencial para produção de fibra natural no Estado e no país e contribuir para a sobrevivência da maioria da população rural no semiárido, existem poucos investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de produção desta cultura. Não são utilizadas tecnologias adequadas ao cultivo do sisal nas regiões produtoras e são escassos os trabalhos sobre fertilidade de solo e nutrição de plantas de sisal. Não foram encontrados na literatura estudo sobre adubação orgânica e o manejo adequado para a produção de mudas de sisal de boa qualidade, que possam ser utilizadas pelos agricultores.

Os solos da região semiárida são rasos, arenosos, de baixa fertilidade, principalmente com baixa disponibilidade de N e P e com baixos teores de matéria orgânica (SAMPAIO et al., 1995). Os fertilizantes químicos comerciais quase não são utilizados em virtude do seu alto custo, do baixo poder aquisitivo da maioria dos agricultores e do risco proporcionado pela variabilidade do regime de chuvas (NASCIMENTO et al., 2003). Assim, a fertilidade dos solos nessa região depende, sobretudo, do manejo da matéria orgânica do solo (TIESSSEN et al., 1994; MIYAZAWA et al., 2000; SALCEDO, 2004).

A adubação orgânica com leguminosas apresenta-se como uma prática de baixo custo que pode aumentar a produtividade em sistemas agrícolas familiares no semiárido (TIESSSEN et al., 1994). A matéria orgânica promove importantes efeitos benéficos sobre as propriedades do solo, contribuindo substancialmente para o crescimento e desenvolvimento das plantas (SOUZA, 2003). A matéria orgânica incorporada ao solo exerce importante influência nas propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo, melhorando a estruturação, aeração e drenagem, retenção de água e consistência, fornecimento de macro e micronutrientes, capacidade de troca catiônica (KIEHL, 1985) e estabilização do pH (LIMA, 2001).

Dentre os adubos verdes com potencial de uso nas condições do semiárido, destaca-se a gliricídia que, além da grande capacidade de produzir biomassa com baixa disponibilidade hídrica, tem boa capacidade de fixar nitrogênio atmosférico (MARIN, 2007).

Além dos problemas relacionados ao cultivo do sisal no estado da Bahia, esta cultura vem enfrentando o sério problema da ocorrência da podridão vermelha do caule, resultando na morte das plantas, perda de qualidade da fibra e na devastação dos plantios comerciais de sisal (ABREU, 2010). A podridão vermelha do sisal é causada pelo fungo *Aspergillus niger* (SOARES et al., 2006, SILVA, 2012), um fungo típico de solo, normalmente saprófito, que causa doença quando a planta está em ambiente de estresse, principalmente em solos com baixa matéria orgânica (MORAES et al., 1997). É uma doença que causa significativas perdas de produção da cultura e resulta na morte da planta e perda de

qualidade da fibra, causando a devastação dos plantios comerciais de sisal (ABREU, 2008). Atualmente, a podridão vermelha do sisal tem sido o principal problema fitossanitário e um dos maiores problemas nas lavouras de sisal, em função da escassez de métodos eficientes para seu controle e do desenvolvimento de tecnologia para o manejo da cultura do sisal

O manejo da doença é baseado em ações como queima e arranquio de plantas doentes, utilização de mudas sadias para implantação de novos plantios e raramente, pela manutenção da fertilidade do solo. A utilização de mudas do tipo rebentão, que nascem da planta-mãe, pela formação do estolão, é uma das formas de disseminação do patógeno para plantios novos. Há a necessidade de incentivo ao uso de mudas sadias no replantio ou implantação de novas áreas e o cuidado com os tratos culturais, no sentido de evitar ferimentos na base do caule e nos estolões de sisal (ABREU, 2010). Além destas medidas, o uso de cultivares resistente coloca-se como alternativa eficiente e econômica de controle da podridão vermelha do sisal. No entanto, o híbrido 11648 não tem boa aceitação pelos produtores.

A utilização de fungos do gênero *Trichoderma* como agentes de controle biológico pode se constituir em uma medida eficaz para o controle desta doença. Fungos do gênero *Trichoderma* são conhecidos pela habilidade em produzir enzimas e metabólitos extracelulares voláteis e não voláteis como exoglucanases, endoglucanases, celobiase, quitinase (MARTINS-CORDER, 1998) e celulase (HARMAN et al., 2004), responsáveis pela degradação e lise da parede celular de fungos e oomicetos fitopatogênicos.

O gênero *Trichoderma* apresenta espécies que exercem antagonismo a vários fitopatógenos através do parasitismo e/ou antibiose e tem sido utilizado com sucesso como agente de biocontrole e promoção de crescimento (ETHUR et al., 2006). A eficácia na utilização de produtos à base do antagonista *Trichoderma* no controle biológico de doenças fúngicas de solo já é comprovada, a exemplo do seu uso para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, agente causal do mofo-branco (ETHUR et al. 2001), *Moniliophthora perniciosa*, agente causal da

vassoura-de-bruxa do cacauero (BEZERRA et al. 2003), entre outros. As vantagens na sua utilização são devido à fácil obtenção, multiplicação em laboratório e aplicação e baixo risco ambiental, potencializando o uso em escala comercial.

A aplicação de *Trichoderma* pode ser feita nas sementes, no substrato, no sulco de plantio ou em materiais orgânicos que serão incorporados antes do transplante das mudas, além de pulverização na parte aérea das plantas. (LUCON, 2009). Entretanto, fatores como tipo de solo, pH, disponibilidade de nutrientes no solo, etc podem atuar sobre o desempenho deste fungo como (CLARKSON, 2004). Dentre os fatores que potencialmente interferem na ação do *Trichoderma*, estão os nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, que são inseridos no sistema através da adubação das culturas. Esses assumem maior importância pelo fato de ser atribuída ao antagonista *Trichoderma* a habilidade de promover o crescimento de plantas por meio da solubilização de nutrientes do solo.

Sabe-se que a matéria orgânica do solo é muito importante para o desenvolvimento e estabelecimento do *Trichoderma* no agroecossistema após sua aplicação, pois influem no seu crescimento (HOWEL, 2003). A resposta de *Trichoderma* a esse fator é pouco conhecida, e a incorporação de materiais vegetais no solo pode exercer influência sobre as populações dos patógenos e/ou a atividade patogênica destes micro-organismos do solo, promovendo o controle de doenças de plantas (SHARMA, 2006). A incorporação de resíduos orgânicos pode intensificar a atividade microbiana do solo e a competição entre os micro-organismos, promovendo a lise de estruturas dos patógenos e favorecendo o desenvolvimento das plantas (HUANG, 1991). O princípio do controle de patógenos via adubação verde está relacionado à melhoria da fertilidade do solo e do aumento da matéria orgânica, além da produção, por parte da planta, de substâncias com ação antagônica aos fitopatógenos habitantes do solo (STONE, 2004).

Desta forma, este trabalho teve o objetivo de avaliar a utilização de *Trichoderma* e gliricídia (adubo verde), isolados e combinados, no controle da podridão vermelha e na promoção de crescimento de plantas

de sisal. O presente trabalho foi dividido em duas partes, ambas em casa de vegetação, sendo que na primeira parte testou-se a eficácia do *Trichoderma* e da glicírdia no desenvolvimento e na absorção de nutrientes pela cultura, e na segunda parte verificaram-se os efeitos destes fatores no controle de podridão vermelha em mudas de sisal.

REVISÃO DE LITERATURA

O sisal (*Agave sisalana* Perrine)

A planta do sisal pertence à classe das monocotiledôneas, família Agavaceae, gênero *Agave*, subgênero *Euagave*, espécie *A. sisalana*. Originário da península do Yucatan no México é amplamente cultivado em países tropicais na África, Índia e extremo oriente (BISANDA, 1992). No Brasil, foi introduzido em 1903 a partir de mudas vindas do México e levadas inicialmente para os estados da Paraíba, Bahia e Rio Grande do Norte. Na região sisaleira da Bahia os primeiros plantios se iniciaram por volta de 1910, no município de Santa Luz (SECTI, 2007). Adaptou-se às condições edafoclimáticas do Nordeste Brasileiro, onde são cultivados em grandes extensões nos estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte (SUINAGA et al., 2006).

Por se tratar de uma planta xerófila, suporta secas prolongadas e altas temperaturas (BELTRÃO, 2006). O seu metabolismo fotossintético é do tipo CAM (Metabolismo Ácido Crassuláceo), que incrementa o uso eficiente da água. Plantas como o sisal utilizam apenas 50 a 100 g de água por grama de fitomassa produzida, comparada a valores de 300 a 1.000 g para plantas com outras rotas do metabolismo fotossintético (TAIZ E ZEIGER, 2004).

O sistema radicular do sisal é fasciculado, fibroso e em forma de tufo, sem a presença de raiz principal. É subcaulescente, isto é, tem apenas um eixo principal no qual os trofófilos se inserem e armazenam água. As folhas são lanceoladas e lineares, sem pecíolo, com pontas afiadas e margens geralmente lisas, podendo atingir mais de dois metros. Esses órgãos, responsáveis pela fotossíntese da planta, apresentam os

estômatos em cavidades denominadas criptas, as quais estão alinhadas em forma de aliteres, que incrementam a resistência à perda de água, fazendo parte do sistema de controle de umidade interna da planta. O sisal floresce uma única vez, possui flores hermafroditas e a polinização é, em geral, realizada por insetos. Os frutos são cápsulas com cerca de 3 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro de cor preta e bastante leves (SILVA, 2008).

É uma espécie que prefere locais de altitude e possui elevada resistência à seca e ao estresse térmico, apresentando eficiência transpiratória e gastando pouquíssima água para produzir fitomassa. Necessita de precipitação pluvial de pelo menos 400 mm por ano e temperaturas médias entre 20 e 28°C. Prefere solos com elevados teores de cálcio, que não encharcam facilmente e que tem boa fertilidade natural (CANTALINO et al., 2007).

As plantas de sisal são facilmente cultivadas e crescem rápido e naturalmente nos campos (CHAND, 1988). Suas fibras são duras e extraídas das folhas. A planta produz em torno de 200 a 250 folhas durante o seu ciclo e cada folha contém cerca de 1000 a 1200 feixes de fibras, sendo composta por 4% de fibras, 0,75% de cutícula, 8% de água (MURHERJEE, 1994). É uma planta herbácea, perene, que floresce apenas uma vez durante o ciclo vegetativo (SILVEIRA, 2009).

O sisal tem como característica principal o conhecimento de ser a maior fonte de fibras duras do mundo. Em torno de 235 mil toneladas de fibras de sisal são produzidas todos os anos no mundo (FAOSTAT, 2010). O Brasil é líder no mercado internacional ao responder por 47% das exportações de fibra de sisal em 2009 (SECEX, 2009). A cultura do sisal ocupa uma área 276.126 hectares e desempenha importante papel sócio econômico no semiárido baiano. A Bahia lidera a produção brasileira de fibra de sisal com a produção de 226.621 toneladas, representando cerca de 96% da produção nacional (LSPA, 2011). As exportações baianas de sisal e derivados alcançaram em 2010 o valor de US\$ 65.671.000 (SEI, 2010). A fibra de sisal é essencialmente destinada à exportação, sendo os Estados Unidos, China, México e Portugal os principais importadores (SECEX, 2009).

Pelas suas características fisiológicas e agronômicas, o sisal permite que regiões semiáridas sejam produtivas, onde são escassas as alternativas viáveis economicamente para produção agrícola.

A podridão vermelha do sisal

A planta de sisal é considerada resistente ao ataque de insetos e fitopatógenos, devido à epiderme da folha possuir uma cutícula espessa e cerosa, conferindo uma barreira natural à penetração de microorganismos patogênicos. Apesar disso, nos últimos anos, tem-se observado elevada devastação dos plantios de sisal devido à podridão vermelha do caule, que resulta na morte da planta e perda da qualidade da fibra (ABREU, 2010).

A podridão vermelha do caule, também é conhecida por podridão do tronco do sisal, podridão vermelha do sisal, podridão do cepo, podridão úmida do cepo ou ainda podridão parda do colo, tem afetado a produtividade nos plantios de sisal brasileiros, atingindo níveis críticos a partir de 1998 (LIMA et al., 1998).

A doença foi primeiramente relatada no Brasil no estado da Paraíba (MEDINA, 1954). Na Bahia foi constatada pela primeira vez, num plantio comercial do município de Santa Luz (LIMA et al., 1998).

A doença ocorre na planta em qualquer estágio de desenvolvimento e é caracterizada pelo apodrecimento dos tecidos internos, com coloração vermelha que se estende do caule para a base das folhas, com amarelecimento e murcha das folhas. O caule apodrece e se desprende facilmente do solo, levando a planta à morte. As folhas de plantas com podridão vermelha e sintoma de murcha não servem para o desfibramento e comercialização das fibras (COUTINHO, 2006).

Um estudo conduzido por Abreu (2010) constatou que a podridão vermelha do sisal vem progredindo nos cultivos na Bahia, com a incidência (percentagem de plantas doentes em uma amostra ou população) variando entre 5 e 40% nos municípios que compõem o Território do Sisal. Nesse mesmo estudo foi observada uma prevalência de 100% da doença nos municípios produtores de sisal. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por pesquisadores da

Embrapa Semiárido no Território do Sisal, no Estado da Bahia, onde foi constatada incidência variando de 1,5% a 46,66% (SILVA et al., 2009).

O manejo da doença é baseado em ações tais como queima e arranquio de plantas doentes, utilização de mudas saudáveis para implantação de novos plantios e raramente pela manutenção da fertilidade do solo por meio da aplicação do resíduo oriundo do desfibramento. Segundo ABREU, (2010) a muda é a principal forma de dispersão do patógeno em plantios novos e o cuidado com os tratamentos culturais, no sentido de evitar ferimentos na base do caule e nos estolões de sisal, é fundamental para prevenir a disseminação da podridão vermelha do sisal.

***Aspergillus niger*, agente causal da podridão vermelha em sisal**

Aspergillus niger foi identificado como o agente causal da podridão vermelha do sisal nos estados da Paraíba e Bahia (COUTINHO et al., 2006; SOARES et al., 2006). É um fungo filamentoso, pertencente à ordem Eurotiales, Família Tricomaceae e Filo Ascomycota (DEEPAKE, 2009). Possui crescimento aeróbico e os esporos são facilmente dispersos e geralmente associados a materiais orgânicos e ao solo. *A. niger* é frequentemente encontrado como saprófito, crescendo sobre folhas mortas, grãos e frutos armazenados. (SCHUSTER et al., 2002).

De acordo com Shuster et al. (2002), o *A. niger* cresce na faixa de temperatura de 6 a 47°C, com ótimo de temperatura variando entre 35 e 37°C, e na faixa de pH entre 1,4 e 9,8. RIPPEL & BALDES (1955), citados por DEEPAKE (2009) ressaltam que essas características, além da produção de conídiosporos e sua dispersão pelo ar, garantem que este fungo frequentemente esteja presente em ambientes com alta temperatura e umidade.

Contudo, o *A. niger* causa a deterioração dos produtos que coloniza. Por exemplo, provoca perdas econômicas devido à deterioração de vários frutos e produtos hortícolas, e também prejudica as camadas superficiais de madeira, fibras de algodão e muitos outros produtos (SCHUSTER et al., 2002). Elevadas porcentagens de

sementes infectadas por *A. niger* estão associadas ao decréscimo no poder germinativo e menor desenvolvimento de plântulas nos seus primeiros estádios (YORINORI, 1982).

É um fungo considerado oportunista, que só penetra em tecidos injuriados do hospedeiro, necessitando de lesões de origem mecânica ou fisiológica para que se dê a infecção (LIMA et. al. 1998). Roger (1953) citado por Souza Filho et al. (1979), relata que a capacidade de penetração e colonização de *A. niger* depende do estado em que se encontra o hospedeiro, pois, quando submetidas a algum tipo de estresse, as plantas ficam mais predispostas à infecção.

Por ser um fungo necrotrófico, continua seu ciclo de vida sobre a planta senescida ou em restos culturais sobre o solo. O micélio continua a colonizar os tecidos mortos, nutrindo as estruturas reprodutivas, as quais, por sua vez, produzem esporos por tanto tempo quanto existirem nutrientes para o patógeno. Disseminação pelo vento é comum em plantios de amendoim, cultura na qual *A. niger* é o agente etiológico da podridão da coroa e pode causar perdas superiores a 50% (KUCHAREK, 2005).

Micro-organismos antagonistas e sua ação no biocontrole de fitopatógenos e na promoção de crescimento de plantas

O controle biológico visa manter, por meio de certas práticas, um equilíbrio no agroecossistema, de modo que o hospedeiro, na presença do patógeno, não sofra danos significativos, em função da ação controladora dos organismos não patogênicos do sistema (BETTIOL, 2009). Assim sendo, este método de controle inclui práticas culturais que promovem um ambiente favorável aos antagonistas e à resistência da planta hospedeira ou ambos (CARDOSO, 1978). Na abordagem de Baker & Cook (1974), controle biológico é definido como a redução da densidade do inoculo ou das atividades determinantes de doença por um patógeno ou parasita, promovida por um ou mais organismos que não o homem, favorecidos naturalmente ou pela manipulação do seu habitat

ou ambiente, hospedeiros ou antagonistas ou pela manipulação em massa de um ou mais antagonistas.

Na avaliação de biocontrole podem ser analisadas a incidência (porcentagem de plantas doentes, ou de suas partes, em relação à amostra ou população) e severidade da doença (porcentagem da área ou do volume do tecido afetado por sintomas da doença, em relação à área ou volume total) (MARIANO et al., 2000). Embora o foco do controle biológico seja o patógeno, o objetivo do controle biológico de patógenos é a supressão da doença (COOK E BAKER, 1983).

Os mecanismos das interações entre micro-organismos patogênicos e antagônicos que fundamentam o controle biológico podem ser divididos em competição, antibiose e parasitismo, além de hipovirulência, predação e indução de defesa do hospedeiro. Para que um antagonista seja bem sucedido é preciso que ele tenha a capacidade de se multiplicar e colonizar a superfície da planta, podendo este atuar por meio de um ou mais mecanismos (BETTIOL & GHINI, 1995).

A antibiose é definida como a interação entre organismos na qual um ou mais metabólitos antibióticos, voláteis ou não, são produzidos e secretados pelo micro-organismo antagonista, tendo efeito danoso ao organismo patogênico. A capacidade para produzir tais substâncias e o seu efeito fungicida pode variar entre espécies e entre isolados da mesma espécie. Competição é referente à interação entre dois ou mais organismos empenhados numa mesma ação ou substrato, disputando recursos tais como espaço, nutrientes, água e luz. O micoparasitismo refere-se à situação em que o micro-organismo antagonista vive sobre ou dentro do fungo hospedeiro, alimentando-se e desenvolvendo-se às expensas deste. Dentre as diversas etapas do processo, merece destaque a produção e liberação no meio externo de enzimas hidrolíticas, tais como quitinases, glucanases, celulases e proteases, cuja função principal é degradar a parede celular do patógeno (BETTIOL & GHINI, 1995).

Alguns micro-organismos, além de controlar doenças de plantas, têm a capacidade de atuar como agentes promotores de crescimento de plantas. A promoção de crescimento de plantas mediada por micro-

organismos pode ser realizada por mecanismos diretos, tais como produção de hormônios estimuladores de crescimento (DATTA, 1982) e mobilização de fósforo (DE FREITAS, 1997), ou mecanismos indiretos, relacionados à eliminação de micro-organismos prejudiciais às plantas (HARMAN et al., 2004).

A colonização de raízes por antagonistas potencializa o controle de patógenos do solo (MELO, 1998), gerando efeitos diretos e indiretos no aumento do crescimento de plantas (ALVEREZ et al., 1995). Além da colonização rizosférica, a promoção de crescimento de plantas está relacionada à produção de fito hormônios e o aumento da disponibilidade de nutrientes, obtidos através da fixação de nitrogênio (ANTOUN et al., 1998) ou solubilização de fósforo (CHABOT et al., 1996). Esses mecanismos são complexos e podem ser influenciados por diversos fatores abióticos (temperatura, pH, radiação, umidade, íons e elementos minerais e orgânicos do solo) e bióticos (características do hospedeiro, presença de patógenos e outros micro-organismos associados à planta) (ARAÚJO et al., 2002).

Gênero *Trichoderma*

Fungos do gênero *Trichoderma* ocorrem naturalmente em solos, especialmente os orgânicos. Encontram-se presentes em altas concentrações, colonizando com facilidade solos cultivados (WEEDEN, et al., 2008). Podem viver saprofiticamente ou parasitando outros fungos (MELO 1991). Estes fungos mitospóricos pertencem à sub-classe Hifomiceto, ordem Moniales e família Moniliaceae (MELO, 1998). Seu estado teleomorfo, *Hypocrea* sp. pertence ao Filo Ascomycota e à ordem Hypocreales (BROTMAN et al., 2010). Porém, dentre as espécies identificadas como agentes de biocontrole, a forma de reprodução sexuada não foi relatada (WEEDEN; et. al., 2008).

Em meio de cultura, as colônias de *Trichoderma* crescem rapidamente, apresentando, inicialmente, uma superfície lisa e quase translúcida, podendo se tornar flocosa ou compacta com tufos. Sua coloração verde ou verde-amarelada deve-se à pigmentação dos

conídios. O micélio é composto por hifas hialinas, ramificadas e de parede lisa, com 5 a 10 µm de diâmetro (WEEDEN et al., 2008).

A maioria das espécies forma clamidósporos, intercalados nas hifas ou terminais. Os conidióforos são muito ramificados, de formato cônico ou piramidal, e quase sempre são formados em anéis sazonais, produzindo zonas concêntricas. Os conídios têm formato subgloboso, ovóides, elipsóides ou elíptico-cilíndricos, sendo produzidos em série e acumulados no ápice de fiálides. A produção de conídios com diâmetro de 3 a 5 µm pode diferir em quantidade, dependendo da linhagem do *Trichoderma*, sendo que outros fatores tais como as condições do meio de cultura e pH podem interferir na sua formação (MELO, 1991; MELO, 1996; WEEDEN et al., 2008).

Algumas espécies de *Trichoderma* produzem um odor doce característico, semelhante a coco, liberado por uma substância volátil (6-pentil- α -pirona), produzida por algumas espécies (BROTMAN et al., 2010).

Uma característica que se destaca nesse gênero é a capacidade de se associar às raízes das plantas. Esta simbiose ocorre por mecanismos similares àqueles dos fungos micorrízicos (BENITEZ et al., 2004). Esta interação se inicia com a colonização da superfície externa das raízes que pode ficar restrita ou se estender por todo o rizoplano, seguida da produção de celulasas (AHMAD et al., 1987) e da invasão da primeira ou da segunda camada de células da epiderme, com a produção de hidrofobinas, que são proteínas que permitem a adesão às superfícies hidrofóbicas (KERSHAW et al., 1998).

Promoção de crescimento de plantas por *Trichoderma*

Espécies de *Trichoderma* presentes naturalmente em solos são capazes de colonizar raízes de plantas e estimular o crescimento vegetal. Têm sido aplicadas a uma ampla variedade de plantas para propiciar aumento no crescimento, acarretando um efeito positivo na massa das plantas, na produtividade e no controle de doenças (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009).

Vários mecanismos de ação envolvidos na promoção de crescimento de plantas por *Trichoderma* têm sido propostos, incluindo o aumento da absorção de nutrientes e a inibição de micro-organismos deletérios presentes na rizosfera (HARMAN et al., 2004). Fungos deste gênero produzem, ainda, hormônios de crescimento de plantas que aumentam a taxa de germinação de sementes e a massa seca de brotos e caules de plantas (WINDHAM et al., 1986).

Alguns isolados de *Trichoderma* promotores de crescimento de plantas possuem alta competência rizosférica sendo capazes de colonizar toda a superfície das raízes (BROTMAN et al., 2010). Os isolados que melhor colonizam o solo rizosférico, quando introduzidos diretamente no solo ou em sementes, podem colonizar a superfície e o córtex das raízes a uma profundidade de até um metro ao longo destes tecidos. Podem permanecer viáveis em concentração e número por um período superior a dezoito meses, após a aplicação, embora esta mesma capacidade não seja observada para todos os isolados do fungo (WEEDEN, 2008).

A promoção de crescimento por *Trichoderma* ocorre quando o isolado coloniza os tecidos das raízes limitando-se, normalmente, às primeiras e segundas camadas de células e aos espaços intercelulares. Proteínas tipo hidrofobinas estão envolvidas na ligação inicial do *Trichoderma* à superfície radicular levando ao aumento de crescimento pela maior absorção de nutrientes como consequência deste processo. Existem relatos de isolados de *Trichoderma* capazes de promover o crescimento de plantas em até 300%.

A promoção de crescimento parece ser mediada pela produção de auxina pelo fungo e pela atividade da enzima 1-aminociclopropano-1-carboxilato desaminase, mediante a diminuição da taxa de produção de etileno acumulado durante estresses sofridos pelas plantas. Além disso, espécies de *Trichoderma* também produzem ácidos orgânicos como, ácido glucônico, fumárico e cítrico, que diminuem o pH do solo, permitindo a solubilização de fosfatos, além de micro e macro nutrientes como ferro, manganês e magnésio, fundamentais no metabolismo vegetal (HARMAN, 2000; YEDIDIA et al., 2001; BROTMAN, 2010).

A habilidade de isolados de *Trichoderma* em promover o crescimento de raízes e todo o sistema vascular de plantas, pode melhorar a sanidade vegetal e suprir parte das necessidades nutricionais das plantas, resultando em aumento de crescimento da planta. A utilização de *Trichoderma* na agricultura poderá ser ampliada quando os mecanismos envolvidos na promoção de crescimento de plantas forem elucidados (HARMAN, 2006).

Controle de fitopatógenos por *Trichoderma*

O potencial de *Trichoderma* como agente de biocontrole, já é conhecido há mais de 60 anos, sendo que muitos isolados são simbioses de plantas e podem atuar no controle de fitopatógenos (BROTMAN, 2010).

Os primeiros trabalhos realizados com *Trichoderma* como agente de biocontrole demonstraram a capacidade destes fungos em interagir com fitopatógenos de solo. Porém, atualmente sabe-se que espécies de *Trichoderma* possuem habilidade de controlar patógenos que atacam folhas e frutos (SHORESH, 2010).

Fungos do gênero *Trichoderma* agem por diferentes mecanismos de ação, tais como antibiose, micoparasitismo, produção de enzimas degradadoras de parede celular, competição por nutrientes e/ou substrato e indução de resistência, resultando em efeitos benéficos para as plantas (SHORESH, 2005; VINALE et al., 2008).

A antibiose envolve a produção de compostos de baixa massa molecular ou de antibióticos pelas linhagens de *Trichoderma* que causam a inibição do crescimento do outro micro-organismo. A maioria das linhagens produz metabólitos tóxicos voláteis e não voláteis que impedem a colonização da planta pelo micro-organismo patogênico. Vários são os metabólitos produzidos por *Trichoderma*, tais como ácido harziânico, tricolina, antibióticos, viridina, gliovirina, glisopreninas, entre outros. A combinação de enzimas hidrolíticas e antibióticos resultam em um maior nível de antagonismo que o obtido por um único mecanismo (BENITEZ et al., 2004).

O micoparasitismo é o modo de ação que mais se destaca pela complexidade e número de etapas envolvidas, pois consiste na utilização do fitopatógeno como alimento para o antagonista. *Trichoderma* cresce em direção ao outro fungo, enrola-se nas hifas do fungo alvo e degrada a sua parede pela secreção de enzimas líticas (SILVA, 2007). As enzimas hidrolíticas extracelulares produzidas por *Trichoderma* são consideradas de importância determinante na habilidade antagonista deste fungo. Essas enzimas são as quitinases, celulases, glucanases e proteases que hidrolisam as estruturas dos fungos parasitados e são características comuns em muitos agentes de biocontrole (LORITO et al., 1996).

Outro mecanismo importante no controle de fitopatógenos é a competição por nutrientes, a exemplo do ferro. Alguns isolados de *Trichoderma* produzem sideróforos altamente eficientes, que atuam como agentes quelantes de íons férricos, impedindo o crescimento de outros fungos (CHET, 1994). Por esta razão, as características químicas do solo influenciam a efetividade do biocontrole do fitopatógenos. A competição por nutrientes tem sido particularmente importante para o biocontrole de fitopatógenos como *Botrytis cinerea*, um dos patógenos mais importantes em pré e pós-colheita em muitos países, uma vez que o patógeno é sensível à falta de nutrientes (BENITEZ et al., 2004).

Isolados de *Trichoderma*, considerados como bons antagonistas conseguem superar o mecanismo de fungistase do solo. Isto porque são naturalmente resistentes a herbicidas, fungicidas e/ou aos metabólitos tóxicos produzidos pelos organismos presentes, incluindo as plantas, pois crescem rapidamente quando são introduzidos no solo. Espécies de *Trichoderma* tem sido utilizadas em formulações comerciais empregadas para o controle biológico de fungos causadores de doenças em plantas, reduzindo a necessidade da aplicação de fungicidas químicos, poluentes do meio ambiente (PAPIZAS, 1991).

Gliricídia (*Gliricídia sepium* Jacq. Steud): adubação verde e controle de fitopatógenos

Na região semiárida do nordeste do Brasil, a alta variabilidade da precipitação, as secas recorrentes e a baixa fertilidade do solo limitam a produtividade da agricultura e pecuária (SILVA; MENEZES, 2007). O uso de fertilizantes químicos para melhorar a fertilidade do solo não é viável para a maioria dos produtores na região semiárida devido a chuvas irregulares e a agricultura com baixa rentabilidade. A adubação orgânica é uma alternativa para repor os nutrientes do solo (TIESSSEN et al., 1994). A utilização de adubos verdes, que consiste na incorporação de biomassa de espécies de plantas na superfície ou nas camadas superficiais do solo, é uma prática de baixo custo que pode promover melhorias na safra (TIESSSEN et al., 1994).

A gliricidia é uma leguminosa utilizada como fonte de forragem e adubo verde. Possui grande potencial para melhorar a fertilidade de áreas degradadas e produzir grande quantidade de biomassa (EIRAS; COELHO, 2010). A adubação verde com gliricídia (*Gliricídia sepium* Jacq. Steud) tem potencial para uso em condições semiáridas e fornecer forragem de alta qualidade para alimentação de animais (BARRETO; FERNANDES, 2001), podendo adicionar significativas quantidades de N atmosférico devido à associação desta leguminosa com bactérias diazotróficas (BALA et al., 2003). O tratamento com gliricidia seca promoveu a maior produção de biomassa de algodão, pelo aumento da disponibilidade de N, P e K do solo (GARRIDO et al., 2009). Suas raízes formam associação com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, conhecidas como rizóbio, e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), capazes de aumentar a absorção de nutrientes e água do solo, especialmente fósforo (MATOS et al., 2005). Essas associações beneficiam o crescimento vegetal, promovendo o aumento da produtividade das plantas e incorporando ao solo quantidades significativas de nutrientes (NOGUEIRA, 2007). Conforme GRYNLER et al. (2005), as substâncias húmicas, tais como os ácidos fúlvicos, que resultam da decomposição de fertilizantes orgânicos, adsorvem cátions

livres a partir da solução do solo e podem favorecer as funções fisiológicas do micélio fúngico (absorção e transporte). A melhoria da estrutura do solo também contribui para o desenvolvimento micelial porque reduz a resistência mecânica para o crescimento das hifas. Além disso, a planta de gliricídia produz biomassa em condições de baixa disponibilidade de água (MARIN et al., 2007). Podadas, as folhas de gliricídia e galhos finos (<1 cm de diâmetro) têm um baixo conteúdo de metabólitos secundários e alta taxa de mineralização de N (MAFONGOYA et al., 2000).

De acordo com HALBRENDT & LAMONDIA (2004), a decomposição da matéria orgânica no solo resulta muitas vezes na disponibilização de compostos orgânicos que podem apresentar efeito inibitório sobre agentes fitopatogênicos e, também, induzem as plantas à resistência contra esses micro-organismos. Além dos compostos tóxicos produzidos pelo material orgânico em decomposição, o incremento de matéria orgânica no solo funciona como fonte de C, energia e nutrientes, estimulando o aumento de certas populações microbianas antagonistas, tais como fungos, bactérias, actinobactérias, algas e nematóides de vida livre (RODRIGUEZ-KÁBANA et al., 1994). Estudos têm demonstrado que após a decomposição de adubos orgânicos, principalmente adubos verdes provenientes de leguminosas incorporadas ao solo, ocorre a liberação de substâncias bioativas com efeito inibitório aos fitopatógenos (COSTA et al., 2001). A eficácia de alteração do solo para controlar os fitopatógenos depende das propriedades físicas e químicas da matéria orgânica, a quantidade e qualidade do material incorporado e da microbiota do solo (RITZINGER & MCSORLEY, 1998).

Os efeitos benéficos dos fertilizantes orgânicos são também observados para a infectividade (PALENZUELA et al., 2002), colonização micorrízica (GRYNDLER et al., 2005) e produção de propágulos no campo (GAUR; ADHOLEYA, 2005). Os benefícios dos fertilizantes orgânicos são a melhoria das propriedades do solo e produção de certas substâncias durante a sua decomposição (GRYNDLER et al., 2005). Embora o uso de fontes orgânicas favoreça a fase intra-radicular, fatores tais como o tipo de dose, do resíduo e

espécies de plantas devem ser considerados para o sucesso da simbiose em cultivo orgânico (SILVA et al., 2007). Respostas negativas de FMA para a incorporação de resíduos orgânicos foram observadas e atribuídas ao teor elevado de nutrientes desses materiais, a presença de substâncias fitotóxicas (Martin et al., 2002), a composição específica do resíduo (BORIE et al., 2002) e / ou a presença de patógenos (Elorrieta et al., 2003). Os efeitos da adubação orgânica nos fungos promotores de crescimento de plantas são variáveis, e estudos são necessários para clarificar a sua relação.

Considerando os benefícios da adubação verde com gliricídia nas características físicas, químicas e biológicas do solo e no controle de fitopatógenos e os benefícios de *Trichoderma* na promoção de crescimento de plantas e biocontrole de fitopatógenos, este trabalho tem como objetivos avaliar o efeito da incorporação de gliricídia e *Trichoderma* ao solo, no crescimento, nutrição e controle da podridão vermelha do sisal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, K. C. L. de M. **Epidemiologia da podridão vermelha do sisal no Estado da Bahia**. 117p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

ABREU, K. C. L. M.; SOARES, A. C. F.; TORRES, C. N.; LARANJEIRA, F. F.; CARDOSO, E. L.; CANDEIAS, E. L. Prevalência e incidência da podridão vermelha do pseudocaule do sisal no Estado da Bahia. In: **Tropical Plant pathology**, Brasília, 2008.

AHMAD, J. S.; BAKER, R. Competitive saprophytic ability and cellulolytic activity of rhizosphere competent mutants of *Trichoderma harzianum*. **Phytopathology**, V.77, n 3, p 58 - 62. 1987.

ANTOUN, H.; BEAUCHAMP, C.J.; GOUSSARD, N.; CHABOT, R.; LALANDE, R. Potential of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacterian on nonlegumes: Effect on radishes (*Raphanus sativus* L.). **Plant and Soil**, v.204, p 57- 67, 1998.

BAKER, K. F.; COOK, J. **Biological Control of Plant Pathogens**. San Francisco. American Phytopathological Society. 1974.

BALA, A.; MURPHY, P.; GILLER, K. E. Distribution and diversity of rhizobia nodulating agroforestry legumes in soil from three continents in the tropics. **Molecular Ecology**, v. 12, n. 4, p. 917-929, 2003.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, F. M. Cultivo de *Gliricídia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando à melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, 2001.

BELTRÃO, N.E.M. A planta. In: ANDRADE, W.(Ed.). **O Sisal do Brasil**. 1.ed. Salvador: SINDIFIBRAS; Brasília: APEX-Brasil, 2006. p. 25-28.

BENITEZ, T.; RINCÓN, A.M; LIMÓN, M.C.; CODÓN, A.C. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology**, v. 7 n. 4, p. 249-260, 2004.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa- CNPMA, 2009. 341p.

BEZERRA, J. L; COSTA, J. C. B; BASTOS, C. N; FALEIRO, F. *G.Hypocrea stromatica* sp. nov. teleomorfo de *Trichoderma stromaticum*. **Fitopatologia Brasileira**. v.28, p.408-412, 2003.

BISANDA, E. T. N.; ANSELL, M. P. Properties of sisal – CNSL composites. **Journal of Materials Science**, v.27, p.1690-700, 1992.

BORIE, F.; REDEL, Y.; RUBIO, R.; ROUANET, J. L.; BAREA, J. M. Interactions between crop residues application and mycorrhizal developments and some root interface properties and mineral acquisition by plants in an acidic soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 36, n. 2, p. 151-160, 2002.

BROTMAN, Y.; GUPTA, K.; VITERBO, A. Quick guide – *Trichoderma*. **Magazine Current Biology**, v. 9, n. 20, p. 1-2, 2010.

CANTALINO, A. L.; LEÃO, A. L.; LOBO, A. C. O.; STARLING, A. L. de L. et al. **O Sisal do Brasil: Brazilian Sisal**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007.

CARDOSO, E. J. . N. Relações ecológicas entre micro-organismos. In: GALLI, F.(ed) **Manual de Fitopatologia**. São Paulo, v.1. 1978. 373 p.

CHABOT, R.; ANTOUN, H.; CESCAS, M. P. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*. **Plant and Soil**, v.184, n. 2, p 311-321, 1996.

CHAND, N.; TIWARY, R. K.; ROHATGI, P. K. Bibliography resource structure properties of natural cellulosic fibres an annotated bibliography. **Journal of Materials Science**, v.23, p. 381-387, 1988.

CHET, I.; INBAR, J. Biological control of fungal pathogens. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.48, p. 37-43, 1994.

CLARKSON, J.P. et al. Effect of environmental factors and *Sclerotium cepivorum* isolate on sclerotial degradation and biological control of white rot by *Trichoderma*. **Plant Pathology**, v. 53, p. 353-362, 2004.

CONTRERAS-CORNEJO, H.A.; RODRÍGUEZ, L.M.; PENAGO, C. C.; BUCIO, J.L. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass productions and promotes lateral roots growth through an auxin dependent mechanism in Arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 149, p.1579-1592, 2009.

COSTA, M. J. N.; CAMPOS, V. P.; OLIVEIRA, D. F.; PFENNING, L. H. Toxicidade de extratos vegetais e de esterco a *Meloidogyne incognita*. **Fitopatologia brasileira**, v. 27, p. 245-250, 2001.

COUTINHO, W. M.; SUASSUNA, N. D.; LUZ, C. M.; SUINAGA, F. A.; SILVA, O. R. R. F. Bole rot of sisal caused by *Aspergillus niger* in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, p. 605, 2006.

DATTA, M.; BANIK, S.; GUPTA, K. Studies on efficacy of a phytohormone producing phosphate solubilizing *Bacillus firmus* in augmenting paddy yield in acid soils of Nagaland. **Plant and Soil**, v.69, p. 395-373, 1982.

DE FREITAS, J.R.; BAMERJEE, M.R.; GERMIDA, J.J. Phosphate - solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.). **Biology and Fertility of Soils**, v. 24, p. 358-364, 1997.

DEEPAKE, U., Aero-microbiological studies of Moisture Affected Buildings in the Indoor Environment. **Journal of Young Investigators**, v.19, n. 11, 2009.

EIRAS, P. P.; COELHO F. C. **Adubação verde na cultura do milho**. Niterói: PESAGRO-RIO, 2010. 14 p. (Manual técnico, 28).

ELORRIETA, M. A.; SUÁREZ-ESTRELA, F.; LÓPEZ, M. J.; VARGAS-GÁRCIA, M. C.; MORENO, J. Survival of phytopathogenic bacteria during waste composting. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 96, n. 1-3, p. 141-146, 2003.

ETHUR, L.Z.; CEMBRANEL, C.Z.; SILVA, A. C. F. Seleção de *Trichoderma spp.* visando ao controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, in vitro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.5, p.885-887, 2001

FAOSTAT data: Food and Agricultural Organization of the United Nations. Disponível em: <http://www.faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Atualizado em fev 2010. Acesso em 10 de janeiro de 2013.

GARRIDO, M. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MARQUES, T. R. R. Crescimento e absorção de nutrientes pelo algodoeiro e pela mamoneira adubados com gliricídia e esterco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 531-536, 2009.

GAUR, A.; ADHOLEYA, A. Diverse response of five ornamental plant species to mixed indigenous and single isolate arbuscular mycorrhizal inocula in marginal soil amended with organic matter. **Journal of Plant Nutrition**, v. 28, n. 4, p. 707-723, 2005.

GRYNDLER, M.; HRSELOVÁ, H.; SUDOVÁ, R.; GRYNDLEROVÁ, H.; REZÁCOVÁ, V.; MERHAUTOVÁ, V. Hyphal growth and mycorrhiza formation by the arbuscular fungus *Glomus calaroideum* BEG23 is stimulated by humic substances. **Mycorrhiza**, v. 15, n. 7, p. 483-488, 2005.

HALBRENDT, J. M.; LaMONDIA, J. A. Crop rotations and other cultural practices. In: CHEN, Z.; CHEN, S.; DICKINSON, D. W. (ed). **Nematology – Advances and Perspectives**. Volume II: Nematode Management and Utilization. Tsinghua University Press & CABI Publishing, Beijing & Wallingford, p. 909-930. 2004.

HARMAN, G.E. HOWEL, C.R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, p. 43 – 56, 2004.

HARMAN, G.E. Myth and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease** v.84, p. 377-393, 2000.

HARMAN, G.E. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. **Phytopathology**, v. 96, p.190 – 194, 2006.

HUANG, J. W.; KUHLMAN, E. G. Mechanisms inhibiting damping-off pathogens of slash pine seedlings with a formulation soil amendment. *Phytopathology*, St. Paul, v. 81, n. 3, p. 171-177, 1991.

HOWEL, C.R. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. **Plant Disease**, v. 87, p. 4-10, 2003.

KERSHAW, M. J. E TALBOT, N. J. Hydrophobins and repelants: proteins with fundamental roles in fungal morphogenesis. **Fungal Genetics Biology**, v. 23, p. 8-33, 1998.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KOROLEV, N.; RAV DAVID, D.; ELAD, Y. The role of phytohormones in basal resistance and *Trichoderma* induced systemic resistance to *Botrytis cinerea* in *Arabidopsis thaliana*. **Biological Control**, v. 53, p. 667-687, 2008.

KUCHAREK, T. Disease Control Program for peanuts extension Plant Pathology Report n.12, Gainesville, Florida jan, 2005, (Revision n. 24).

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA - LSPA: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, v.24, n.8 p.124, 2011.

LIMA, E. F.; MOREIRA, J. de A. N.; BATISTA, F. A. S; SILVA, O. R. R. F. da; FARIAS, F. J. C.; ARAUJO, A. E. Podridão vermelha do tronco do sisal (*Agave sisalana* Perr.) causada por *Botryodiplodia theobromae* Pat. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p.109-112, 1998.

LIMA, H.V. **Influência dos sistemas orgânico e convencional de algodão sobre a qualidade do solo no município de Tauá, CE**. 2001, 53 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Fortaleza.

LORITO, M.; MACH, R.L.; SPOSATO, P.; STRAUSS, J.; PETERBAUER. C.K.; KUBICEK, C.P. Mycoparasitic interaction relieves binding of the Cre 1 carbolite repressor protein to promoter sequences of the ech42 (endochiinase-encoding) gene *Trichoderma harzianum*. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, v. 93, p.14868 -14872, 1996.

Lucon, C.M.M. - Promoção de crescimento de plantas com o uso de *Trichoderma* spp (em linha). Infobibos, Informações Tecnológicas. (2009) (Acesso em 2013.03.20). Disponível em: < http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/trichoderma/index.htm >.

MAFONGOYA, P. L.; BARAK, P.; REED, J. D. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization of tree leaves and manure. **Biology and Fertility of Soils**, v. 30, n. 4, p. 298-305, 2000.

MARIANO, R.L.R. Métodos de seleção in vitro para controle microbiológico. Revisão Anual de Patologia de Plantas, v.1, p.369-409, 2000.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubadas com duas fontes

orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 669-677, 2007.

MATOS, L. V.; CAMPELLO, E. F. C.; RESENDE, A. S.; PEREIRA, J. A. R.; FRANCO, A. A. **Plantio de leguminosas arbóreas para produção de moirões vivos e construção de cercas ecológicas**: sistema de produção nº 03. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 78 p.

MEDINA, J. C. **O Sisal**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Publicidade Agrícola, 1954. 286p.

MELO, I.S. Potencialidades da utilização de *Trichoderma* spp., no controle biológico de doenças de plantas. In: BETTIOL, W (Ed.). **Controle Biológico de doenças de plantas**. Embrapa. Jaguariúna. 1991.

MELO, I.S. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. In: LUZ, W.C (Ed.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. EMBRAPA - CNPTrigo. Passo Fundo. 1996.

MORAES, S. A.; GODOY, I. J. Amendoim (*Arachis hypogaea* L.) Controle de doenças. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIN, L. (Eds). **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Ed. UFV, p.1-43, 1997.

MURHERJEE, P. S.; SATYANARAYANA, K. G. Structure and properties of some vegetable fibres, part 1. Sisal fibre. **Journal of Materials Science**, v.19, p.3925-3934, 1994.

Nogueira, T. A. R.; Sampaio, R. A.; Fonseca, I. M.; Ferreira, C. S.; Santos, S. E.; Ferreira, L. C.; Gomes, E.; Fernandes, L. A. Metais pesados e patógenos em milho e feijão caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.331-338, 2007.

PALENZUELA, J.; Azcón-Aguilar, C.; FIGUEROA, D.; Caravaca, F.; Roldán, A. & Barea, J.M. Effects of mycorrhizal inoculation of shrubs from Mediterranean ecosystems and composted residue application on transplant performance and mycorrhizal developments in a desertified soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 36, p. 170-175, 2002.

PAPIZAS, GC *Trichoderma* and *Gliocladium*: *Biology, Ecology and potential for Biocontrol*. **Annual Review of Phytopathology**, v. 23, p. 23-54, 1991.

RITZINGER, C. H. S.; McSORLEY, R. Effect of castor and velvetbean organic amendments on *Meloidogyne arenaria* in greenhouse experiments. **Journal of Nematology**, v. 30, n 4, p. 624-631, 1998.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; KOKALIS-BURELLE, N.; ROBERTSON, D. G.; KING, P. S.; WELLS, L. W. Rotations with coastal bermudagrass,

cotton and bahiagrass for management of *Meloidogyne arenaria* and southern blight in peanut. **Journal of Nematology**, v. 26, p. 665-668, 1994

SCHUSTER E, DUNN-COLEMAN N, FRISVAD J, VAN DIJCK P. On the safety of *Aspergillus niger* – a review. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 59, n. 4-5, p. 426-435, 2002.

SECRETÁRIA DE COMÉRCIO EXTERIOR – SECEX. Exportações Brasileiras, 2009. Disponível em: www2.desenvolvimento.gov.br Acesso em: 17 de julho de 2012.

SECTI. Plano de Desenvolvimento do Arranjo Produtivo Local de Sisal. Governo da Bahia. Julho de 2007.

SEI. v. 1 - Salvador. Boletim anual 2010. 56 p. Disponível em: www.sei.ba.gov.br. Acesso em 28 de dezembro de 2012.

SHARMA, R. D. Adubação verde no controle de fitonematóides. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Eds.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2006. p. 237-264.

SHORESH, M.; HARMAN, G. E.; MASTOURI, F. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. **Annual Review of Phytopathology**, v. 48, p. 21–43, 2010.

SHORESH, M.; YEDIDIA, I; CHET, I. Involvement of Jasmonic Acid/Ethylene Signaling Pathway in the Systemic Resistance Induced in Cucumber by *Trichoderma asperellum*. **Phytopathology**, v. 95, p. 76-84, 2005.

SILVA, J.B.T.; MELLO, S.C. **Utilização de *Trichoderma* no controle de fungos fitopatogênicos**. Jaguariuna: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p. 17. 2007.

SILVA, O. R. R. F. DA; COUTINHO, W.M.; CARTAXO, W.V.; SOFIATTI, V. SILVA FILHO, J.L.; CARVALHO, O.S.; COSTA, L.B.da. **Cultivo do Sisal no Nordeste Brasileiro**, Circular Técnica n. 123, Embrapa, Campina Grande, PB, julho, 2008.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II - Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 51-61, 2007.

SILVEIRA, R. X. da. **Influência do resíduo líquido do sisal (*Agave sisalana* Perrine) sobre o desenvolvimento, in vitro, de nematóides gastrintestinais de ovinos e caprinos**. 2009. 85p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

SINDIFIBRAS. O sisal do Brasil. Disponível em: <http://www.brazilianfibres.com.br/>. Acesso em 19 dez 2012.

SOARES, A. C. F.; SALOMÃO, M. S.; ALMEIDA, N. de S.; PEREZ, J. O.; GARRIDO, M. da S. *Aspergillus niger* como agente causal de manchas foliares e podridão do pseudocaulo do sisal. In: **XXXIX Congresso Brasileiro de Fitopatologia**, 2006, Salvador, BA.

SOTERRO, A. N.; FREITAS, S.S.; MELO, A. M. T.; LA TRANI, P. E. Rizobacterias e alface: colonização rizosférica, promoção de crescimento e controle biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 225-234, 2006.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564 p.

STONE, A. G.; SCHEUERELL, S. J.; DARBY, H. M. Suppression of soilborne diseases in field agricultural systems: organic matter management, cover cropping, and other cultural practices. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (Eds.). **Soil organic matter in sustainable agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 132-164.

SUINAGA, F.A.; SILVA, O.R.R.F.; COUTINHO, W.M. A história. In: ANDRADE, W. (Ed.) **O Sisal do Brasil**. 1.ed. Salvador: SINDIFIBRAS; Brasília: APEX-Brasil, p.19-21, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. **Nature**, v. 371, n. 6500, p. 783-785, 1994.

VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERT, E.L.; MARA, R.; BARBETTI, M.J.; LI, H.; WOO, S.L.; LORITO, M. A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 72, p. 80–86, 2008.

WEEDEN, C.R., A. M. SHELTON, AND M. P. HOFFMAN. **Biological Control: A Guide to Natural Enemies in North America**. 2008.

WINDHAM, M.T.; ELAD, Y.; BAKER, R.; A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. **Phytopathology**, v. 76, p. 518-521, 1986.

YEDIDIA, I.; SRIVASTVA, A.K.; KAPULNIK, Y.; CHET, I. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. **Plant and Soil**, v. 235, p. 235-242, 2001.

YORINORI, J. T. Doenças da soja causadas por fungos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v.8, n.94, p.40-46, 1982.

CAPÍTULO 1

**Produção de mudas de sisal em solo com gliricídia e
*Trichoderma***

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE SISAL EM SOLO COM GLIRICÍDIA E *TRICHODERMA*

Autora: Márcia Oliveira do Carmo

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Cristina Fermino Soares

RESUMO: O sisal tem grande importância econômica e social para a região semiárida da Bahia. Entretanto, é uma cultura pouco estudada e que necessita de tecnologia para a produção de mudas de boa qualidade fitossanitária e nutricional. Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da incorporação de gliricídia (0, 10, 20 e 40 t ha⁻¹) e cinco isolados de *Trichoderma* no solo sobre o crescimento e nutrição de mudas de sisal em solos com características químicas diferentes. Cento e oitenta dias após o transplante das mudas fez-se a quantificação da população de *Trichoderma*, a determinação da massa seca de raiz (MSRZ) e da parte aérea (MSPA), os teores de NPK na parte aérea das mudas e a fertilidade do solo. A população de *Trichoderma* do solo arenoso foi superior à do solo argiloso. A incorporação de gliricídia ao solo promoveu o aumento nos teores de nutrientes do solo e o melhor crescimento das mudas de sisal, em ambos os solos. O crescimento máximo das mudas, em ambos os solos, foi alcançado na dose de gliricídia equivalente a 30 t ha⁻¹. No solo argiloso, *Trichoderma harzianum* (isolado TCS 34) promoveu o aumento de 46% na MSPA e de 25% na MSRZ e de 26% e 47% nos teores de fósforo e potássio na planta, respectivamente. No solo arenoso, o incremento foi de 106% da MSPA (com *Trichoderma virens*, isolado TCS 43), de 87% na MSRZ, 55% no teor de nitrogênio e 45% no teor de fósforo (com *Trichoderma virens*, isolado TCS 28). Houve correlação linear entre a população de *Trichoderma* no solo e a massa seca da parte aérea das mudas. O aumento do teor de N no solo argiloso ocorreu apenas em função do aumento das doses de gliricídia. A incorporação da biomassa de gliricídia de forma isolada ou combinada com *Trichoderma* promoveu incrementos significativos no crescimento e nutrição de mudas de sisal.

Palavras-chaves: *Agave sisalana*, leguminosa, adubo verde, semiárido.

SISAL (*Agave sisalana* Perrine) GROWTH AND NUTRITION IN SOIL AMENDED WITH GLIRICIDIA AND *TRICHODERMA*

Autor: Márcia Oliveira do Carmo

Advisor: Prof^a Dr.^a Ana Cristina Fermino Soares

Abstract: Sisal (*Agave sisalana* Perrine) has a great economic and social importance for the semiarid region of Bahia. However, it is a crop with very few research studies, making it necessary to develop technology for production of plants with good nutritional and phytosanitary standards. This study aimed to evaluate the effect of soil amendment with gliricídia (*Gliricídia sepium*) (0, 10, 20 and 40 t ha⁻¹) and five isolates of *Trichoderma* on growth and nutrition of sisal plants in two soils with different chemical characteristics. One hundred and eighty days after transplanting of seedlings, the population of *Trichoderma* in soil was quantified, root dry weight (MSRZ), plant aerial parts dry weight (MSPA) and NPK contents in shoots were quantified for sisal plants, as well as soil fertility. The population of *Trichoderma* in sandy soil was superior, compared to clay soil. Gliricidia improved soil nutrients and sisal plant growth in both soils. Maximum growth of sisal in both soils was achieved at a dose of 30 t ha⁻¹. In clay soil, *Trichoderma harzianum* (isolate TCS 34) increased by 46% and 25% MSPA and MSRZ and by 26% and 47% plant phosphorus and potassium content, respectively. In sandy soil, the increase was of 106% for MSPA with *Trichoderma virens*, (isolate TCS 43), and of 87% for MSRZ, 55% for nitrogen, and 45% for phosphorus, with *Trichoderma virens* (isolate TCS 28). A linear correlation between the population of *Trichoderma* and dry mass of shoots was observed. The increase of N content in clay soil occurred only as a result of soil amendment with increased doses of gliricidia. Soil amendment with gliricidia plant biomass, alone or in combination with *Trichoderma* isolates promoted significant increases in growth and nutrition of sisal plants.

Keywords: growth promotion, legumes, green manures, semiarid

INTRODUÇÃO

O sisal é uma cultura com importância econômica e social para a região semiárida da Bahia, por gerar emprego e renda nesta região, sendo o principal produto agrícola, que garante a sobrevivência dos agricultores familiares na região semiárida e a permanência do homem no campo (SUINAGA, 2006). A fibra do sisal extrapola a sua utilização tradicional como fio, tapetes e mantas. Atualmente, a fibra de sisal é utilizada na fabricação de móveis diversos, na confecção de painéis automobilísticos, nas indústrias náutica e aeronáutica e na substituição do cimento amianto, para fabricação de telhas, paredes e caixas d'água (SINDFIBRAS, 2013).

Entretanto, ainda é uma cultura pouco estudada, tornando-se necessárias pesquisas que apontem alternativas tecnológicas para a produção de mudas de boa qualidade fitossanitária e nutricional. Na literatura científica existem poucas informações sobre a recomendação de adubação para a cultura do sisal. As informações existentes são muito antigas e os sistemas de manejo para essa cultura também são descritos de forma muito generalizada (SEAGRI, 2012).

A adubação orgânica com leguminosas apresenta-se como uma prática de baixo custo que pode aumentar a produtividade das culturas e ser uma alternativa para os sistemas agrícolas familiares no semiárido (TIESSEN et al., 1994). Dentre os adubos verdes com potencial de uso nas condições do semiárido, destaca-se a glicíndia que, além de grande capacidade de produzir biomassa com baixa disponibilidade hídrica, tem boa capacidade de, em associação com bactérias diazotróficas simbióticas, fixar o nitrogênio atmosférico (BARRETO & FERNANDES, 2001; BALA et al., 2003; MARIN, et al., 2007).

Estudo realizado por Silva et al., (2007) demonstrou que a incorporação de adubos orgânicos oriundos de leguminosas é uma prática de manejo viável, pois além de evitar a imobilização de nitrogênio do solo e disponibilizar esse nutriente para a planta, de forma mais sincronizada com a demanda das culturas agrícolas, também auxilia a manter a fertilidade do solo, a longo prazo.

Aliado a matéria orgânica, a utilização de micro-organismos com ação de biocontrole e/ou de promoção de crescimento também vem sendo apontada como uma prática com potencial para exploração em sistemas de produção agrícolas ecológica e economicamente sustentáveis (COMPANT et al., 2005).

Fungos do gênero *Trichoderma* são micro-organismos que atuam como agentes de biocontrole de doenças e são promotores de crescimento de plantas (ALTAMORE et. al., 1999), proporcionando o aumento do crescimento das raízes, o controle de micro-organismos deletérios, a degradação de metabólitos tóxicos produzidos por esses micro-organismos deletérios e o controle direto de patógenos da raiz (HARMAN et al., 2004). Muitas dessas espécies possuem a capacidade de se associar às raízes da planta, formando uma interação interespecífica de simbiose, por mecanismos similares aqueles de fungos micorrízicos (BENEDITEZ et. al., 2004). *Trichoderma* tem um papel importante na rizosfera de plantas, por produzir hormônios vegetais e vitaminas, atuar na degradação da matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes, possibilitando a absorção e translocação de minerais pela planta (MELO, 1996).

Vários produtos à base de *Trichoderma* são recomendados para tratamento de substratos e de sementes no mercado (ETHUR et al, 2007). No entanto, os estudos sobre o tratamento de mudas com produtos biológicos ainda são escassos (MERTZ et al., 2009).

Os mecanismos pelos quais os adubos orgânicos beneficiam as espécies de *Trichoderma* no solo incluem a melhoria nas propriedades do solo e a presença de substâncias produzidas durante a decomposição da matéria orgânica adicionada ao solo (GRYNDLER et al., 2005). Contudo, fatores como dose, além de espécie vegetal e dos isolados de *Trichoderma*, devem ser considerados para o sucesso da simbiose em áreas de cultivo orgânico (SILVA, 2006).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da incorporação da gliricídia e de isolados de *Trichoderma* no solo sobre o crescimento e nutrição de mudas de sisal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Isolados de *Trichoderma*

Foram avaliados isolados de *Trichoderma*, selecionados para o controle da podridão vermelha do sisal (SÁ, 2013), provenientes de áreas de produção de sisal na região semiárida da Bahia e mantidos na coleção de culturas do Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus Cruz das Almas – BA. A identificação molecular, em nível de espécie, foi obtida pelo sequenciamento da região ITS do rDNA e parte do gene codificador do fator de alongação (EF). Com base no sequenciamento da região ITS do rDNA, os isolados de *Trichoderma* foram identificados como *Trichoderma viride* (isolado TCS09), *Trichoderma virens* (isolados TCS28 e TCS 43) e *Trichoderma harzianum* (isolados TCS34 e TCS76) (Sá, 2013).

Formulação dos isolados de *Trichoderma*

Os isolados de *Trichoderma* foram multiplicados em meio BDA 1/5 (diluído cinco vezes), à temperatura ambiente ($28\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 10 dias, sendo posteriormente transferidos para tubos criogênicos com meio BDA 1/5 e enviados para a Empresa Sementes Farropilha, Pato de Minas, MG. Esta empresa enviou as formulações em pó para cada isolado de *Trichoderma*. Amostras de 1g de cada formulado de *Trichoderma* foram retiradas e o inoculo de *Trichoderma* quantificado por diluição seriada e plaqueamento em meio TSM adaptado (0,2 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,9 g de KH_2PO_4 ; 0,15 g de KCl; 1 g de NH_4NO_3 ; 3 g de dextrose; 0,15 g de rosa de bengala; 3 mL de Tritom X100; 2 mL de Carbendazin (solução estoque 0,05 mL/L)) e incubação a $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 3 dias. Fez-se a quantificação das unidades formadoras de colônia (UFC) e o cálculo para obtenção de $\text{UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ de formulado. Os formulados de *Trichoderma* apresentaram as concentrações de $3,3 \times 10^5$ UFC/g de formulado para o

isolado TCS 09; $4,0 \times 10^6$ UFC/g de formulado para o isolado TCS 28; $4,0 \times 10^6$ UFC/g de formulado para o isolado TCS 34; $3,67 \times 10^6$ UFC/g de formulado para o isolado TCS 43 e $6,67 \times 10^6$ UFC/g de formulado para o isolado TCS 76.

Caracterização química do solo

Foram utilizados dois tipos de solo, sendo um Latossolo vermelho amarelo, de textura médio-argilosa e um Planossolo, com textura arenosa, ambos coletados em área de produção de sisal na região semiárida da Bahia.

Após a coleta de aproximadamente 1000 litros de solo, uma amostra composta de cada solo foi coletada de forma aleatória e estas enviadas ao Laboratório de Análise de Solos da USP-ESALq, para caracterização química e física, apresentada na tabela 1.

Tabela 1: Características químicas e granulométricas dos solos coletados nos municípios de Jacobina (Argiloso- ARG) e Santa Luz (Arenoso-ARE) na região semiárida da Bahia.

| Macronutrientes | | | | | | | | Física | | | | |
|-----------------|---------------------|-----------------------|------|-----|------|------|-----|--------------------|--------|-------|-------|----|
| pH | P | K | Ca | Mg | H+Al | SB | CTC | M.O | Argila | Areia | Silte | V |
| | mg dm ⁻³ | cmol dm ⁻³ | | | | | | g kg ⁻¹ | % | | | |
| Argiloso | | | | | | | | | | | | |
| 6,3 | 20 | 0,43 | 0,55 | 1,2 | 1,1 | 7,1 | 8,2 | 15 | 23 | 75 | 2 | 87 |
| Arenoso | | | | | | | | | | | | |
| 4,6 | 3 | 0,21 | 0,80 | 0,3 | 1,6 | 1,3 | 2,9 | 12 | 12 | 85 | 3 | 44 |
| Micronutrientes | | | | | | | | | | | | |
| B | Cu | Fe | Mn | Zn | Na | Si | | | | | | |
| Argiloso | | | | | | | | | | | | |
| 0,2 | 1,0 | 49 | 38,4 | 1,1 | 4,0 | 25,6 | | | | | | |
| Arenoso | | | | | | | | | | | | |
| 0,13 | 1,2 | 5,0 | 47,1 | 0,4 | 20 | 12,1 | | | | | | |

pH = potencial hidrogênico; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; CTC = capacidade de troca catiônica; MO = matéria orgânica. Cu=cobre, Fe = ferro, Mn= Manganês e Zn= zinco

Preparo dos inóculos, inoculação de *Trichoderma* e incorporação de gliricídia ao solo

Para avaliar o efeito da incorporação no solo da parte aérea de gliricídia e de isolados de *Trichoderma* no crescimento e nutrição de mudas de sisal foram instalados dois experimentos, sendo um com solo argiloso e outro com solo arenoso, em estufa agrícola no campus de Cruz das Almas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no período de março a setembro de 2012.

A parte aérea de gliricídia foi coletada no campus de Cruz das Almas da UFRB, na área experimental de forrageiras. Folíolos e pecíolos de gliricídia foram triturados em moinho de facas com abertura de malha de 2 mm de diâmetro e secos em condições de campo, à sombra. Parte do material moído foi utilizada para a determinação dos teores de nutrientes (Tabela 2) e a outra parte foi incorporada ao solo, em doses equivalentes a 10 t ha⁻¹ (10 g por vaso), 20 t ha⁻¹ (20 g por vaso) e 40 t ha⁻¹ (40 g por vaso) de matéria seca de gliricídia.

Tabela 2. Caracterização química da parte aérea (folhas e ramos) da gliricídia antes da incorporação ao solo.

| Determinações | Gliricídia |
|--------------------------------|------------|
| pH em CaCl ₂ 0,01M | 7,10 |
| Umidade (%), perdida a 60-65°C | 11,40 |
| N (g kg ⁻¹) | 27,74 |
| P (g kg ⁻¹) | 1,50 |
| K (g kg ⁻¹) | 15,30 |
| Ca (g kg ⁻¹) | 8,65 |
| Mg (g kg ⁻¹) | 3,50 |
| S (g kg ⁻¹) | 2,01 |
| Cu (mg/kg) | 6,10 |
| Mn (mg/kg) | 48,00 |
| Zn (mg/kg) | 39,10 |
| Fe (mg/kg) | 342,40 |
| B (mg/kg) | 32,26 |
| Na (mg/kg) | 84,00 |

Para incorporação de *Trichoderma* ao solo, fez-se o cálculo, com base na concentração de *Trichoderma* no formulado (UFC.g de formulado em pó), para a quantidade de cada formulado necessária para a obtenção de 10^6 UFC/ml da suspensão de inoculo. O formulado de cada isolado de *Trichoderma* foi pesado individualmente, para cada tratamento e cada repetição, diluindo-se o formulado em 0,2 litros de água para melhor homogeneização em 2 kg de solo, quantidade de solo definida para cada saco de mudas. Foi feita a incorporação simultânea da gliricídia e do formulado de *Trichoderma* no solo, sendo este homogeneizado por meio de agitação manual em saco de plástico e transferido para o saco de muda.

Mudas provenientes de bulbilhos coletados em área de produção de sisal na região semiárida da Bahia foram enraizadas em bandejas de plástico (12 x 31 x 50 cm) contendo solo, até obterem quatro a seis folhas e, em média, 12 cm de altura. Na instalação do experimento, as mudas foram transplantadas para os sacos de muda contendo o solo com os tratamentos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, com quatro doses de adubação verde (0, 10, 20 e 40 t ha⁻¹ de matéria seca de gliricídia), cinco formulações de isolados de *Trichoderma* (isolados TCS09, TCS28, TCS34, TCS43 e TCS76) e um tratamento controle sem *Trichoderma*, com quatro repetições, totalizando 96 parcelas. Cada parcela foi formada por uma muda em saco de muda contendo 2 kg de solo.

As mudas de sisal foram mantidas em estufa agrícola por um período de seis meses, nos meses março a setembro de 2012, com a umidade do solo a 70% da capacidade de vaso, sendo ajustada diariamente por meio de regas diárias, com base no peso dos vasos.

Parâmetros analisados referentes ao crescimento das mudas de sisal

Cento e oitenta dias após o transplante, as mudas foram coletadas, separando-se a parte aérea das raízes. As raízes foram

lavadas em água corrente sobre peneira de 2 mm. Posteriormente, as raízes e a parte aérea foram acondicionados separadamente em sacos de papel previamente identificados e em seguida colocados para secar em estufa com ventilação forçada a 65°C, até atingir massa constante. Após a secagem dos materiais vegetais, utilizou-se uma balança de precisão para determinação da massa seca.

Quantificação dos isolados de *Trichoderma* no solo após o cultivo das mudas de sisal

A população de *Trichoderma* no solo foi determinada ao final do experimento. Amostras de solo foram retiradas de todos os sacos de muda e, para preparo das diluições dessas amostras foram feitas suspensões de 10 g de cada amostra de solo em 90 ml de solução salina esterilizada, utilizando-se frascos do tipo Erlenmeyer com capacidade para 250 ml. Os frascos foram colocados em agitador orbital para agitação por 30 minutos. A partir dessa suspensão de solo foram preparadas mais duas diluições (10^{-2} e 10^{-3}). Dessas diluições, uma alíquota de 0,1 ml foi transferida para placas de Petri contendo meio seletivo TSM adaptado, conforme escrito acima. Para cada diluição fez-se o plaqueamento em meio TSM modificado, com três repetições. A alíquota foi espalhada nas placas com o auxílio de uma alça de Drigalski esterilizada por flambagem. Em seguida, as placas foram incubadas em incubadora tipo BOD a 25 °C, por três dias. Após o período de incubação fez-se a contagem de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) para todas as repetições da mesma diluição, após selecionar as placas que continham entre 30 a 300 colônias.

A população de *Trichoderma* foi determinada pela contagem das unidades formadoras de colônia (UFC) e o cálculo resultante da seguinte fórmula: $UFC/g = N \times F \times Y$, sendo: N = o número de colônias, F = 10 (fator de correção do plaqueamento de 100 µl de suspensão por placa para 1 ml), Y = fator de diluição da amostra. Para a análise estatística, os dados foram transformados em $\log(x + 1)$, em que x corresponde ao número de UFC.

Caracterização química do solo após o cultivo das mudas de sisal

Amostras de solo de cada uma das quatro repetições foram coletadas para ambos os experimentos e enviadas ao Laboratório de Análise de Solos da USP-ESALq, para análise química. Foram determinadas as seguintes características químicas: pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al) e matéria orgânica (MO), em conformidade com o manual de análises do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC (RAIJ et al., 2001) .

Avaliação nutricional da parte aérea das mudas de sisal

Após obtenção da massa seca da parte aérea, as amostras foram moídas para a determinação de nitrogênio, fósforo e potássio. O material vegetal foi submetido à digestão ácida com uma mistura de ácido sulfúrico concentrado e peróxido de hidrogênio a 30% (Jones, 2001). Com a utilização de uma balança analítica de precisão ($\pm 0,0001$ g) foi pesado e transferido para tubos de digestão, cerca de 0,1 g de tecido vegetal moído. Em seguida, foram adicionados 3,5 ml de H₂SO₄ concentrado. Após 30 minutos de repouso em capela de exaustão de gases, foram acrescentados 2,0 ml de H₂O₂ a 30%, sendo esta mistura aquecida em bloco de digestão na temperatura de 350°C por 30 min. Após resfriamento, foram acrescentados novamente uma alíquota de 1,0 ml de H₂O₂ a 30% e esta etapa foi repetida até a digestão completa do material orgânico, ou seja, quando o material digerido apresentava-se incolor. Após esta etapa, o material digerido foi transferido para balão volumétrico de 50 ml e completado o volume com água deionizada. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em vasos plásticos com tampa, para a posterior determinação de nitrogênio, fósforo e potássio.

O teor de nitrogênio foi determinado colorimetricamente (625 nm), utilizando-se uma alíquota de 0,4 ml do extrato convenientemente diluído, pelo método do fenol-hipoclorito (Weatherburn, 1967).

A determinação do fósforo foi realizada colorimetricamente (660 nm), pelo método do molibdo-vanadato (Sarruge & Haag, 1974), em uma alíquota de 1,0 ml do extrato convenientemente diluído.

A determinação do potássio foi realizada por fotometria de chama, pela leitura direta do extrato em fotômetro de chama.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise da variância para verificação da significância e, em caso positivo, foi realizada análise de regressão ou comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores das variáveis Unidades Formadoras de Colônias foram transformados em $\log(x+1)$, sendo o valor de x igual ao número de ufc g⁻¹ solo seco. Para essas análises, foi utilizado o software estatístico SAS (SAS, 2000).

RESULTADOS

Caracterização química do solo

O solo do município de Jacobina apresentou características químicas e físicas diferentes, quando comparado ao solo de Santa Luz (Tabela 1).

O pH de ambos está na faixa adequada ao crescimento de *Trichoderma*, o que permite o seu crescimento e a competição com outros micro-organismos do solo. Este fungo tem potencial de promover o crescimento de plantas e o controle de fitopatógenos. A atividade antagônica de *Trichoderma* tem sido observada em ambientes com valores de pH menores de 6,5 e a produção ótima de biomassa em pH entre 4,6 e 6,8 (JACKSON et al, 1991).

No entanto, o sisal apresenta bom desenvolvimento em solos alcalinos com média de pH 7,0 (BELTRÃO, 2006). O solo argiloso apresentou maior concentração de ferro, potássio, magnésio, zinco, matéria orgânica e fósforo. A baixa concentração de ferro no solo pode dificultar o crescimento de *Trichoderma* (HUBRARD et al., 1983).

Entretanto, neste trabalho, a população de *Trichoderma* foi maior no solo arenoso com menor concentração de ferro.

Experimento I - Solo argiloso com incorporação de *Trichoderma* e doses de gliricídia

População de *Trichoderma* no solo tratado com gliricídia e *Trichoderma* e com plantio de mudas de sisal.

Seis meses após o plantio das mudas de sisal, a população de *Trichoderma* no solo apresentou-se diferente ($\alpha=0,05$), com efeito significativo para a interação *Trichoderma* e doses de gliricídia, no solo argiloso.

Todos os tratamentos com isolados de *Trichoderma* diferiram da testemunha sem inoculação, não sendo detectados propágulos de *Trichoderma* no solo para o tratamento testemunha (Figura 1).

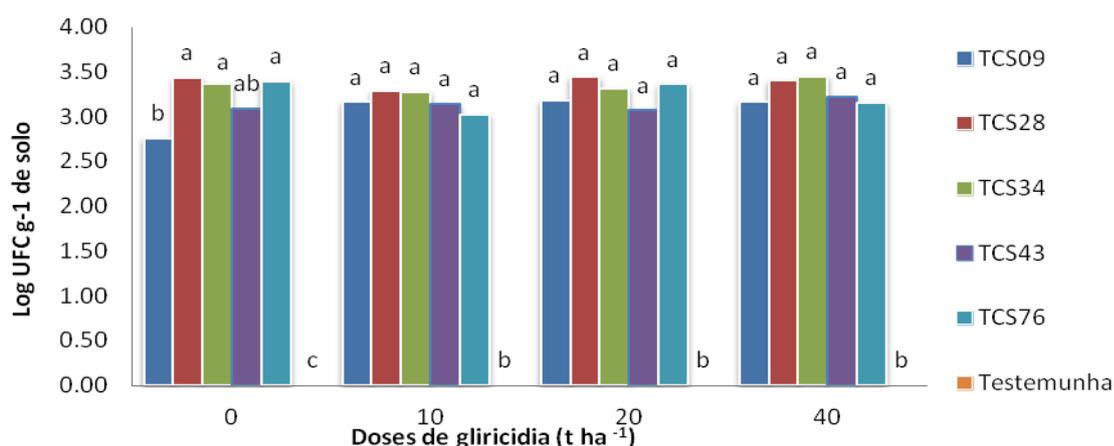


Figura 1. População de *Trichoderma* (log UFC g⁻¹ de solo), em solo argiloso, tratado com formulados de diferentes isolados de *Trichoderma* e com a incorporação de diferentes doses de gliricídia, cultivado com mudas de sisal, em sacos de muda, por 180 dias. Tratamento testemunha sem *Trichoderma*. Barras seguidas por letras iguais, dentro de cada dose de gliricídia, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na ausência da gliricídia, o solo tratado com o isolado de *T. virens* (TCS28) obteve maior população com 2.79×10^3 UFC g⁻¹ de solo, seguido pelos tratamentos com *T. harzianum* (TCS76) (2.49×10^3 UFC

g⁻¹ de solo) e *T. harzianum* (TCS34) ($2,38 \times 10^3$ UFC g⁻¹ de solo) (Figura 1). Segundo Harman (2004), em solos tropicais, pode-se encontrar de 10^1 a 10^3 UFC de *Trichoderma* spp.

Foi observada diferença estatística para a interação entre *Trichoderma* e doses de gliricídia, sendo possível o ajuste da equação para *T. viride* (TCS 09), com tendência quadrática significativa para o aumento da densidade populacional de *Trichoderma* com o aumento da quantidade de gliricídia (Figura 2), com a maior população na dosagem próxima a 25 t ha⁻¹.

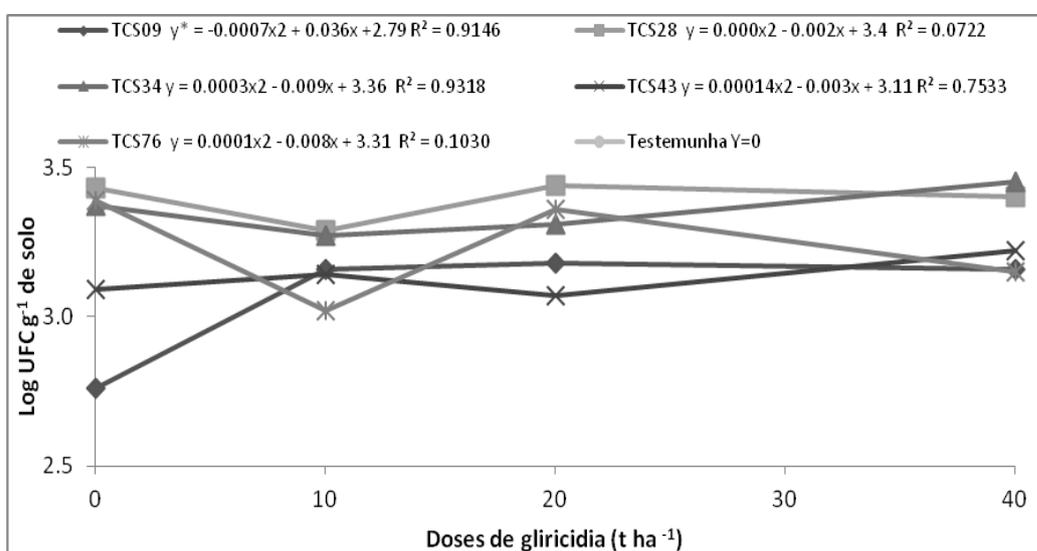


Figura 2. População de *Trichoderma* em solo argiloso, aos 180 dias após inoculação e plantio de mudas de sisal, em função da dose de gliricídia incorporado ao solo. Equação com coeficiente de regressão significativo a 5% de probabilidade de erro.

Parâmetros de crescimento do sisal

Houve interação significativa entre os isolados de *Trichoderma* e as doses de gliricídia, indicando que doses crescentes de gliricídia influenciaram o comportamento dos isolados de *Trichoderma* em relação ao potencial de promoção de crescimento das mudas de sisal no solo argiloso.

T. harzianum (TCS34) proporcionou o aumento de 46% na massa seca da parte aérea e de 25% na massa seca das raízes, nas mudas de

sisal cultivadas em solo com dose de gliricídia equivalente a 10 t ha⁻¹ (Figura 3). Nas demais doses não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com o fungo e a testemunha sem inoculação.

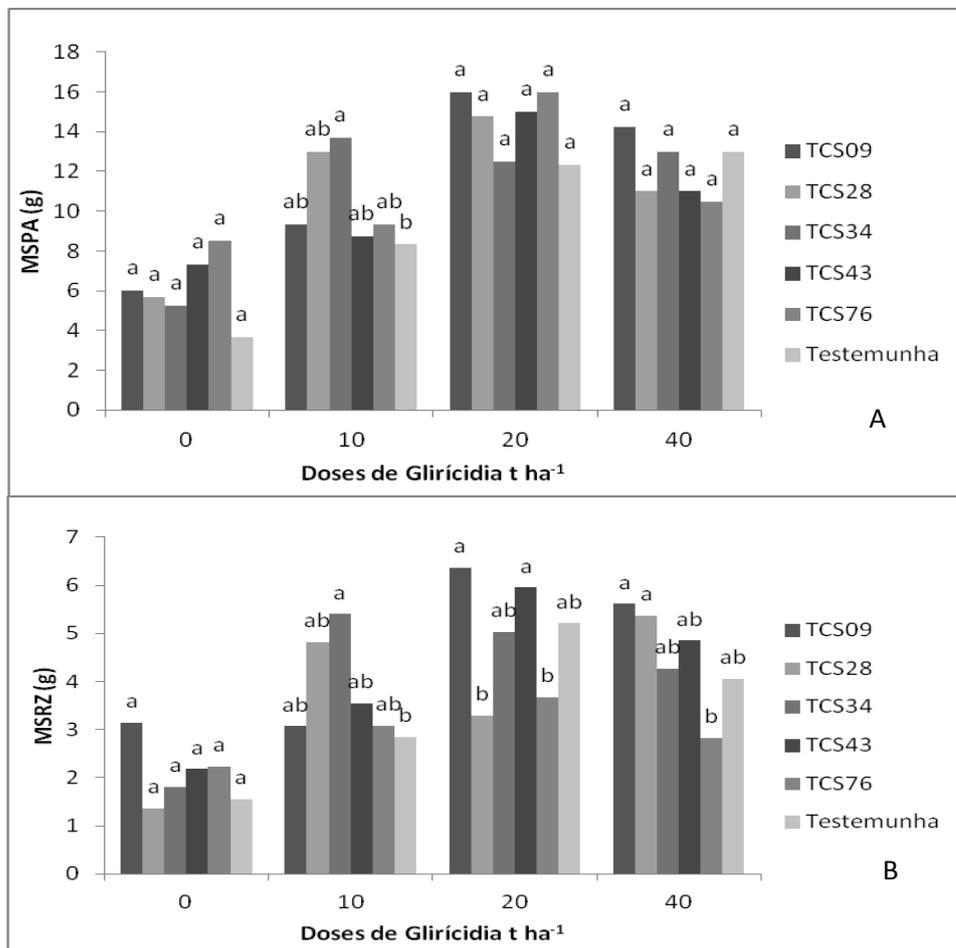


Figura 3. Produção de biomassa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSRZ) de mudas de sisal cultivadas por 180 dias em solo argiloso tratado com formulados de *Trichoderma* e diferentes doses de gliricídia. As letras comparam os tratamentos com *Trichoderma*, em cada dose de gliricídia (teste de Tukey, a 5% de probabilidade).

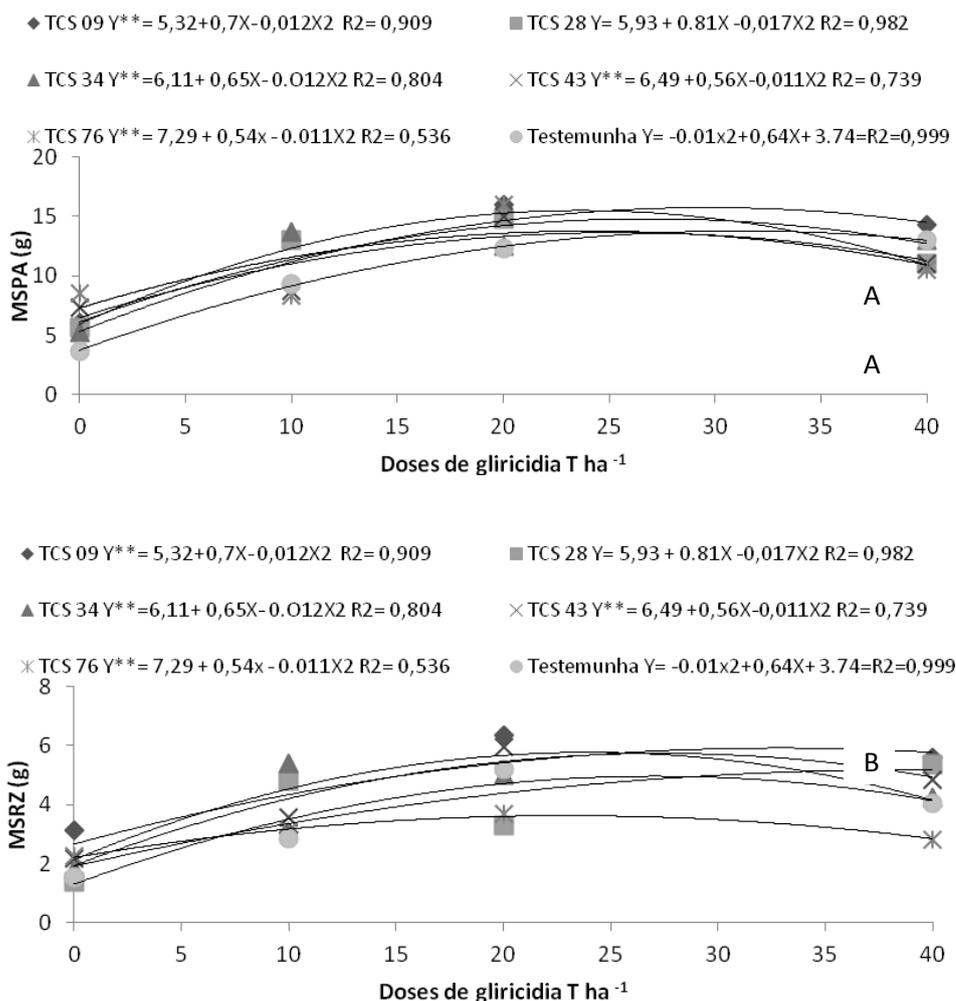


Figura 4. Regressão para produção de biomassa seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSRZ) de mudas de sisal produzidas em solo tratado com formulados de *Trichoderma*, em resposta as doses crescentes de gliricídia em solo argiloso.

A incorporação da gliricídia ao solo proporcionou um efeito positivo no crescimento das mudas, para produção de biomassa seca da parte aérea e das raízes ($\alpha=0,05$). O aumento nas doses de gliricídia no solo argiloso, até valores de 24 a 29 t ha⁻¹, proporcionou incrementos significativos, com os valores máximos de produção de matéria seca das mudas (Figura 4). Para as mudas produzidas em solo sem *Trichoderma*, a produção máxima de massa seca da parte aérea só foi atingida na dose equivalente a 32 t ha⁻¹, indicando que os isolados de *Trichoderma* potencializam o efeito benéfico da adubação verde com gliricídia

É importante mencionar que para todos os parâmetros essas regressões são altamente significativas, com probabilidade de erro de 0,01, pelo teste F. Isso indica que o efeito do aumento das dosagens de gliricídia foi positivo na promoção de crescimento de mudas de sisal, até o nível máximo obtido, determinado pelo sinal negativo, decrescendo a partir deste valor.

Foi observada correlação linear baixa e positiva entre a população de *Trichoderma* em solo argiloso, enriquecido com doses de gliricídia e com *Trichoderma* e cultivado com sisal apenas para produção da massa seca da parte aérea (Tabela 3). Isto indica que a população de *Trichoderma* no solo tem influencia no crescimento das mudas de sisal para esses parâmetros.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre a população de *Trichoderma* em solo argiloso enriquecido com doses de gliricídia e *Trichoderma* e os parâmetros de crescimento de mudas de sisal.

| Parâmetros | Valor r |
|---------------------------------------|---------|
| Produção de massa seca na parte aérea | 0,206* |
| Produção de massa seca das raízes | ns |

ns: não-significativo a 5%

Avaliação nutricional das plantas

Não houve interação significativa entre os tratamentos com isolados de *Trichoderma* e as doses de gliricídia, verificando-se que, no solo argiloso, doses crescentes de gliricídia não influenciaram os efeitos dos *Trichoderma* na nutrição de mudas de sisal.

Avaliando-se os fatores isolados, verificou-se que as mudas tratadas com o isolado TCS34 apresentaram aumento de 26% do teor de fósforo e de 17% do teor de potássio na parte aérea em relação às plantas do tratamento controle (Tabela 4). Como não houve efeito da adição de *Trichoderma* no solo para os teores de N, os isolados de *Trichoderma* não se diferenciaram do tratamento testemunha, sugerindo

que a nutrição desse nutriente na planta dependeu exclusivamente do adubo adicionado ao solo argiloso.

Tabela 4. Concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea de mudas de sisal cultivadas em solo argiloso inoculado com diferentes isolados de *Trichoderma*.

| Trat.* | Teores (mg g ⁻¹) | | |
|------------|------------------------------|--------|---------|
| | N | P | K |
| TCS 09 | 16,2a | 1,86b | 31,8 ab |
| TCS 28 | 17,2a | 2,04ab | 36,6 ab |
| TCS 34 | 17,7a | 2,25a | 37,1 a |
| TCS 43 | 17,4a | 1,99ab | 34,3ab |
| TCS 76 | 19,4a | 1,98ab | 35,1ab |
| Testemunha | 18,2a | 1,79b | 31,8b |
| CV(%) | 47,23 | 18,74 | 18,45 |

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. *Tratamentos com isolados de *Trichoderma* TCS09 (*T. viride*) TCS 28 (*T. virens*), TCS 34 (*T. harzianum*), TCS 43 (*T. virens*) e TCS 76 (*T. harzianum*). Testemunha – tratamento sem inoculação

Os teores de N, P e K na parte aérea de sisal responderam apenas ao fator doses de gliricídia, sendo que a resposta foi linear positiva para o N e K (Figura 5A e C) e quadrática para o P, com o teor máximo em 21 t há⁻¹(Figura 5B).

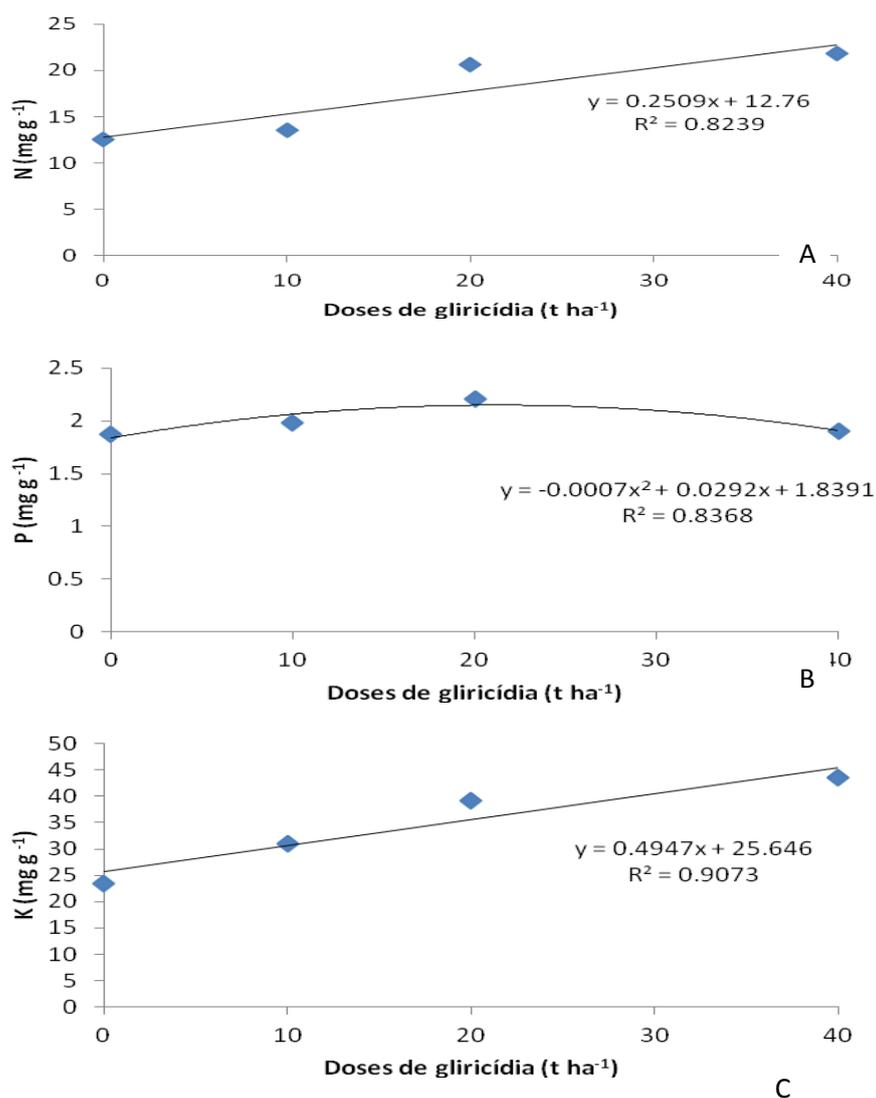


Figura 5 – Teores de nitrogênio (A), fósforo(B) e potássio (C) em tecido vegetal de parte aérea de mudas de sisal, cultivadas em solo argiloso com a adição de doses de gliricídia (0, 10, 20 e 40 t ha⁻¹).

Caracterização química do solo após cultivo de mudas de sisal.

A incorporação das doses de gliricídia e isolados de *Trichoderma* ao solo promoveu um aumento nos teores de nutrientes no solo, refletindo na melhoria nutricional das mudas de sisal.

Para o solo argiloso, houve interação de ambos os fatores (gliricídia e *Trichoderma*) influenciando o pH, o fósforo (P), a acidez potencial (H⁺ Al) e a saturação por bases (V) do solo. Isoladamente, a

gliricídia afetou todas as características do solo, enquanto que os isolados de *Trichoderma* influenciaram a matéria orgânica no solo.

Houve uma redução do pH no solo, após os tratamentos e/ ou cultivo com mudas de sisal, alterando de 6,3 (Tabela 1) para 5,8 no tratamento testemunha e para 6,1 em solo tratado com o isolado TCS 09 (Tabela 5). Constatou-se diferença significativa nos valores de pH do solo para o tratamento com o isolado TCS 76 e com gliricídia na dose de 10 t ha⁻¹ e elevação do pH no tratamento com o isolado de *Trichoderma* TCS34 e com gliricídia na dose de 20 t ha⁻¹. (Tabela 5). Na dose de 40 t ha⁻¹, apenas o isolado TCS 09 promoveu a elevação do pH. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos com o isolado TCS 28 e a testemunha enquanto os isolados TCS 34, TCS 43 e TCS 76 promoveram a acidificação do solo (Tabela 5).

O teor de fósforo no solo não apresentou diferenças significativas quando avaliado o efeito dos isolados de *Trichoderma* nos tratamentos sem a adubação e com as doses de 10 e 40 t ha⁻¹ (Tabela 5). A dose de 20 t ha⁻¹ de gliricídia no solo promoveu diferença significativa nos tratamentos com os isolados TCS 28 e TCS 34, com incremento dos teores de P de 42%, para ambos os isolados.

A acidez potencial não apresentou diferenças significativas quando avaliado o efeito dos isolados de *Trichoderma* nos tratamentos sem a adubação e nos tratamentos com a dose de 10 t ha⁻¹ (Tabela 5). Os isolados TCS 28 e TCS 34 promoveram a redução da acidez potencial quando foi adicionado a gliricídia na dose equivalente a 20 t ha⁻¹ em relação à testemunha sem inoculação e estes mesmos isolados, juntamente com o TCS 76 aumentaram o teor de H+Al nos tratamentos que receberam uma dose equivalente a 40 t ha⁻¹ de gliricídia. No geral, este solo pode ser considerado fértil por ter apresentado a saturação por bases > 50%.

Tabela 5. Valores de pH, fósforo (P), acidez potencial (H+ Al) e a saturação por bases (V) do solo argiloso após tratamento com isolados de *Trichoderma* em diferentes doses de gliricídia e o cultivo com mudas de sisal.

| Variável | Dose (t ha ⁻¹) | <i>Trichoderma</i> | | | | | |
|--|-------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | TCS 09 | TCS 28 | TCS 34 | TCS 43 | TCS 76 | TEST |
| pH | 0 | 6,1B | 6,3A | 6,3A | 6,5A | 6,4A | 5,8C |
| | 10 | 6,1B | 6,2B | 6,2B | 6,3B | 6,5A | 6,3B |
| | 20 | 6,4B | 6,6B | 6,8A | 6,6B | 6,6B | 6,5B |
| | 40 | 6,6A | 6,4B | 6,1C | 6,1C | 6,1C | 6,4B |
| Fósforo (mg dm ⁻³) | 0 | 23,7A | 18,2A | 15,0A | 25,7A | 16,5A | 17,2A |
| | 10 | 13,2A | 14,2A | 11,7A | 14,2A | 15,0A | 15,7A |
| | 20 | 16,0B | 25,2A | 25,2A | 13,0B | 18,0B | 17,7B |
| | 40 | 28,2A | 18,5A | 18,2A | 22,2A | 19,7A | 24,5A |
| H+ Al (mmol _c dm ⁻³) | 0 | 9,5A | 10,0A | 11,2A | 8,7A | 9,5A | 9,7A |
| | 10 | 11,5A | 11,5A | 11,7A | 10,2A | 10,2A | 11,2A |
| | 20 | 11,2A | 10,0B | 10,0B | 12,5A | 11,5A | 11,5A |
| | 40 | 10,7B | 13,2A | 14,0A | 12,2B | 14,0A | 11,5B |
| V (%) | 0 | 88,0AB | 86,0AB | 82,2B | 89,2A | 85,5AB | 86,0AB |
| | 10 | 82,7A | 83,7A | 81,0A | 85,0A | 85,2A | 84,2A |
| | 20 | 85,0B | 89,2A | 90,0A | 81,5B | 85,5B | 84,5B |
| | 40 | 88,7A | 84,0A | 83,5A | 86,5A | 84,2A | 87,0A |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam na linha os tratamentos com isolados de *Trichoderma* em cada dose

O conceito de saturação por base ($V\% = 100 \cdot SB/CTC$) está relacionado ao fornecimento de bases em níveis ótimos para o desenvolvimento das plantas, criando relações ideais de Ca, Mg e K no solo, para produção máxima de culturas (McLEAN, 1977). Estes valores foram inferiores nas amostras de solo submetidas aos tratamentos com os isolados TCS 09, TCS 43 e TCS 76 e com dose equivalente a 20 t ha⁻¹, sendo que para os demais isolados, não foram observadas diferenças em relação à testemunha sem inoculação (Tabela 5).

O desdobramento da interação dos fatores estudados para o pH do solo demonstrou que houve diferença significativa para todos os tratamentos com isolados de *Trichoderma* (Figura 6A). O comportamento do isolado TCS 09 foi representado por uma regressão linear e dos demais por regressão quadrática com ponto de máximo,

voltando a decrescer em doses mais altas. O isolado TCS 34 proporcionou maior alteração no pH do solo (6,62) na dose 21 t ha⁻¹ de gliricídia e nos tratamentos com os isolados TCS 76 e TCS 28, as amostras de solo apresentaram pH de 6,54 e 6,51 nas doses de 10 t ha⁻¹ e 24 t ha⁻¹, respectivamente, enquanto o solo do tratamento testemunha sem inoculação apresentou o maior pH na dose de 27 t ha⁻¹. No geral, estes resultados indicam efeito positivo da incorporação da leguminosa nas condições de estudo do experimento, proporcionando diminuição significativa da acidez do solo.

Para teor de fósforo no solo, o comportamento do isolado TCS 76 e do tratamento testemunha foi representado por uma regressão linear (Figura 6B). Para os isolados TCS 09 e TCS 43, os teores de fósforo no solo decresceram quando adicionada a gliricídia nas doses de 17 e 21 t ha⁻¹, voltando a crescer em doses maiores. Para os isolados TCS 28 e TCS 34, os teores de fósforo no solo decresceram quando adicionada a gliricídia na dose de 10 t ha⁻¹, e aumentou apresentando teores máximos de 26 e 21 mg dm⁻³ de 23 e 26 t ha⁻¹, respectivamente, voltando a decrescer em doses maiores.

O aumento das doses de gliricídia promoveu um aumento linear da acidez potencial no solo tratado com os isolados de *Trichoderma* TCS 43 e TCS 76 (Figura 6C), o que pode estar relacionado ao aumento da concentração de matéria orgânica neste solo.

Para os isolados TCS 09 e TCS 43, a saturação de bases no solo decresceu quando adicionada a gliricídia nas doses de 10 e 20 t ha⁻¹, e aumentou nas doses maiores (Figura 6D). Para os isolados TCS 28 e TCS 34, o índice de saturação por bases do solo decresceu quando adicionada a gliricídia na dose de 10 t ha⁻¹, e aumentou apresentando saturação por base de 87% nas doses de 19 e 24,5 t ha⁻¹, respectivamente, voltando a decrescer em doses maiores.

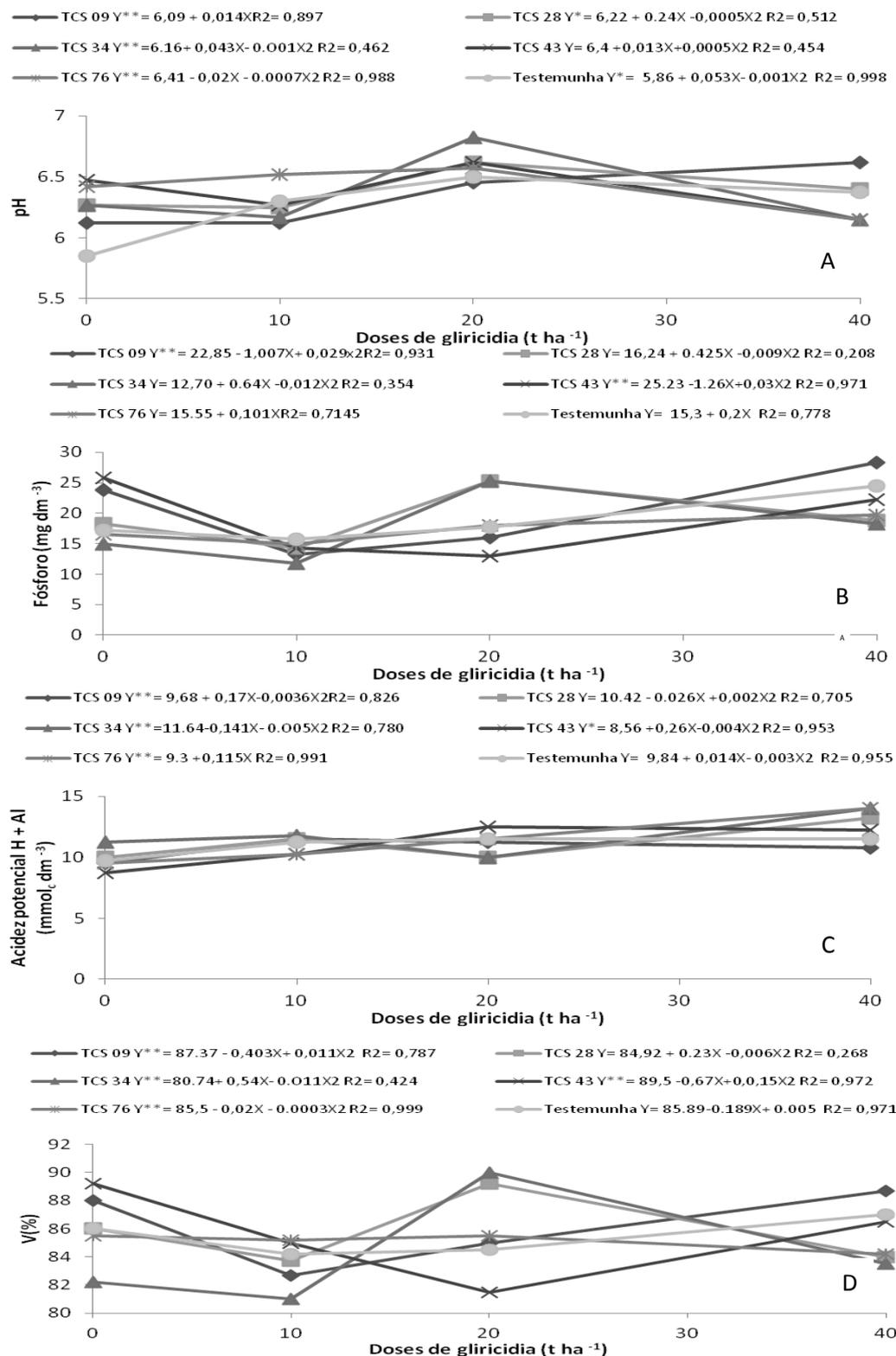


Figura 6. Valores de pH (A), fósforo (B), acidez potencial (C) e a saturação por bases (D) do solo argiloso tratado com isolados de *Trichoderma* e dose de glicircídia incorporada e após cultivo com mudas de sisal. **Equação com coeficiente de regressão significativo a 5% de probabilidade de erro.

Houve efeito isolado do *Trichoderma* somente para o teor de matéria orgânica no solo, sendo que o solo inoculado com o isolado TCS 43 apresentou um menor valor em relação à testemunha sem inoculação (Tabela 5). O menor valor de matéria orgânica no solo tratado com *Trichoderma* pode ocorrer devido à produção de enzimas hidrolíticas extracelulares, tais como celulasas que atuam na decomposição de resíduos orgânicos (ULHOA & PEBERDY, 1992).

Tabela 5. Teor de matéria orgânica em solo argiloso tratado com formulados de *Trichoderma* e cultivado com mudas de sisal por 180 dias.

| Espécie de Trichoderma | Código do Isolado | M.O (g/dm³) |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| <i>Trichoderma viride</i> | TCS09 | 17,6ab |
| <i>Trichoderma virens</i> | TCS28 | 16,7ab |
| <i>Trichoderma harzianum</i> | TCS34 | 16,6ab |
| <i>Trichoderma virens</i> | TCS43 | 15,7b |
| <i>Trichoderma harzianum</i> | TCS76 | 16,2ab |
| Testemunha | | 17,8a |

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O solo cultivado com as diferentes doses da leguminosa, independente da inoculação com os isolados de *Trichoderma*, apresentou aumentos lineares nos teores de matéria orgânica (Figura 7A), potássio (Figura 7B), cálcio e magnésio (Figura 7C).

A soma de bases é um indicador da fertilidade do solo. Assim, quanto maior for o valor obtido para este parâmetro, melhor é a fertilidade do solo. Deste modo, a adição crescente da gliricídia ao solo aumentou a fertilidade do mesmo (Figura 7D). Quanto à CTC, esta determina a quantidade de cátions Al, H, Ca, Mg e K que o solo é capaz de reter.

Neste sentido, com a adição do adubo orgânico, o solo apresentou um valor mais favorável deste parâmetro. Wong et al. (1998) verificaram que os aumentos no pH de solos tropicais devidos à aplicação de adubos orgânicos foram diretamente proporcionais à capacidade desses materiais em consumir H⁺, e que essa característica

está relacionada com o total de bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) presente nos resíduos.

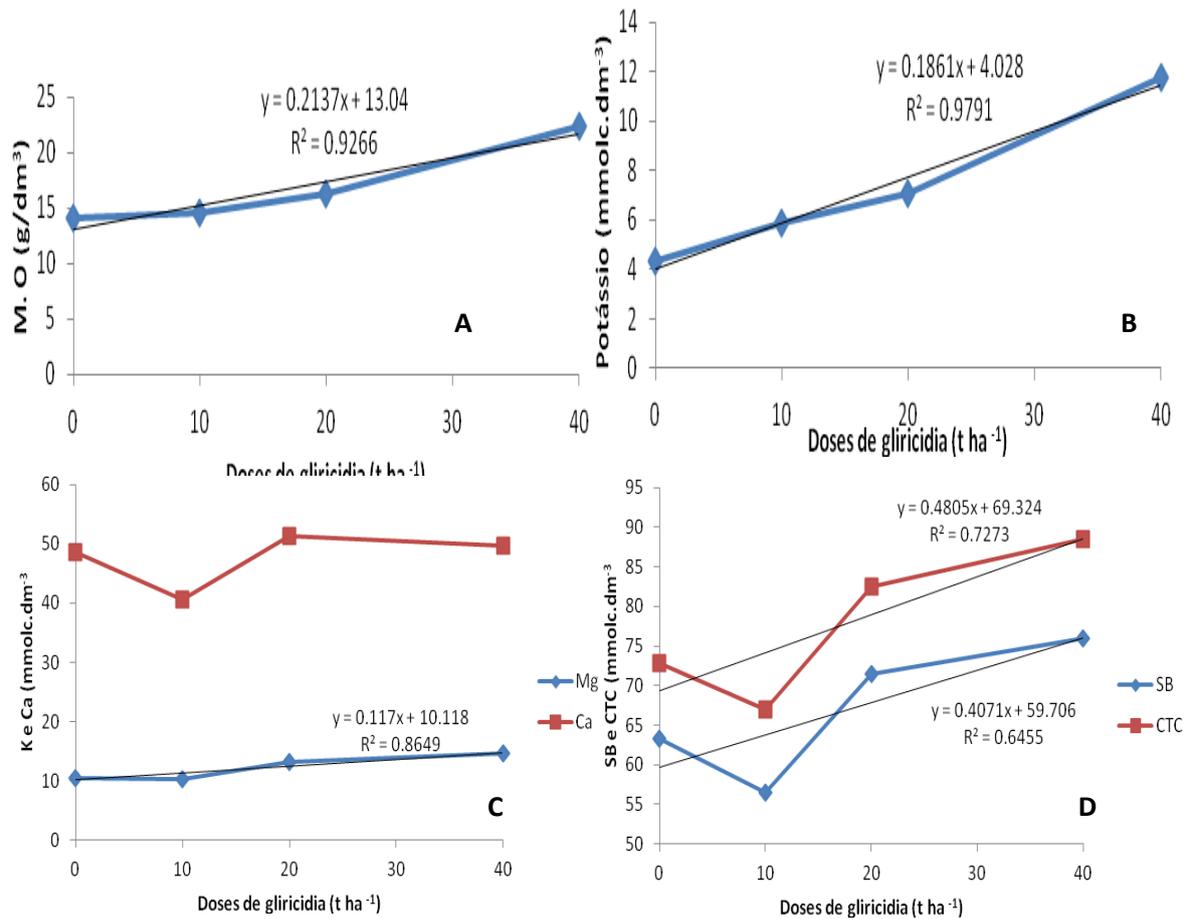


Figura 7. Efeito das doses de gliricídia nas características químicas do solo argiloso, após cultivo com mudas de sisal independentemente dos tratamentos com isolados de *Trichoderma*.

Experimento II - Solo arenoso com incorporação de *Trichoderma* e doses de gliricídia

População de *Trichoderma* no solo tratado com gliricídia e *Trichoderma* e com plantio de mudas de sisal.

A população final de *Trichoderma* no solo arenoso aumentou somente para os fatores isolados de doses de gliricídia e *Trichoderma*, sem efeito significativo para a interação *Trichoderma* – gliricídia (Tabela 6).

Tabela 6. População de *Trichoderma* (UFC g⁻¹ de solo), em solo arenoso tratado com formulados de *Trichoderma* cultivado com mudas de sisal por 180 dias.

| Espécie de <i>Trichoderma</i> | Código do Isolado | UFC (g ⁻¹ de solo) |
|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| <i>Trichoderma viride</i> | TCS09 | 1.54 x 10 ³ b |
| <i>Trichoderma virens</i> | TCS28 | 3.45 x 10 ³ a |
| <i>Trichoderma harzianum</i> | TCS34 | 3.19 x 10 ³ a |
| <i>Trichoderma virens</i> | TCS43 | 1.67 x 10 ³ ab |
| <i>Trichoderma harzianum</i> | TCS76 | 3.64 x 10 ³ a |
| Testemunha | | ND* c |

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *ND = não detectado

Apesar do efeito significativo para as doses de gliricídia, não foi possível ajuste da equação devido à queda drástica da população com a adição da dose de 10 t ha⁻¹, mesmo esta tendo apresentado tendência quadrática de aumento da densidade populacional de *Trichoderma* com o aumento da quantidade de gliricídia (Figura 8).

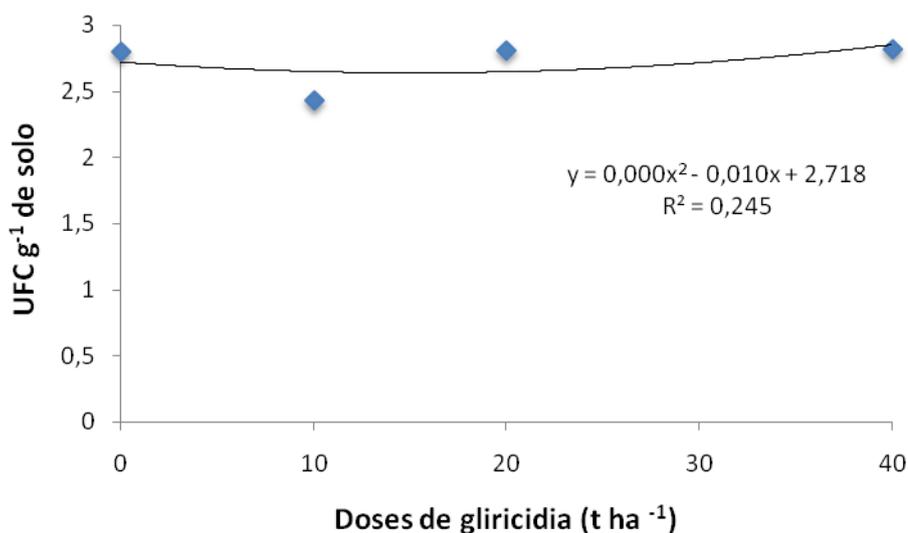


Figura 8. População de *Trichoderma* em solo arenoso, aos 180 dias após inoculação e plantio de mudas de sisal, em função da dose de

glicírdia incorporado ao solo. Equação com coeficiente de regressão significativo a 5% de probabilidade de erro.

Os isolados *T. harzianum* (TCS 76 e TCS 34) e *T. virens* (TCS 28) obtiveram maiores densidades populacionais, variando entre 3.19×10^3 a $3,64 \times 10^3$ UFC g⁻¹ de solo, quando comparados aos isolados *T. virens* (TCS 43) e *T. viridae* (TCS 09), com 1.54×10^3 e 1.67×10^3 UFC g⁻¹ de solo, respectivamente, diferindo-se do tratamento testemunha, que não apresentou colônias de *Trichoderma* no solo (Tabela 6).

Parâmetros de crescimento do sisal

Houve interação significativa entre os isolados de *Trichoderma* e as doses de glicírdia. Verificou-se que neste solo, doses crescentes de glicírdia influenciaram os efeitos de *Trichoderma* na produção de matéria seca de mudas de sisal.

Para a massa seca da parte aérea de mudas de sisal produzidas em solo com e sem o tratamento com *Trichoderma*, pode-se observar uma diferença de 4,25 g na média da massa seca da parte aérea, nos tratamentos com inoculação de *T. virens* (TCS 43), com incremento de 106 % em relação à testemunha sem inoculação (4 g), dentro dos tratamentos sem a incorporação de glicírdia. Para as mudas produzidas no solo com glicírdia numa dose equivalente a 10 t ha⁻¹, houve destaque para *T. viridae* (TCS 09), *T. virens* (TCS 28) e *T. harzianum* (TCS 76), com aumento de 67, 87, 75% na produção de massa seca da parte aérea, respectivamente. Nas demais doses, não houve diferença estatística entre os isolados de *Trichoderma* para esta variável (Figura 9A).

Com relação à massa seca radicular constatou-se efeito significativo somente para a inoculação com *T. virens* (TCS 28) na dose de 10 t ha⁻¹, com incremento de 104% (Figura 9B), não havendo diferença entre os demais isolados e testemunha sem incorporação da glicírdia. O que também ocorreu nas doses de 20 e 40 t ha⁻¹.

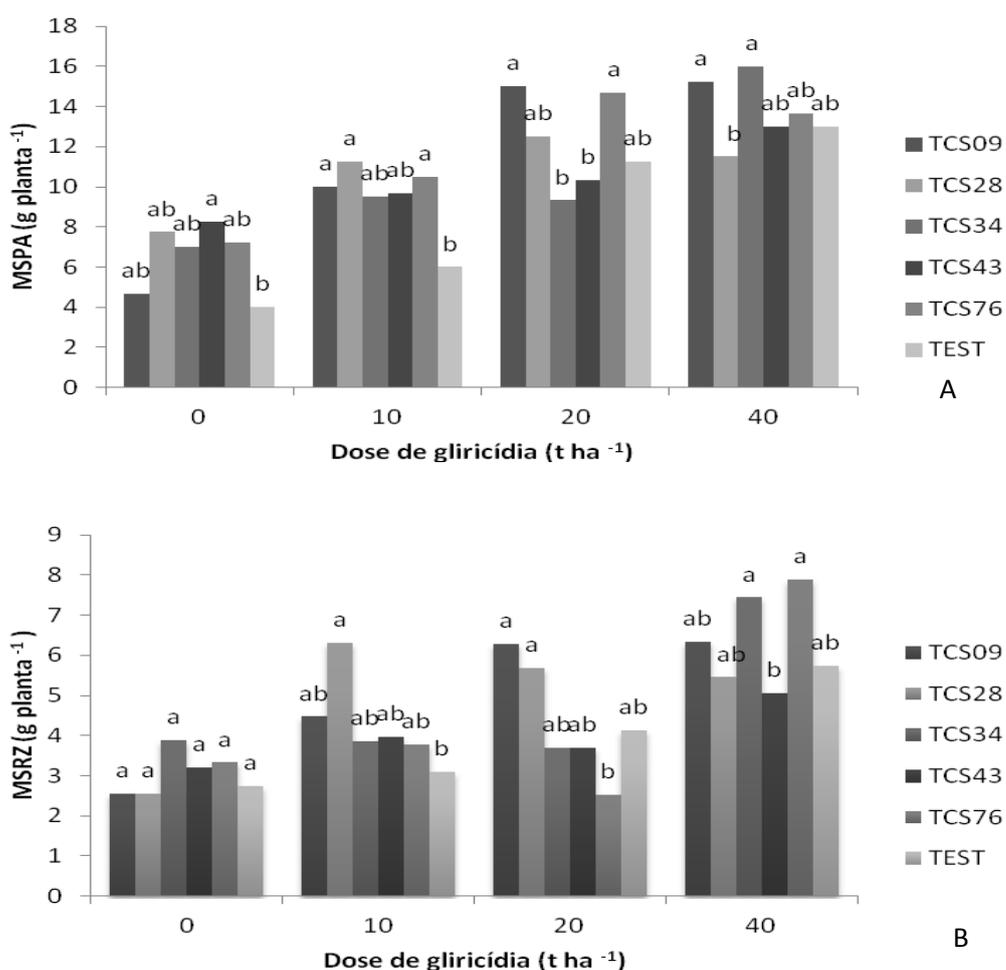


Figura 9. Estimativa da promoção de massa seca de mudas de sisal pelo *Trichoderma* em função da dose de glicircídia incorporado ao solo arenoso. (A) Massa seca da parte aérea e (B) Massa seca da raiz. *T. harzianum* (TCS 76 e TCS 34), *T. virens* (TCS 28 e TCS 43), *T. viridae* (TCS 09). Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam os isolado de *Trichoderma* em cada dose.

Para massa seca da parte aérea houve diferença entre os tratamentos com doses de glicircídia, para todos os isolados de *Trichoderma* (Figura 10A). Para os tratamentos com *T. viridae* (TCS 09), *T. virens* (TCS 28) e *T. harzianum* (TCS 76), a dose ótima de glicircídia, estimada pela equação quadrática foi de 30 t ha⁻¹. O comportamento do tratamento testemunha e com *T. harzianum* (TCS 34) e *T. viride* (TCS43) foi representado por uma regressão linear.

O desdobramento da interação para a massa seca radicular também demonstrou que houve diferença significativa para todos os tratamentos com isolados de *Trichoderma* (Figura 10B). O comportamento do tratamento testemunha e com *T. viride* (TCS 43) foi representado por uma regressão linear e os demais por regressão quadrática. *T. viride* (TCS 09) e *T. virens* (TCS 28) proporcionaram maior massa seca radicular da muda de sisal nas doses de 32 e 24 t ha⁻¹ de gliricídia, enquanto para os demais isolados houve um decréscimo até as doses 11 t ha⁻¹ (TCS 34 e TCS 76), voltando a crescer em doses maiores.

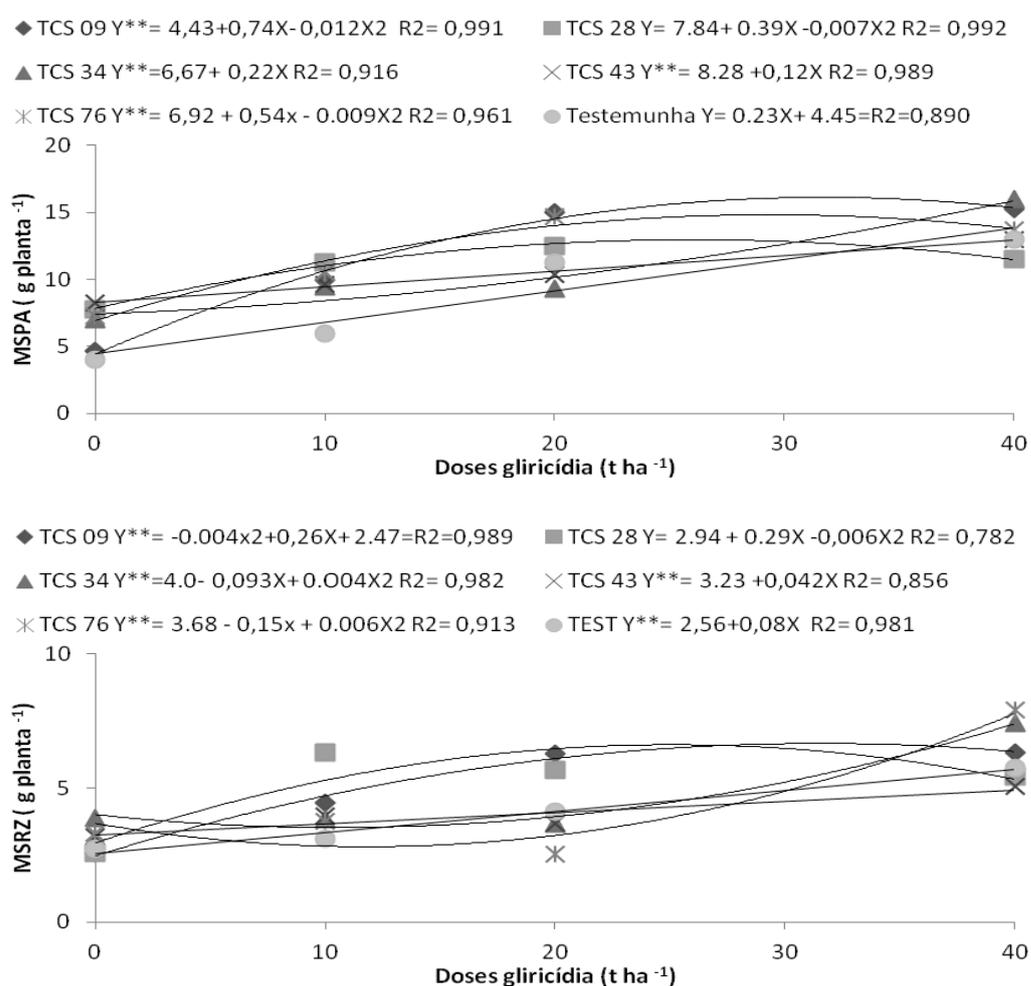


Figura 10. Produção de biomassa seca das mudas de sisal por isolados de *Trichoderma* em solo arenoso com diferentes doses de gliricídia.

Foi observada correlação linear baixa e positiva entre a população de *Trichoderma* no solo arenoso tratado com doses de gliricídia e com *Trichoderma* e a produção da massa seca das mudas de sisal. Não houve correlação significativa entre a população de *Trichoderma* e a massa seca da raiz (Tabela 7).

Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson entre a população de *Trichoderma* em solo arenoso com gliricídia e isolados com *Trichoderma* e os parâmetros de crescimento de mudas de sisal.

| Parâmetros | Valor r |
|---------------------------------------|---------|
| Produção de massa seca na parte aérea | 0,199* |
| Produção de matéria seca nas raízes | ns |

ns: não-significativo a 5%

O aumento na produção de massa seca significa melhor crescimento da planta, o que pode representa melhor produção de fibra, ou seja, mais massa foliar para desfibramento. Possivelmente, o aumento na população, com mais aplicações de *Trichoderma* no solo, poderia melhorar este coeficiente de correlação e o efeito benéfico deste fungo sobre o crescimento de mudas de sisal. Entretanto, não houve correlação significativa entre a população de *Trichoderma* e as características como produção de massa seca radicular (Tabela 7).

Nutrição das mudas de sisal

Houve interação significativa entre os isolados de *Trichoderma* e as doses de gliricídia, verificando-se que, neste solo doses crescentes de gliricídia influenciaram os efeitos dos *Trichoderma* para os teores de N, P e K na parte aérea de mudas de sisal.

Avaliando-se o efeito dos isolados de *Trichoderma* dentro de cada dose de gliricídia, observou-se que nos tratamentos sem a adubação verde, os isolados não promoveram diferenças para o teor de N e P, havendo redução da absorção de K em relação a testemunha sem inoculação (Figura 11). As mudas de sisal produzidas no solo com 10 t

ha⁻¹ de gliricídia, apresentaram diferenças apenas entre os tratamentos com *Trichoderma*, com redução nos teores de N (Figura 11).

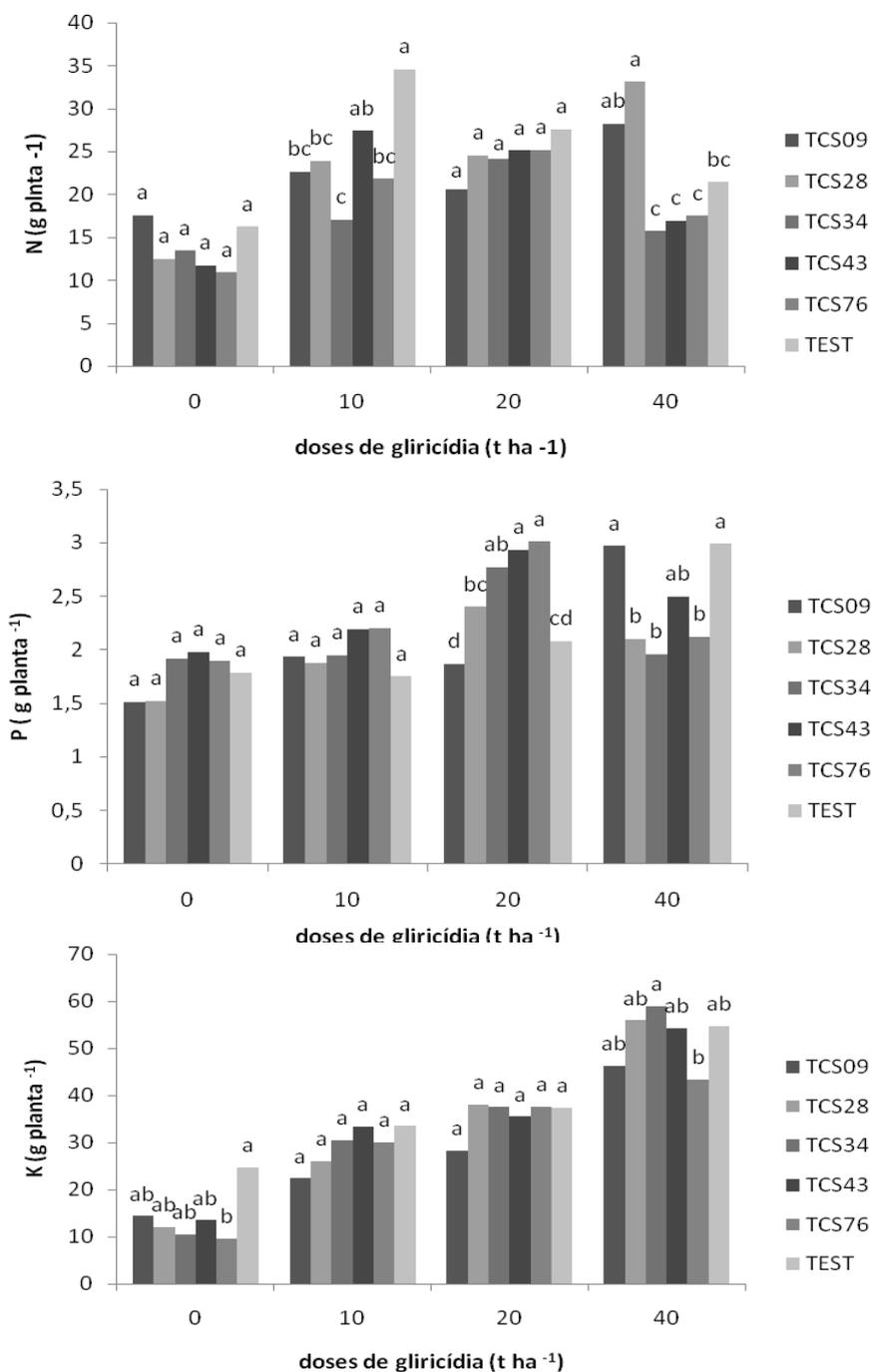


Figura 11. Teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) das mudas de sisal inoculadas com isolados de *Trichoderma* em solo arenoso com diferentes doses de gliricídia. Colunas seguidas pela mesma letra nas doses não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na dose equivalente a 20 t ha¹, os tratamentos com *T. harzianum* (TCS 76 e TCS 34) e *T. viridae* (TCS 43) promoveram incrementos de 45, 41 e 33%, respectivamente (Figura 11). Na dose equivalente 40 t ha⁻¹ de gliricídia, houve diferença apenas para *T. virens* (TCS 28) que proporcionou a maior absorção de N (33,1 mg planta⁻¹), com incremento do teor do nutriente de 55%, quando comparada com as plantas do tratamento sem *Trichoderma* (Figura 11).

Avaliando-se o efeito das doses de gliricídia para os isolados de *Trichoderma*, observa-se que houve diferença significativa para todos os isolados de *Trichoderma* (Figura 12). Os comportamentos de *T. viride* (TCS 09) e *T. virens* (TCS 28) foram representados por regressão linear e os demais por regressão quadrática (Figura 12). Os demais isolados de *Trichoderma* e a testemunha proporcionaram maior teor de N da parte aérea de sisal na dose de 22 ha⁻¹.

Os teores de fósforo na biomassa do sisal foram diferenciados entre os isolados de *Trichoderma* sob o efeito das doses utilizadas do adubo orgânico (Figura 12). O comportamento de *T. viride* (TCS 09) e da testemunha foram representados por regressão linear e dos demais por regressão quadrática. *T. virens* (TCS 28) e *T. viride* (TCS 43) proporcionaram maior teor de P da parte aérea de sisal na dose 25 e 27 t ha⁻¹ de gliricídia e *T. harzianum* (TCS 34 e TCS 76), nas doses de 17 e 22 t ha⁻¹, respectivamente.

Para o teor de potássio (K) observou-se que o adubo orgânico incorporado ao solo promoveu diferenças significativas, sendo que a resposta foi linear positiva (Figura 12), onde doses crescentes de gliricídia promoveram maiores teores de K na matéria seca de mudas de sisal.

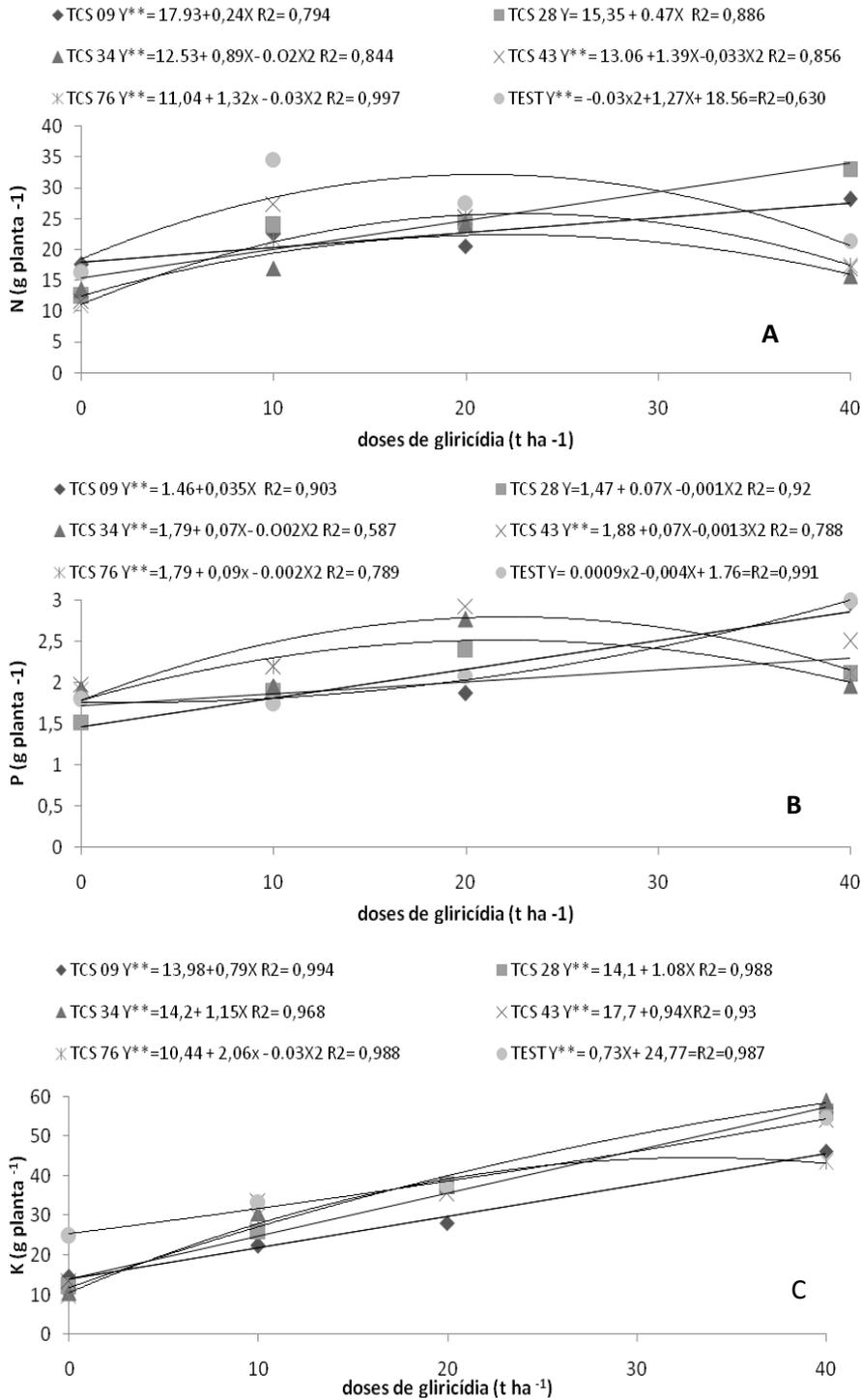


Figura 12. Teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) da parte aérea das mudas de sisal produzidas em solo arenoso tratado com isolados de *Trichoderma* e com doses de glicircidía (0, 10, 20 e 40 t ha⁻¹).

Caracterização química do solo após cultivo de mudas de sisal.

No solo arenoso foram observadas interações significativas ($P \leq 0,05$) entre os isolados de *Trichoderma* e a gliricídia para a matéria orgânica (MO), o fósforo (P), o cálcio (Ca), a acidez potencial (H^+ Al) e a soma de bases (SB) do solo. No entanto, esses tratamentos também proporcionaram diferenças significativas quando testados isoladamente, sendo que a gliricídia também afetou todas as características do solo, enquanto que o *Trichoderma* influenciou a matéria orgânica, a concentração de potássio disponível no solo, bem como o valor V.

Avaliando o melhor isolado de *Trichoderma* dentro de cada dose, o menor teor de matéria orgânica foi encontrado no solo inoculado apenas com *T. viride* (TCS 09), indicando o efeito deste isolado na degradação da matéria orgânica do solo (Tabela 8). No solo que recebeu a dose de 10 t ha^{-1} , os teores de matéria orgânica nos tratamentos com *T. harzianum* (TCS 34 e TCS 76) e *T. viride* (TCS 43) também foram inferiores a testemunha sem inoculação. *T. virens* (TCS 28) e *T. harzianum* (TCS 34), na dose de gliricídia equivalente a 20 t ha^{-1} , apresentaram o teor de matéria orgânica de $18,2 \text{ g dm}^{-3}$, superior, mas não diferente da testemunha. Entretanto, na dose de 40 t ha^{-1} , todos os tratamentos com os isolados de *Trichoderma* foram superiores a testemunha sem inoculação, com o teor de matéria orgânica variando de 22 g dm^{-3} (TCS 34) a $25,2 \text{ g dm}^{-3}$ (TCS28).

O teor de fósforo no solo só apresentou diferenças significativas quando avaliado o efeito dos isolados de *Trichoderma* nos tratamento com a adição de gliricídia na dose de 40 t ha^{-1} (Tabela 8), com incrementos nos teores de P de 18% para os isolados *T. virens* (TCS 28) e *T. harzianum* (TCS 34) e de 28% para o isolado *T. harzianum* (TCS 76).

Houve diferença entre os isolados de *Trichoderma* quando adicionado a dose de 10 t ha^{-1} de gliricídia, com redução dos teores de cálcio para todos os tratamentos com os isolados de *Trichoderma*, exceto o TCS 09 que não diferiu da testemunha sem inoculação (Tabela

8). Na dose de 20 t ha⁻¹, a redução ocorreu apenas no tratamento com o isolado TCS 76, não havendo diferença entre os isolados na dose de 40 t ha⁻¹.

Tabela 8. Matéria orgânica (MO), fósforo (P), cálcio (Ca), acidez potencial (H+ Al) e soma de bases (SB) do solo arenoso tratado com isolados de *Trichoderma* e diferentes doses de gliricídia, após cultivo com mudas de sisal. .

| Variável | Gliricídia (t ha ⁻¹) | Isolados de <i>Trichoderma</i> | | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | TCS 09 | TCS 28 | TCS 34 | TCS 43 | TCS 76 | TEST |
| M O (g/dm ³) | 0 | 8,7B | 11,5A | 12,0A | 11,5A | 11,7A | 12,7A |
| | 10 | 14,2A | 14,7A | 9,2B | 10,0B | 9,2B | 13,0A |
| | 20 | 17,5AB | 18,2A | 18,2A | 17,7AB | 14,2B | 16,7AB |
| | 40 | 24,5A | 25,2A | 22,0A | 23,7A | 24,7A | 16,0B |
| Fósforo (mg dm ⁻³) | 0 | 5,50A | 2,75A | 2,75A | 3,25A | 2,50A | 3,00A |
| | 10 | 7,00A | 5,50A | 6,00A | 4,25A | 4,25A | 6,75A |
| | 20 | 11,00A | 10,50A | 14,50A | 8,25A | 9,00A | 8,25A |
| | 40 | 28,00A | 21,25B | 28,00A | 22,25B | 30,50A | 23,75B |
| Cálcio (mmol _c dm ⁻³) | 0 | 5,50A | 8,25A | 8,50A | 7,50A | 8,25A | 7,25A |
| | 10 | 10,0A | 8,25B | 6,00B | 6,50B | 6,25B | 11,25A |
| | 20 | 13,25A | 11,5A | 10,0A | 8,75A | 5,25B | 10,75A |
| | 40 | 19,75A | 15,25A | 18,0A | 18,50A | 22,25A | 19,0A |
| H+ Al (mmol _c dm ⁻³) | 0 | 16,7A | 22,0A | 21,2A | 21,0A | 25,0A | 19,5A |
| | 10 | 24,5A | 23,7A | 18,5B | 19,5B | 19,0B | 22,5A |
| | 20 | 25,7A | 27,5A | 21,7B | 21,5B | 23,0B | 22,0B |
| | 40 | 27,2A | 22,0B | 25,2A | 25,0A | 24,2A | 19,5B |
| SB (mmol _c dm ⁻³) | 0 | 10,2A | 12,3A | 12,2A | 11,6A | 12,6A | 12,4A |
| | 10 | 16,2A | 14,5A | 10,8A | 11,0A | 11,0A | 20,0A |
| | 20 | 22,4A | 20,7A | 21,6A | 16,2B | 11,3B | 21,5A |
| | 40 | 37,8A | 28,4B | 36,0A | 37,8A | 40,9A | 38,4A |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam na linha cada isolado de *Trichoderma* TCS09 (*T. viride*) TCS 28 (*T. virens*), TCS 34 (*T. harzianum*), TCS 43 (*T. virens*) e TCS 76 (*T. harzianum*) em cada dose de gliricídia.

A acidez potencial não apresentou diferenças quando avaliado o efeito dos isolados de *Trichoderma* nos tratamentos sem a adubação com gliricídia. Na dose de 10 t ha⁻¹, os isolados TCS 34, TCS 43 e TCS 76 reduziram o teor de H+Al em 18, 13 e 17%, em relação à testemunha sem inoculação (Tabela 8). Já a acidez potencial do solo arenoso,

quando foi adicionado gliricídia numa dose equivalente a 20 t ha⁻¹, foi superior para os tratamentos com os isolados TCS 09 e TCS 28, apresentando teores de 25,7 e 27,5 mmol_c dm⁻³, respectivamente. Todos os isolados, com exceção do tratamento com o TCS 28, que não diferiu da testemunha sem inoculação, aumentaram o teor de H+Al nos tratamentos que receberam uma dose equivalente a 40 t ha⁻¹ de gliricídia.

Na Tabela 8 observa-se que a soma de bases foi menor apenas nos tratamentos com o isolado TCS 76, quando o solo recebeu a quantidade da gliricídia equivalente a 20 t ha⁻¹, sendo que os demais isolados não diferiram da testemunha sem inoculação. O mesmo ocorreu com o isolado TCS 43 que também apresentou valor menor que a testemunha.

A matéria orgânica apresentou comportamento linear quando foram cultivadas mudas de sisal em solo arenoso, com doses crescentes da gliricídia, exceto para o tratamento com o isolado TCS 76, cujo comportamento foi quadrático (Tabela 9). Houve aumento linear significativo também para o teor de fósforo do solo, com a aplicação de doses de gliricídia.

Doses crescentes da gliricídia proporcionaram aumento linear significativo no teor de cálcio para a testemunha sem inoculação e para os tratamentos com os isolados TCS 09 e TCS 28 (Tabela 9). Contudo, o aumento das doses da gliricídia resultou em efeito quadrático sobre o teor de cálcio para os tratamentos com os isolados TCS 34, TCS 43 e TCS 76, que apresentaram valores decrescentes, quando adicionadas doses de até 8, 7 e 13 t ha⁻¹, respectivamente, voltando a crescer em doses maiores.

O mesmo ocorreu para a acidez potencial para os isolados TCS 28, TCS 34 e TCS 76, com doses crescentes de gliricídia. Já para a testemunha sem *Trichoderma* e para os tratamentos com o isolado TCS 09, a acidez potencial foi máxima nas doses de 20 t ha⁻¹ e 30 t ha⁻¹, respectivamente, decaindo a partir desse valor (Tabela 9). Observou-se aumento linear significativo da acidez potencial do solo arenoso com doses crescentes de gliricídia e com o isolado TCS 43.

Tabela 9 Equações de regressão para matéria orgânica, fósforo, cálcio, acidez potencial, soma de bases e saturação por bases do solo arenoso, após cultivo de mudas de sisal, por 180 dias, em solo tratado com isolados de *Trichoderma* e doses crescentes de gliricídia.

| Variável | Isolado Trichoderma | Equação de regressão | R ² |
|---|--|---|---------------------------------------|
| M O (g/dm ³) | Test | Y = 13,00 X+0,093X ^{2**} | 0,60 |
| | TCS09 | Y = 9,55 X+0,383X ^{2**} | 0,99 |
| | TCS28 | Y = 11,40 + 0,345X ^{**} | 0,99 |
| | TCS 34 | Y = 10.15 + 0,029X ^{**} | 0,77 |
| | TCS43 | Y = 9.70+0,346X ^{**} | 0,88 |
| | TCS 76 | Y = 11,15 -0,155X+0,0125X ^{2**} | 0,97 |
| | Fósforo (mg dm ⁻³) | Test | Y = 1,40 +0,516X ^{2**} |
| TCS09 | | Y = 2,70 +0,581X ^{**} | 0,92 |
| TCS28 | | Y = 1,70+ 0,47X ^{**} | 0,99 |
| TCS 34 | | Y = 3,35 +0,398X ^{**} | 0,91 |
| TCS43 | | y= 0,85+0,494X ^{**} | 0,93 |
| TCS 76 | | Y = -1,10 +0,723X ^{**} | 0,91 |
| Cálcio (mmol _c dm ⁻³) | | Test | Y = 7,20+ 0,278X ^{**} |
| | TCS09 | Y = 6,00+ 0,35X ^{**} | 0,99 |
| | TCS28 | Y = 7,50+ 0,1893X ^{**} | 0,94 |
| | TCS 34 | Y =7,968 -0,158X+0,01X ^{2**} | 0,96 |
| | TCS43 | Y =7,377 -0,166X+0,011X ^{2**} | 0,99 |
| | TCS 76 | Y =8,686 -0,592X+0,023X ^{2**} | 0,99 |
| | H+ Al (mmol _c dm ⁻³) | Test | Y =19,745 +0,283X-0,007X ² |
| TCS09 | | Y =17,254 +0,705X-0, 0115X ^{2**} | 0,99 |
| TCS28 | | Y =21,482+0,481X+0,0116X ^{2**} | 0,84 |
| TCS 34 | | Y =20,677-0,126X+0,006X ^{2**} | 0,83 |
| TCS43 | | Y =19,70+0,117X ^{**} | 0,74 |
| TCS 76 | | Y =23,998-0,315X+0,008X ² | 0,43 |
| SB (mmol _c dm ⁻³) | | Test | Y =11,96+0,63X ^{**} |
| | TCS09 | Y =9,5+0,693X ^{**} | 0,96 |
| | TCS28 | Y =11,625+0,42X ^{**} | 0,98 |
| | TCS 34 | Y= 8,98+619X ^{**} | 0,92 |
| | TCS43 | Y =11,374-0,175X+0,0198X ² | 0,99 |
| | TCS 76 | Y =13,21- 0,75X+0,036X ² | 0,99 |

** significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 10. Teor de potássio e valor do índice de saturação por bases em solo arenoso tratado com isolados de *Trichoderma* e cultivado com mudas de sisal por 180 dias.

| Espécie de Trichoderma | Código do Isolado | K (mmol dm⁻³) | V (%) |
|-------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| <i>T. viride</i> | TCS09 | 3,76ab | 45,1ab |
| <i>T. virens</i> | TCS28 | 3,10b | 43,1ab |
| <i>T. harzianum</i> | TCS34 | 4,02ab | 44,6ab |
| <i>T. virens</i> | TCS43 | 3,39b | 47,4ab |
| <i>T. harzianum</i> | TCS76 | 3,46b | 40,8b |
| | Testemunha | 5,04a | 49,8 ^a |

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a soma de bases, doses crescentes da gliricídia proporcionaram aumento linear significativo para a testemunha sem inoculação e para os tratamentos com os isolados TCS 09, TCS 28 e TCS 34. O aumento das doses da gliricídia resultou em efeito quadrático nos tratamentos com os isolados TCS 43 e TCS 76, que apresentaram valores decrescentes quando adicionadas doses de até 4 e 10 t ha⁻¹, respectivamente, voltando a crescer em doses maiores.

Houve efeito isolado do *Trichoderma* para os teores de potássio no solo e para o índice de saturação por bases, sendo que o solo inoculado com o isolado TCS 28 apresentou um menor valor de K (3,10 mmol dm⁻³) em relação à testemunha sem inoculação (Tabela 10). Os demais isolados não diferiram da testemunha sem inoculação. O mesmo ocorreu com o tratamento com *T. harzianum* (TCS 76), cujo índice de saturação por bases foi de 40,8%.

Doses acima de 10 t ha⁻¹ de gliricídia, promoveram o aumento do pH do solo (Figura 13). O tratamento do solo arenoso com as diferentes doses da leguminosa, independente da inoculação com os isolados de *Trichoderma*, proporcionou aumentos lineares nos teores de potássio e magnésio (Figura 13), na CTC do solo (Figura 13), e no índice de saturação por bases (Figura 13).

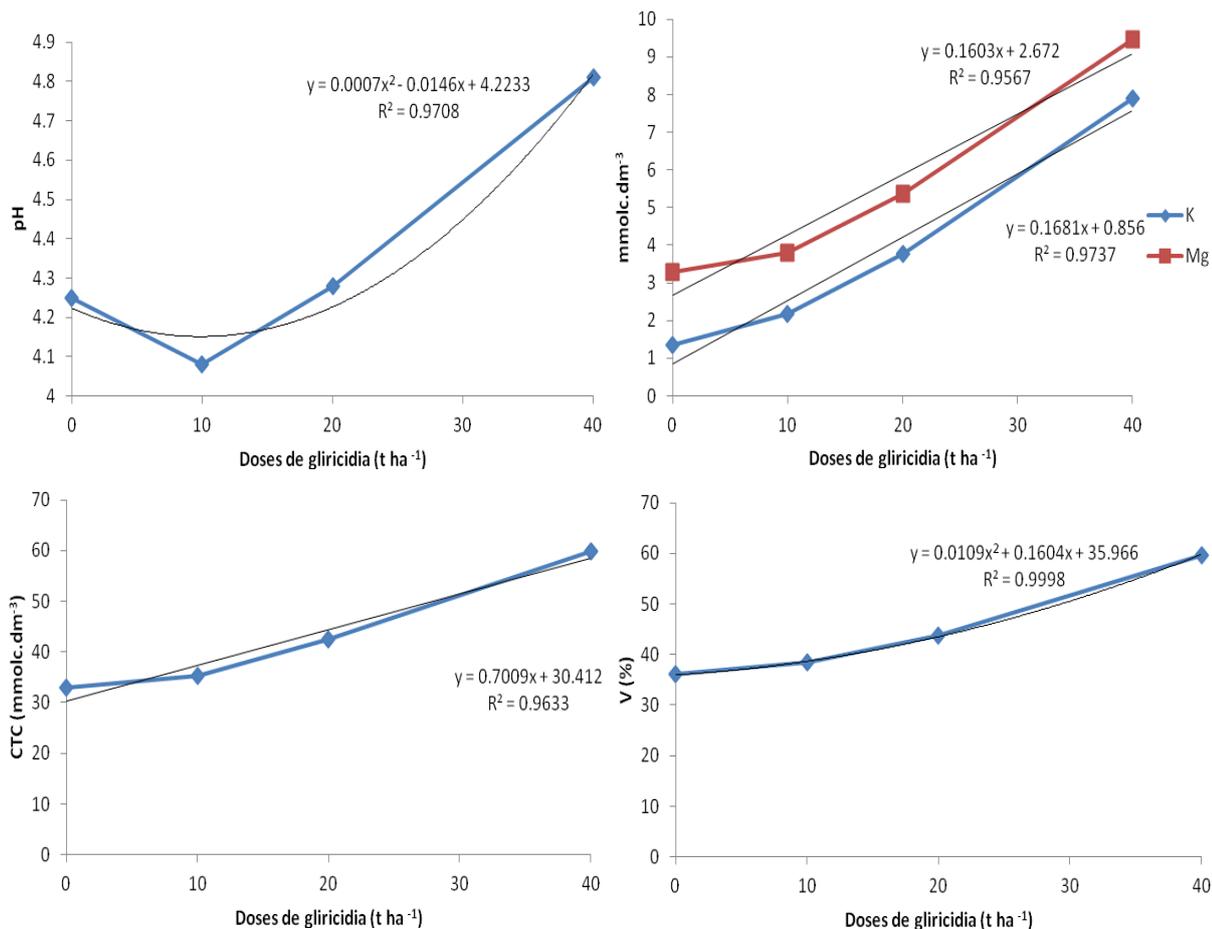


Figura 13. Efeito das doses de gliricidia nas características químicas de um solo arenoso, após cultivo de mudas de sisal por 180 dias, independentemente do tratamento do solo com isolados de *Trichoderma*.

Comparação do desempenho das mudas de sisal cultivadas em solo argiloso e em solo arenoso, tratado com isolados de *Trichoderma* e com gliricídia.

No presente trabalho, o aumento da população de *Trichoderma* no solo, em função das doses de gliricídia incorporadas ao solo sugere que esta leguminosa pode contribuir para a colonização e sobrevivência de *Trichoderma* no solo.

A atividade e a população de micro-organismos do solo são influenciadas pela adição de matéria orgânica ao solo. Estudos têm mostrado que a adição de, por exemplo, casca de pinus (*Pinus* spp.), mucuna (*Mucuna* spp.) e pueraria (*Pueraria* spp.), entre outros, pode

influenciar no aumento da população de determinados micro-organismos antagonistas (*Trichoderma* spp., *Penicillium* spp., *Bacillus megaterium*, *Enterobacter aerogenes*, *P. fluorescens*, etc.) nativos do solo (Blum & Rodríguez-Kabana 2006). Existem relatos de correlação positiva entre a quantidade de matéria orgânica adicionada ao solo e a atividade enzimática, indicando, conseqüentemente, aumento na população e atividade de micro-organismos no solo (Weller et al. 2002, Blum & Rodríguez-Kábana 2004), já que os resíduos orgânicos servem como fonte de energia e nutrientes.

Melhorias na fertilidade do solo mediante a adição de matéria orgânica ao solo, podem promover a colonização, estabelecimento e sobrevivência de *Trichoderma* no solo (HESTBJERG, 1999). No entanto, a quantidade e qualidade da matéria orgânica são importantes para a sobrevivência e eficácia dos agentes fúngicos (Hoitink e Boehm, 1999). As doses de glicídica testadas neste solo, com baixos teores de nutrientes, podem ter estimulado o crescimento da população de *Trichoderma*, mediante as alterações nas características químicas e/ou físicas do solo que, por sua vez, promovem o crescimento do fungo.

No geral, o tratamento do solo com isolados de *Trichoderma* possibilitou a multiplicação e sobrevivência deste fungo no solo. A população de *Trichoderma* variou entre 1.39×10^2 (*T. virens* TCS 43) a 2.57×10^3 UFC g^{-1} (*T. virens* TCS 28) no solo argiloso e entre 1.54×10^3 (*T. viride* TCS 09) e 3.64×10^3 UFCs g^{-1} (*T. harzianum* TCS 76) no solo arenoso. Mesmo tendo ambos os solos recebido a mesma quantidade de inóculo, verificou-se que o solo arenoso apresentou uma população de *Trichoderma* superior à do solo argiloso (Figura 14). Isto ocorreu apesar do solo arenoso ser mais ácido e mais pobre em nutrientes. Entretanto, este solo respondeu a adição de glicídica, a qual também influenciou o comportamento de *Trichoderma* no solo. Harman (2000) menciona que o efeito do *Trichoderma* pode ser menor em condições edafoclimáticas e fisiológicas ótimas.

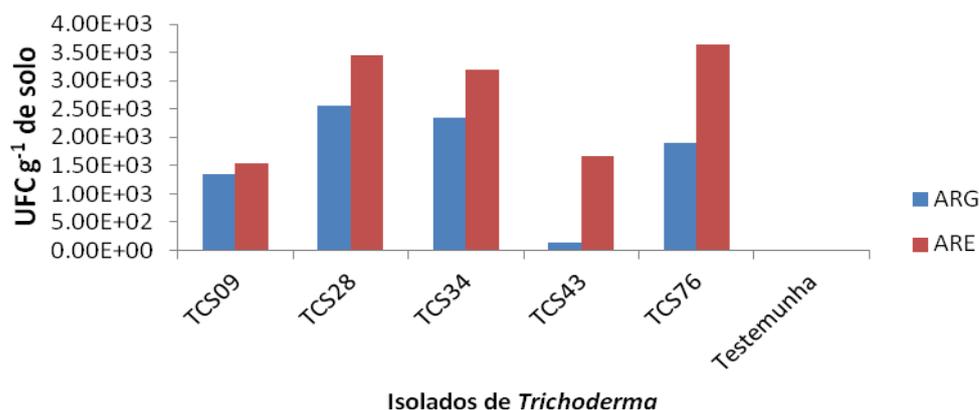


Figura 14. População de *Trichoderma*, em unidades formadoras de colônia (UFC x 10³) por grama de solo, em amostras de solo argiloso (ARG) e arenoso (ARE), aos 180 dias após o cultivo de sisal em solo tratado com os isolados de *Trichoderma* TCS09 (*T. viride*) TCS 28 (*T. virens*), TCS 34 (*T. harzianum*), TCS 43 (*T. virens*) e TCS 76 (*T. harzianum*). O tratamento testemunha não foi tratado com *Trichoderma*.

A eficácia do *Trichoderma* de estabelecer e colonizar o solo é prejudicada pelo declínio do inoculo com o tempo, sendo muitas vezes necessária a aplicação de reforço de antagonistas para prolongar o efeito, seja de controle biológico ou de promoção de crescimento de plantas (Kok et al., 1996). Segundo estes mesmos autores, a população de *Trichoderma*, ao ser acrescentada artificialmente em solo, tende a aumentar, atingindo um máximo e declinam progressivamente em seguida. Kibaki (2005), testando doses de composto orgânico no solo na dinâmica temporal da população de *T. harzianum*, observou que a taxa de declínio foi menor em níveis mais elevados do composto. Isto indica que a taxa de declínio da população microbiana pode ser consideravelmente reduzida pela adição de matéria orgânica.

No presente trabalho pode-se observar a manifestação diferenciada dos isolados de *Trichoderma* na promoção de crescimento e absorção de nutrientes de mudas de sisal, em dois solos com características diferentes. Tais variações podem ser atribuídas às interações complexas entre micro-organismo–solo-planta, ou seja, interações entre os isolados de *Trichoderma* com outros micro-

organismos presentes no solo, com as características diferentes de cada solo e também com a planta e seus exsudados.

A maior capacidade dos isolados TCS 28, TCS 34 e TCS 76 de se estabelecerem em ambos os solos argiloso e arenoso, sugere uma capacidade competitiva destes isolados nestes solos, aumentando as chances deste antagonista atuar no controle de fungos fitopatogênicos, a exemplo de *Aspergillus niger*, agente causal da podridão vermelha do sisal, sendo estes potenciais agentes de controle biológico.

A gliricídia incorporada ao solo promoveu incrementos de todos os nutrientes, elevando-se principalmente o pH de ambos os solos. Estes resultados indicam efeito positivo desta leguminosa, proporcionando diminuição considerável da acidez do solo, nas condições estudadas. Tal efeito pode ser atribuído à ação das leguminosas na ciclagem de nutrientes no sistema planta-solo; favorecendo a disponibilidade e absorção de alguns nutrientes pelas plantas, principalmente dos teores trocáveis de Ca^{++} , Mg^{++} e K^+ , o que proporciona melhorias na SB e na CTC dos solos e, desta forma, pode contribuir para uma eficiência maior da reciclagem desses nutrientes, sobretudo os de Mg^{++} e K^+ .

Considerando a escassez de estudos com sisal e a importância dos micro-organismos na promoção de crescimento desta cultura, a exemplo de *Trichoderma*, cinco isolados de *Trichoderma* spp foram avaliados com este propósito. O tratamento com *Trichoderma* de dois solos com características químicas diferentes, promoveu efeitos expressivos no crescimento de mudas de sisal, cultivadas em casa de vegetação.

Alguns autores observaram que *Trichoderma* foi capaz de incrementar o crescimento, a produtividade, a absorção e concentração de nutrientes nas raízes das plantas hospedeiras, tais como feijão, abóbora e maracujá (HARMAN et al., 2004; LO & LIN, 2002; HINOJOSA et al., 2009). Os isolados testados neste trabalho melhoraram o crescimento das plantas (Figura 3 e 9). Chao et al. (1986) observaram incremento no tamanho das plantas de crisântemo, quando *T. harzianum*

foi inoculado no solo, mas apenas quando foram encontradas populações de *T. harzianum* maiores que 10^5 UFC por grama de solo.

No experimento I, *T. harzianum* (TCS 34) se destacou, proporcionando incrementos na produção de matéria seca das raízes e da parte aérea da planta (Figura 3). Este isolado TCS34 apresentou população no solo de $1,34 \times 10^3$ UFC g^{-1} , ilustrando a capacidade de sobrevivência no solo, após 180 dias de cultivo das mudas de sisal. Já no experimento II os isolados TCS 09, TCS 28, TCS 43 e TCS 76 proporcionaram aumento na produção de matéria seca das mudas de sisal (Figura 9).

Vários estudos tem ilustrado os efeitos benéficos de *Trichoderma* no crescimento de plantas, a exemplo do *T. harzianum* em cultivos de berinjela, aveia, café, tomate, batata, espécies florestais, entre outros (Zambrano, 1989; Björkman et al., 1998; Dandurand & Knudsen, 1993).

A incorporação da gliricídia ao solo proporcionou efeito positivo no crescimento das mudas, para todos os caracteres avaliados, nas doses até $30 t ha^{-1}$. Garrido et al. (2009) mostraram o maior acúmulo de matéria seca da parte aérea no primeiro ciclo de cultivo de mamona com a adição de dose equivalente a $20 t ha^{-1}$ de gliricídia e obtiveram incremento de 201% quando comparado com o tratamento sem a adição de adubo verde, valor até mesmo superior ao tratamento em que se misturou a gliricídia e o esterco, no qual o incremento foi de 100%. Marin et al. (2007), utilizando a parte aérea de gliricídia como adubo orgânico, também mostraram aumento significativo no acúmulo da matéria seca da parte aérea de plantas de milho cultivadas no Agreste Paraibano. Guareschi et al. (2012) também relataram que respostas à aplicação de *Trichoderma* podem ser caracterizadas por aumentos significativos na área foliar e na massa seca das plantas.

Lorito et al. (2010) relataram que este fungo apresenta melhor desempenho junto à planta quando submetido a condições de estresses bióticos e abióticos. Bae et al. (2009) observaram a promoção de crescimento em plantas de cacau com o isolado endófito *T. hamatum*, sob condições de estresse hídrico. No presente trabalho, os estresses

bióticos não foram analisados e, como as plantas foram irrigadas, estas não sofreram estresse por déficit hídrico. Entretanto, o solo arenoso utilizado no segundo experimento para o cultivo das mudas de sisal apresentou baixos teores de macronutrientes e micronutrientes (Tabela 1), que pode explicar os efeitos benéficos dos isolados de *Trichoderma* para as plantas submetidas a estresses nutricionais.

Buscou-se avaliar também o efeito de *Trichoderma* no teor de nitrogênio, fósforo e potássio absorvido pela planta. Segundo Lorito et al. (2010), a íntima relação entre *Trichoderma* spp e a planta proporciona benefícios como aumento na eficiência do uso do nitrogênio por mecanismos de redução e assimilação deste nutriente. No entanto, no experimento I, nenhum dos isolados de *Trichoderma* promoveu incrementos do teor de N em relação à testemunha (Tabela 4). Já no experimento II, houve interação significativa entre os isolados de *Trichoderma* e as doses de gliricídia, melhorando as condições do solo, incrementando a absorção do N pelas plantas. O alto teor de nitrogênio contido na biomassa da gliricídia é rapidamente mineralizado, tornando-se disponível para a planta. A gliricídia é um material de alta qualidade, por conter alto teor de N, baixa relação C:N, baixo teor de polifenol e lignina (Mundus et al., 2008) e alta taxa de mineralização (Mafongoya et al., 2000). A atividade do isolado TCS 28 só foi estimulada neste solo com a incorporação de 40 t ha⁻¹ do adubo verde (Figura 11).

O isolado TCS 34 quando incorporado ao solo argiloso e os isolados TCS 28, TCS 34 e TCS 76 quando incorporados ao solo arenoso promoveram aumentos nos conteúdos de P nas plantas. Krauss e Soberanis (2002) reforçam a premissa de que os fungos do gênero *Trichoderma* são hábeis na solubilização de fósforo no solo, pois encontrou, em área cultivada com cacau, maior teor de fósforo quando aplicado *Trichoderma* spp. associado a adubação com guano e KCl. Altomare et al. (1999) demonstrou que o isolado de *Trichoderma harzianum* T22 foi capaz de solubilizar, *in vitro*, fósforo pouco solúvel, na forma de fosfato de rocha.

Com relação a absorção de potássio pelas mudas de sisal, apenas o isolado TCS 34 no solo argiloso proporcionou aumentos

significativos de K na parte aérea do sisal, quando comparados à testemunha.

A população de *Trichoderma* apresentou correlação positiva com a produção da massa seca da parte aérea na análise do crescimento das mudas em solo argiloso e arenoso. Dessa forma, pode-se concluir que os isolados de *Trichoderma* foram eficientes em sobreviver nos solos, e em promover o crescimento do sisal. Sugere-se que novos estudos sejam conduzidos avaliando outras condições de crescimento das plantas, como em solo estéril e com diferentes teores de nutrientes e tipos de matéria orgânica, e várias aplicações dos isolados de *Trichoderma*.

CONCLUSÕES

1. A população de *Trichoderma* foi maior no solo arenoso que no solo argiloso;
2. A glicíndia influenciou positivamente todas as características químicas do solo e todos os parâmetros de crescimento das mudas de sisal;
3. De modo geral, o *Trichoderma* proporcionou resultados positivos no incremento de massa seca de mudas de sisal oriundas de bulbilhos
4. O máximo crescimento das mudas nos solos argiloso e arenoso foi alcançado na dose de 30 t ha⁻¹, com diminuição em doses maiores.
5. Para o solo argiloso houve destaque do isolado TCS 34 (*T. harzianum*) e dos isolados TCS 09 (*T. viride*), TCS 28 (*T. virens*), e TCS 76 (*T. harzianum*) para o solo arenoso.
6. *T. harzianum* (TCS 34) promoveu o aumento da absorção de fósforo pela planta.
7. A aplicação de biomassa da glicíndia incorporada de forma isolada e combinada com *Trichoderma* incrementa a produtividade do sisal.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHTSEN, B. R.; BJÖRKÉN, L.; VARAD, A.; HAGNER, Å.; WEDIN, M.; KARLSSON, J.; JANSSON, S. Endophytic fungi in European aspen (*Populus tremula*) leaves-diversity and a suggested correlation with herbivory resistance. **Fungal Diversity**, v. 41, p. 17-28, 2010.
- ALTAMORE, C. et al. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-grow-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, p 2926-2933, 1999.
- BAE, H.; STREM, M. D.; MELNICK, R. L.; BAILEY, B. A. The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 11, p. 3279–3295, 2009.
- BALA, A.; MURPHY, P. GILLER, K. E. Distribution and diversity of rhizobia nodulating agroforestry legumes in soil from three continents in the tropics. **Molecular Ecology**, v.12, p.917-930, 2003.
- BARAKAT, R. M.; AL- MASRI, M. I. Biological Control of *Sclerotium rolfsii* by Using Indigenous *Trichoderma* spp. Isolates from Palestine. **Hebron University Research Journal**, v.2, n.2, p.27 – 47, 2006.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricídia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando à melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.10, p.1287-1293, 2001.
- BELTRÃO, N.E.M. A planta. In: ANDRADE, W.(Ed.). **O Sisal do Brasil**. 1.ed. Salvador: SINDIFIBRAS; Brasília: APEX-Brasil, 2006. p.25-28.
- BENÍTEZ, T., RINCÓN, A.M., LIMÓN, M.C. & CODÓN. A.C. **Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains**. *International Microbiology*, 7(4): 249-260, 2004.
- BJÖRKMAN, T. Effect of *Trichoderma* colonization on auxin-mediated regulation of root elongation. **Plant Growth Regulation**, 43, p. 89-92, 2004.
- BLUM, L. E. B.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. Effect of organic amendments on sclerotial germination, mycelia growth, and *Sclerotium rolfsii* - induced diseases. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 66- 74, 2004.
- BLUM, L. E. B.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. Powders of kudzu, velvet bean, and pine bark added to soil increase microbial population and

reduce southern blight of soybean. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 6, p. 551-556, 2006.

CHAO, W. L.; NELSON; E. B.; HARMAN, G. E.; HOCH, H. C. Colonization of the rhizosphere by biological control agents applied to seeds. **Phytopathology**, v. 76, p. 60–65, 1986.

COMPANT, S.; DUFFY, B.; NOWAK, J.; CLÉMENT, C.; BARKA, E.A. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future perspectives. **Applied and environmental Microbiology**, v.71, n.9, p.4951-4959, 2005

DANDURAND, L.; KNUDSEN, G. Influence of *Pseudomonas fluorescent* on hyphal growth and biocontrol activity of *Trichoderma harzianum* in the spermosphere and rhizosphere of pea. **Phytopathology**, v. 83, n. 3, p. 265-270, 1993.

ETHUR, L.Z.; MUNIZ, M.F.B.; FLORES, M.G.V. Seleção de antagonistas fúngicos a *Fusarium solani* e *Fusarium oxysporum* em substrato comercial para mudas. **Ciência Rural**, v.37, p.1794-1797, 2007.

GARRIDO, M. S., MENEZES. R.S. C., SAMPAIO, E.V. S. B. & MARQUES, T. R. R. Crescimento e absorção de nutrientes pelo algodoeiro e pela mamoneira adubados com gliricídia e esterco **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.5, p.531–536, 2009.

GRYNDLER, M.; MERHAUTOVÁ V. Hyphal growth and mycorrhiza formation by the arbuscular fungus *Glomus calaroideum* BEG23 is stimulated by humic substances. **Mycorrhiza**, v.15, p. 483-488, 2005

GUARESCHI, R. F., MACAGNAN, D.; TRAMONTINI, A., GAZOLLA, P. R. Emprego de *Trichoderma* spp. no controle de *sclerotinia sclerotiorum* e na promoção de crescimento vegetativo nas culturas de girassol e soja **Gl. Sci. Technol.**, Rio Verde, v. 05, n. 02, p.01 – 08, mai/ago. 2012

HARMAN, G. E.; HOWEL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species- opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v.2, p. 43-56, 2004.

HARMAN, G.E. Myth and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease**, v.84, n.3, p.377-393, 2000.

HESTBJERG H., THRANE U. and JENSEN U.B.. A resource-saving method for isolation of *Fusarium* and other fungi from individual soil particles. **Mycology Research**, v. 103, p.1545-1548, 1999

KIBAKI J., Effect of compost on growth and survival of *Trichoderma harzianum* and its antagonism towards *Fusarium oxysporum* f. sp.

lycopersici. M.Sc. thesis, **Department of Horticulture**, Hannover University, 2005

HINOJOSA, J. C.; VALERO, N.; MEJÍA, L. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). **Agronomía Colombiana**, v. 27, n.1, p. 81-86, 2009

HOITINK H.A.J. and BOEHM M.J. Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. **Annual Review of Phytopathology**, v. 37, p. 427-446, 1999

HUBRARD, J. P.; HARMAM, G. E.; HADAR, Y. Effect of soilborne *Pseudomonas* spp. On the biological control agent, *Trichoderma hamatum*, on pea seeds. **Phytopathology**, v. 73, p. 655-659, 1983.

JACKSON A. M., WHIPPS J. M., LYNCH J. M., Effects of temperature, pH and water potential on growth of four fungi with disease biocontrol potential. **World Journal Microbiology & Biotechnology**. V. 7, p. 494–501, 1991

JONES Jr., J. B. **Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2001, 363p.

KLEIFELD, O.; CHET, I. *Trichoderma*: plant interaction and its effects on increased growth response. **Plant and Soil**, v.144, n.2, p.267-272, 1992

Kok C.J., Hageman P.E.J., Maas P.W.T., Postma J., Roozen N.J.M. and Van Vuurde J.W.L. Processed manure as carrier to introduce *Trichoderma harzianum*: **Biocontrol Science and Technology**, v. 6, p. 147-161, 1996.

KRAUSS, U.; SOBERANI, W. Effect of fertilization and biocontrol application frequency on cocoa pod diseases. **Biological Control**, v. 24, n.1, p. 82-89, May, 2002.

LO, C. T.; LIN, C. Y. Screening strains of *Trichoderma* spp. for plant growth enhancement in Taiwan. **Plant Pathology Bulletin**. v. 11, p. 215–220, 2002.

LORITO, M.; WOO, S. L.; HARMAN, G. E.; MONTE, E. Translational Research on *Trichoderma*: From ‘Omics to the Field. **Annual Review Phytopathology**, v.48, n. 19, p. 1–19, 2010.

LUCATERO, S.; GALINDO, E.; LARRALDE-CORONA, C. P. Quantitative characterisation of the morphology of *Trichoderma harzianum* cultured in shake-flasks and containing Tween40. **Biotechnology Letters**, v.2, p.41-44, 2004.

MAFONGOYA, P.L.; BARAK, P.; REED, J.D. CARBON, nitrogen and phosphorus mineralization of tree leaves and manure. **Biology and Fertility of Soils**, v.30, n.4, p.298-305, 2000

MARIN, A.M.P.; MENEZES, R.S. C; SALCEDO, I.H. Produtividade e milho solteiro ou em aleias de gliricídia adubadas com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.5, p.669-677, 2007.

MELO, I. S. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 4, p. 261-295, 1996.

MERTZ, L.M.; HENNING, F.A.; ZIMMER, P.D. Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.39, p.13-18, 2009.

MUNDUS, S.; MENEZES, R.S.C.; NEERGAARD, A.; GARRIDO, M.S. Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattle manure and/or gliricídia in semiarid NE Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.82, n.1, p.61-73, 2008

SARRUGE, J. R. S.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: USP-ESALQ, p. 56, 1974.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT User's Guide**. v. 8.0. vols. I, II and III. Cary: SAS Institute, Inc., 2000.

SECRETÁRIA DE AGRICULTURA DO ESTADO DA BAHIA – SEAGRI. Sisal. Disponível em: <www.seagri.ba.gov.br/busca.asp> sisal>. Acesso: 25 de agosto de 2007.

SILVA, T.O.; MENEZES, R.S.C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II – Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.51-61, 2007.

SINDIFIBRAS. Fibras brasileiras ganham novo mercado. Disponível em: <WWW.brazilianfibres.com> Acesso em 25 jan 2013.

SUINAGA, Fábio Akiyoshi; SILVA, Odilon Reny Ribeiro Ferreira da; COUTINHO, Wirton Macedo. **Cultivo do sisal**. Campina Grande, PB: EMBRAPA Algodão, 2006.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E. CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. **Nature**, v. 371, p. 783 - 785, 1994

ULHOA, C.J.; PEBERDY, J.F. Purification and some properties of the extracellular cellulase produced by *Trichoderma harzianum*. **Enzyme and Microbial Technology**, v.14, p. 236-240, 1992.

WEATHERBURN, M.W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Anal. Chem.**, v. 39, p.971-974, 1967

WELLER, D. M. et al. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 40, p. 309-347, 2002.

CAPÍTULO 2

Gliricídia e *Trichoderma* no controle da podridão vermelha em mudas de sisal

GLIRICÍDIA E *TRICHODERMA* NO CONTROLE DA PODRIDÃO VERMELHA DE SISAL (*Agave sisalana* Perrine)

Autora: Márcia Oliveira do Carmo

Orientadora: Prof^a Dr^a. Ana Cristina Fermino Soares

Resumo: O Brasil é o principal produtor de fibra de sisal no mundo, mas tem-se constatado um declínio desta cultura, sendo a ocorrência da podridão vermelha do caule, o principal problema fitossanitário e um dos fatores que vem afetando esta cultura. Foram avaliados os efeitos da incorporação de gliricídia ao solo e de *Trichoderma* no controle da podridão vermelha do sisal, em dois experimentos com solo argiloso e arenoso. O delineamento experimental foi em esquema fatorial 5 x 4, com cinco isolados de *Trichoderma* e 4 doses de gliricídia, com 5 repetições e três plantas por parcela. Fez-se a avaliação da colonização endofítica das mudas por *Trichoderma*, aos 180 dias após o transplante. Após este período, as mudas foram inoculadas no caule com *Aspergillus niger* e mantidas em casa de vegetação por 30 dias, para avaliação da incidência e severidade da podridão vermelha. Todos os isolados colonizaram endofiticamente as raízes de sisal, com maior porcentagem de colonização nas plantas cultivadas no solo argiloso, em relação aquelas cultivadas em solo arenoso. Houve interação entre o *Trichoderma* e as doses de gliricídia para a incidência da doença no solo arenoso, com eficácia maior de *Trichoderma* no controle da doença, nas doses de 22 e 26 t.ha⁻¹ de gliricídia e com *T. viride* (TCS 09) e *T. virens* (TCS 28), com redução de 49% e 43% na incidência da doença. O efeito significativo de redução na incidência e na severidade da doença nas plantas cultivadas em solo argiloso foi observado com o aumento das doses de gliricídia, com os menores índices de doença alcançados nas doses de 25 t ha⁻¹. Destacaram-se os isolados TCS 09 (*T. viride*), TCS 28 (*T. virens*), TCS 34 (*T. harzianum*) para ambos os solos, TCS 76 (*T. harzianum*) para o solo argiloso e TCS 43 (*T. virens*) para o solo arenoso, como os mais eficazes no controle da doença. **Palavras-chave:** *Aspergillus niger*, *Agave sisalana*, biocontrole

GLIRICIDIA AND TRICHODERMA FOR CONTROL OF SISAL (*Agave sisalana* Perrine) RED ROT STEM DISEASE

Autor: Márcia Oliveira do Carmo

Advisor: Prof. Dr^a. Ana Cristina Fermino Soares

Abstract: Brazil is the main producer of sisal fibre worldwide, but a decline in this crop in the field has been observed, and the occurrence of sisal stem red rot disease, the main disease problem, is one of the factors affecting this crop. We evaluated the effects of soil amendment with gliricidia and *Trichoderma* on control of red rot disease, in two experiments with clay and sandy soil. The experimental design was in a factorial arrangement 5 x 4, with five *Trichoderma* isolates and 4 doses of gliricidia plus the control treatment without *Trichoderma*, with 5 replicates and 3 plants per experimental plot. Endophytic colonization of sisal plants by *Trichoderma* was evaluated at 180 days after sisal transplanting. After this period, plants were inoculated with *Aspergillus niger* and kept under green-house conditions for 30 days, for evaluation of disease incidence and severity. All *Trichoderma* isolates colonized sisal root tissue endophytically, with the highest percentage of colonization was observed on plants grown in clay soil, as compared to the ones grown in sandy soil. Interaction between *Trichoderma* and doses of gliricidia affected disease incidence in sandy soil, with better control efficiency of *Trichoderma* for treatments with 22 and 26 t.ha⁻¹ of gliricidia, and with *T. viride* (TCS 09) and *T. virens* (TCS 28), with reduction of 49% and 43% in disease incidence. A significant reduction of disease incidence and severity in plants grown in clay soil was observed with the increase in gliricidia amendment to soil, with the lowest disease index obtained for 25 t ha⁻¹ of gliricidia. Isolates TCS 09 (*T. viride*), TCS 28 (*T. virens*), TCS 34 (*T. harzianum*) for both soils, TCS 76 (*T. harzianum*) for clay soil, and TCS 43 (*T. virens*) for sandy soil were the most eficiente for control of sisal red rot disease.

Key words: *Aspergillus niger*, *Agave sisalana*, biocontrol

INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor e exportador mundial de fibra de sisal (*Agave sisalana Perrine*), com cultivo em 112 cidades do Nordeste, sendo a Bahia o estado com a maior produção, abrangendo aproximadamente 94% do sisal produzido no Brasil. Esta cultura gera mais de meio milhão de empregos em sua cadeia de serviços, fixando o homem no Nordeste semiárido, sendo esta, muitas vezes, a única alternativa de produção agrícola nestas regiões (SINDIFIBRAS, 2013).

Apesar da sua relevância, tem-se constatado nos últimos anos, um declínio contínuo desta cultura, expresso em redução da área cultivada, de produção e produtividade, devido à ocorrência da podridão vermelha do caule, o principal problema fitossanitário da cultura (ABREU, 2010). Segundo Lima et al. (1998) a doença do sisal pode ser observada através do escurecimento dos tecidos internos do caule, estendendo-se da base das folhas à base do caule. Em estágios avançados da doença, as folhas ficam amareladas e o caule apodrece, causando a morte e o tombamento das plantas. A podridão do caule afeta plantas de sisal em todos os estágios fenológicos, desde rebentos a plantas no final do ciclo (BOCK, 1965) e as folhas de plantas afetadas tornam-se impróprias para o desfibramento.

O fungo *Aspergillus niger* foi identificado como o agente causal da podridão vermelha do sisal no Estado da Bahia (COUTINHO et al., 2006; SOARES et al., 2006; SILVA, 2012). Trata-se de um fungo filamentosos, típico de solo, sobrevivendo normalmente como saprófita, porém, podendo também causar doenças como podridão do colo do amendoim, principalmente em solos com baixo teor de matéria orgânica (MORAES, 1997).

Não existe o registro de produtos para o controle químico e nem a descrição de métodos eficientes de controle da podridão vermelha do sisal. O uso de agentes microbianos deve ser estudado para o controle desta doença, podendo o produto biológico ser utilizado de forma preventiva, na fase de produção de mudas, permitindo a produção de mudas com boa qualidade fitossanitária. Neste contexto, novos agentes

de controle biológico vem sendo estudados (BOLAND, 1990) e fungos do gênero *Trichoderma* têm recebido especial atenção (SÁ, 2013).

Por ser um micoparasita necrotrófico, o *Trichoderma* é eficaz no controle de inúmeros fungos fitopatogênicos, principalmente aqueles com estruturas de resistência consideradas difíceis de serem atacados por micro-organismos, como esporos, escleródios, clamidósporos e microescleródios (MELO, 1998). São fungos não patogênicos, que habitam o solo e atuam no controle de vários fitopatógenos, por meio de diferentes mecanismos. Dentre estes, se destaca o antagonismo, especialmente por meio do parasitismo das hifas do patógeno (MELO, 1996), a competição por nutrientes e espaço, produção de antibióticos (EL-HASAN et al., 2006) e indiretamente por meio de modificações das condições ambientais e a promoção do crescimento das plantas (BENITEZ et al., 2004)

Trichoderma apresenta algumas características que são essenciais para um agente de biocontrole: é inócuo ao ser humano e ao meio ambiente; possui estruturas de reprodução de fácil propagação (SPIEGEL e CHET, 1998), principalmente em substratos naturais e, apresenta meia vida de prateleira quando formulado com boa viabilidade (MELO, 1996). O papel ecológico deste gênero é que cepas de *Trichoderma* podem oferecer várias vantagens como: decomposição de matéria orgânica, uma microflora competitiva/deletéria através da colonização da rizosfera e melhoria da saúde e crescimento das plantas (HOITINK et al., 2006).

A adição de resíduos ao solo também é uma opção para o controle de doenças (BLUM & RODRÍGUEZ-KÁBANA 2004). Segundo Garcia & Silva (1996), isto se deve ao estímulo a antagonistas de ocorrência natural no solo. Alguns grupos de antagonistas podem ser favorecidos pela adição de resíduos vegetais ao solo, dentre eles *Pseudomonas* fluorescentes (WELLER et al. 2002). Homechin (1991) citou as variáveis textura, teor de matéria orgânica, práticas culturais como fatores importantes para a sanidade do sistema radicular e modo de sobrevivência dos patógenos de solo, associadas à presença de organismos antagonistas.

Muitos estudos indicam a ação supressora de *Trichoderma* spp e de adubos orgânicos. Contudo, poucos avaliam a ação supressora do adubo orgânico combinada com *Trichoderma* spp (HOITINK & KUTER, 1986). A ação de micro-organismos como agentes de biocontrole, associada a aplicação de adubos verdes no solo, deve ser avaliada no senti de promover a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo, que podem garantir a melhor colonização e sobrevivência do agente de biocontrole e, conseqüentemente, melhor ação no controle de patógenos e melhor nutrição e crescimento das plantas.

Destaca-se que o *Aspergillus niger* infecta a planta de sisal em condições de estresse e não penetra em tecidos não injuriados do hospedeiro, necessitando, portanto, de lesões de origem mecânica ou fisiológica (SÁ, 2009), sendo a maior incidência da podridão vermelha observada em áreas de baixa fertilidade e baixos teores de matéria orgânica (ABREU, 2010).

Considerando a importância da cultura do sisal para região Nordeste, os danos causados pela podridão vermelha, os benefícios provenientes de fontes de matéria orgânica incorporadas ao solo e o potencial de *Trichoderma* no controle de patógenos e promoção de crescimento de plantas, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da gliricídia e diferentes isolados de *Trichoderma* no controle da podridão vermelha do sisal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização química do solo

Foram coletadas amostras de dois tipos de solo, em áreas de produção de sisal na região semiárida da Bahia, sendo um Latossolo vermelho amarelo, com textura médio-argilosa, coletado da camada de 0-20 cm de profundidade no município de Jacobina e um Planossolo, com textura arenosa na cidade de Santa Luz, Bahia. O solo foi seco ao

ar e passado em peneiras de malha de 2 mm. As características químicas e físicas foram analisadas no Laboratório de Análise de Solos da USP-ESALq, em conformidade com o manual de análises do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC (RAIJ et al., 2001) e são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características químicas e granulométricas dos solos coletados nos municípios de Jacobina (Argiloso- ARG) e Santa Luz (Arenoso-ARE) na região semiárida da Bahia.

| Macronutrientes | | | | | | | | Granulometria | | | | |
|-----------------|---------------------|-----------------------|------|-----|------|------|---------------------|--------------------|--------|-------|-------|----|
| pH | P | K | Ca | Mg | H+Al | SB | CTC | M.O | Argila | Areia | Silte | V |
| | mg dm ⁻³ | cmol dm ⁻³ | | | | | | g kg ⁻¹ | % | | | |
| Argiloso | | | | | | | | | | | | |
| 6,3 | 20 | 0,43 | 0,55 | 1,2 | 1,1 | 7,1 | 8,2 | 15 | 23 | 75 | 2 | 87 |
| Arenoso | | | | | | | | | | | | |
| 4,6 | 3 | 0,21 | 0,80 | 0,3 | 1,6 | 1,3 | 2,9 | 12 | 12 | 85 | 3 | 44 |
| Micronutrientes | | | | | | | | | | | | |
| B | Cu | Fe | Mn | Zn | Na | Si | | | | | | |
| | | | | | | | mg dm ⁻³ | | | | | |
| Argiloso | | | | | | | | | | | | |
| 0,2 | 1,0 | 49 | 38,4 | 1,1 | 4 | 25,6 | | | | | | |
| Arenoso | | | | | | | | | | | | |
| 0,13 | 1,2 | 5 | 47,1 | 0,4 | 20 | 12,1 | | | | | | |

pH = potencial hidrogênico; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; CTC = capacidade de troca catiônica; MO = matéria orgânica. Cu=cobre, Fe = ferro, Mn= Manganês e Zn= zinco

Identificação dos isolados de *Trichoderma*

Cinco isolados de *Trichoderma* identificados como *T. viride* (isolado TCS09), *T. virens* (TCS28 e TCS43), *T. harzianum* (TCS34 e TCS76), provenientes da coleção do Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus Cruz das Almas – BA, foram selecionados com base nos trabalhos de seleção para o controle da podridão vermelha do sisal (SÁ, 2013).

Formulação dos isolados de *Trichoderma*

Os isolados de *Trichoderma* foram multiplicados em meio BDA diluído cinco vezes (BDA 1/5), à temperatura ambiente ($28\pm 2^\circ\text{C}$) por 10 dias, transferidos para tubos criogênicos com meio BDA 1/5 e enviados para a Empresa Sementes Farropilha, Pato de Minas, MG. Esta empresa preparou as formulações em pó dos isolados de *Trichoderma*.

Posteriormente, amostras de 1 g de cada formulado foram retiradas e a concentração de inóculo de *Trichoderma* foi quantificada por diluição seriada e plaqueamento em meio TSM adaptado (0,2 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,9 g de KH_2PO_4 ; 0,15 g de KCl; 1 g de NH_4NO_3 ; 3 g de dextrose; 0,15 g de rosa de bengala; 3 mL de Tritom X100; 2mL de Carbendazin (solução estoque 0,05 ml/l). Os inoculos do formulado de *Trichoderma* apresentaram as concentrações de $3,3 \times 10^5$ unidades formadoras de colônias/g do produto para o isolado TCS 09; 4×10^6 para o TCS 28; 4×10^6 para o TCS 34; $3,67 \times 10^6$ para o TCS 43 e $6,67 \times 10^6$ para o isolado TCS 76.

Tratamento do solo com os formulados de *Trichoderma* e adubação com glicírdia

Para avaliar o efeito da glicírdia e de isolados de *Trichoderma* no controle da podridão vermelha de mudas de sisal foram instalados dois experimentos em estufa agrícola, com o solo argiloso (ARG) e o solo arenoso (ARE), inoculados com os formulados dos diferentes isolados de *Trichoderma* e com a incorporação de diferentes doses de glicírdia. Os experimentos foram instalados em estufa agrícola no campus de Cruz das Almas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

A glicírdia foi coletada no campus de Cruz das Almas da UFRB, na área experimental de forrageiras. Folíolos e pecíolos foram triturados em moinho de facas com abertura de malha de 2 mm de diâmetro e a desidratação ocorreu em campo, sobre lona de polietileno preto. A matéria seca da glicírdia apresentou a seguinte composição nutricional:

N - 27,74 g kg⁻¹; P - 1,5 g kg⁻¹; K - 15,3 g kg⁻¹; Ca - 8,65 g kg⁻¹; Mg - 3,5 g kg⁻¹, conforme análise realizada no Laboratório de Análise de tecido vegetal da USP-ESALq.

A adubação verde foi aplicada em doses equivalentes a 10 t ha⁻¹ (10 g por vaso), 20 t ha⁻¹ (20 g por vaso) e 40 t ha⁻¹ (40 g por vaso) de matéria seca de gliricídia. Os formulados de cada isolado de *Trichoderma* foram pesados individualmente, calculando-se a quantidade necessária para uma concentração de 10⁶ UFC/ml de suspensão aquosa, diluindo-se o pó em 0,2 litros de água para melhor homogeneização no solo. Foi feita a incorporação simultânea do adubo verde e da suspensão aquosa do formulado, em cada saco de muda, sendo o solo misturado por meio de agitação manual dos sacos.

Mudas provenientes de bulbilhos foram enraizadas em bandejas de plástico (12 x 31 x 50 cm), contendo solo, até obterem quatro a seis folhas e, em média, 12 cm de altura. As mudas foram transplantadas para os sacos de muda contendo o solo com os tratamentos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro doses de adubação verde (0, 10, 20 e 40 t ha⁻¹ de matéria seca de gliricídia), cinco isolados de *Trichoderma* (*T. viride* – isolado TCS09, *T. virens* – isolados TCS28 e TCS43 e *T. harzianum* – isolados TCS34 e TCS76) e um tratamento controle sem *Trichoderma*, com cinco repetições, totalizando 120 parcelas em cada experimento, sendo que cada parcela constou de três mudas de sisal do tipo bulbilho plantadas em sacos de mudas individuais contendo 2 kg de solo.

As mudas de sisal foram mantidas em estufa agrícola por um período de 240 dias, entre os meses de março a novembro de 2012, com a umidade do solo a 70% da capacidade de vaso, sendo ajustada diariamente por meio de regas diárias, com base no peso dos vasos.

Colonização por *Trichoderma* na cultura do sisal

Para avaliar a colonização de *Trichoderma* no tecido da planta, foi utilizada a metodologia de amostras destrutivas, sendo amostradas três

plantas de cada tratamento, seis meses após o transplântio. Folha, caule e raiz foram submetidos ao processo de desinfecção superficial (sequencia de imersão em álcool 70% por 2 minutos, e hipoclorito de sódio 1% por 2 minutos, seguida de três lavagens em água esterilizada) Após desinfestados, os tecidos foram cortados em pequenos fragmentos com auxílio de bisturi com lamina esterilizada por flambagem sobre placas de Petri esterilizadas. Foram transferidos dez fragmentos para cada placa de Petri contendo meio de cultivo TSM adaptado. A avaliação da colonização pelo fungo foi feita com base na contagem do número de fragmentos de raiz, de folha e de caule de sisal com crescimento micelial de *Trichoderma*, sendo determinada a frequência de fragmentos colonizados pelo fungo (fragmentos colonizados em relação ao número total de fragmentos semeados em meio TSM). Os dados foram transformados pela fórmula arco seno $\sqrt{x/100}$, para normalização dos dados, e submetidos a análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de comparação de médias de Tukey (5% de significância) com o programa SAS.

Preparo da suspensão de esporos de *Aspergillus niger*

O isolado de *Aspergillus niger*, obtido de plantas de sisal com sintomas de podridão vermelha do caule e mantidos na coleção de culturas do Laboratório Fitopatologia e Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus Cruz das Almas – BA, foi multiplicado em placas de Petri contendo meio de cultivo BDA, à temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$). Após sete dias de incubação das culturas, em cada placa foram adicionados 20 ml de água destilada esterilizada e uma gota de Tween 20®, e os conídios colocados em suspensão por meio de raspagem da colônia com uma alça de Drigalsky. A concentração de conídios foi calculada com base na contagem de esporos em câmara de Neubauer e as suspensões foram padronizadas por diluição com água esterilizada, para 10^7 conídios ml^{-1} .

Inoculação das mudas de sisal com *Aspergillus niger*

Após oito meses de transplântio das mudas para os recipientes com o solo tratado com gliricídida e *Trichoderma*, as mudas foram inoculadas com *A. niger* da seguinte forma: foram feitos ferimentos padronizados (duas perfurações equidistantes, com 2 cm de profundidade e 1 mm de diâmetro) no caule das mudas e, em seguida, com o auxílio de uma pipeta, foram aplicados em cada ferimento das mudas 2 ml da suspensão de esporos dos isolados de *A. niger*, previamente ajustada para a concentração de 10^7 conídios.ml⁻¹.

Trinta dias após a inoculação das mudas, foram avaliadas a incidência e a severidade da doença. Para avaliação da incidência da doença, para cada tratamento, foram contadas as plantas sintomáticas, colhendo e cortando-as transversalmente, a 0,5 cm acima do ponto de lesão, e observando-se a presença do sintoma de podridão vermelha no caule, em amostragem destrutiva. Os dados foram transformados para percentagem de plantas com sintomas. A severidade dos sintomas da doença foi avaliada por meio de corte transversal da muda e observação da presença de sintomas de podridão vermelha no caule, adotando-se a seguinte escala de notas: 0 – Sem sintomas, apenas lesões mecânicas causadas pela perfuração da agulha; 1 – Sintoma inicial, lesão maior do que a causada pela agulha, podridão na base da folha mais externa; 2 – Sintoma avançado, podridão no interior da planta, planta ainda viva; 3 – Planta morta, caule totalmente destruído (Figura 1), conforme SÁ (2009).

Com os dados de severidade obtidos nas avaliações em casa de vegetação foi calculado o índice da doença (ID), segundo McKinney (1923), em que $ID = \frac{\sum (\text{valor da nota} \times \text{número de plantas com esta nota})}{n^\circ \text{ total de unidades} \times \text{grau máximo da escala de notas}} \times 100$. As análises estatísticas foram feitas, utilizando-se o pacote estatístico SAS.

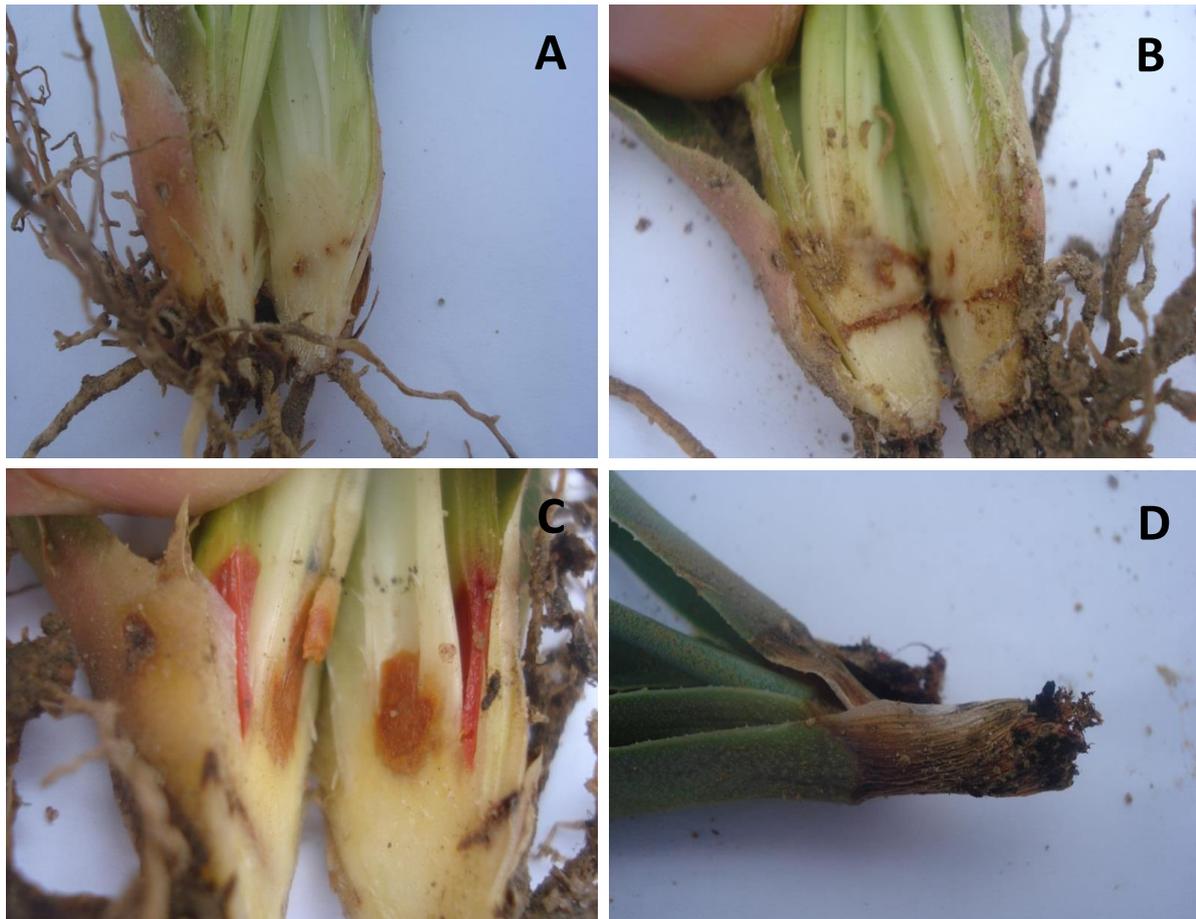


Figura 1: Escala descritiva de notas para avaliação da severidade da podridão vermelha do sisal. **(A)** 0 – Sem sintomas, apenas lesões mecânicas causadas pela perfuração da agulha; **(B)** 1 – Sintoma inicial, lesão maior do que a causada pela agulha, podridão na base da folha mais externa; **(C)** 2 – Sintoma avançado, podridão no interior da planta, planta ainda viva; **(D)** 3 – Planta morta. caule totalmente destruído.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Colonização radicular por *Trichoderma* em mudas de sisal

Na avaliação dos fragmentos de raiz para colonização de *Trichoderma*, não foi observado o crescimento do fungo no tratamento testemunha. Todos os isolados testados foram capazes de colonizar endofiticamente as raízes de sisal (Figura 2). Não se observou colonização nos tecidos de caule e folha. Metcalf e Wilson (2001) relataram que a interação *Trichoderma*-planta geralmente se dá na região das raízes e pode ocorrer em diferentes níveis. Foi observado um crescimento reduzido de *Trichoderma* nas raízes das mudas de sisal cultivadas em solo com a incorporação de glicíndia na dose equivalente

a 10 t ha⁻¹, principalmente para *T. virens* (TCS 43) com 13% de colonização e *T. viride* (TCS 09) com 18% de colonização. Na dose de 20 t ha⁻¹, a menor porcentagem de colonização das raízes de sisal foi encontrada para *T. virens* (TCS 28), com 23% de colonização, que também foi menor nas mudas de sisal cultivadas em solo com gliricídia na dose equivalente a 40 t ha⁻¹(27%). Apesar de *T. virens* (TCS 43) apresentar a menor frequência de colonização nas plantas cultivadas em solo com a dose de 10 t ha⁻¹, este isolado se destacou colonizando 60 % das raízes nas mudas cultivadas em solo com gliricídia na dose equivalente a 40 t ha⁻¹, destacando-se também o *T. harzianum* (isolado TCS 76) que já havia apresentado percentual de colonização das raízes acima de 52%, alcançando 65% na dose de 40 t ha⁻¹.

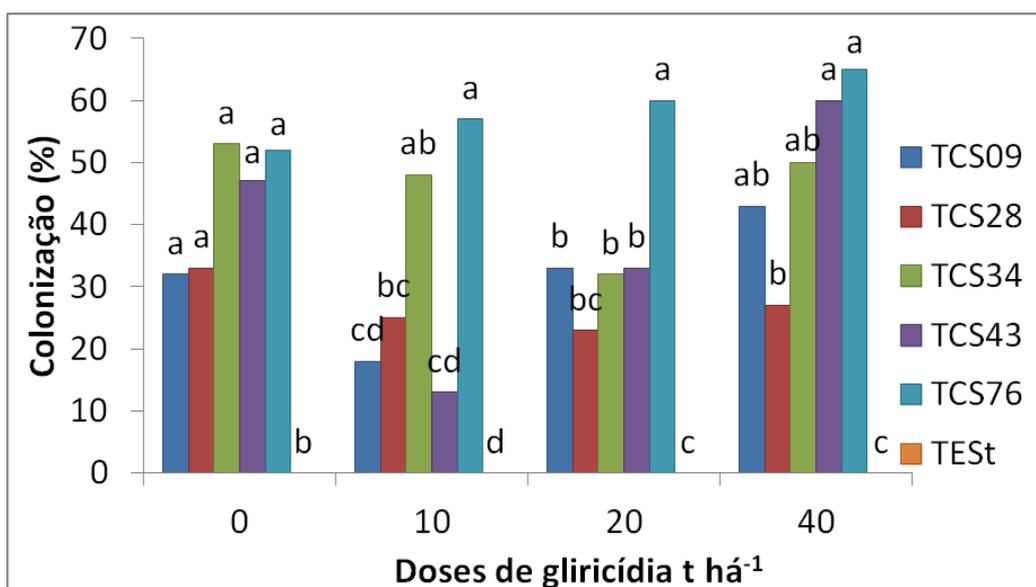


Figura 2. Colonização (%) de *Trichoderma* em mudas de sisal, aos 180 dias após o transplante para solo tratado com isolados de *Trichoderma* e diferentes doses de gliricídia. *TCS09 – *T. viride*, TCS 28 e TSC 43 – *T. virens*, TCS34 e TSC76 – *T. harzianum*

Não foi encontrada nenhuma espécie de *Trichoderma* no solo não tratado com as formulações de *Trichoderma* (Figura 3). A colonização pelos isolados de *Trichoderma* apresentou comportamento quadrático positivo em função das doses de gliricídia incorporadas ao solo, com diminuição da colonização quando acrescentadas doses de até 12 t ha⁻¹

para *T. viride* (isolado TCS 09), 22 t ha⁻¹ para *T. virens* (TCS 28) e *T. harzianum* (TCS 34) e de 16 t ha⁻¹ para *T. virens* (TCS 43), voltando a aumentar em doses maiores (Figura 3). *T. harzianum* (isolado TCS 76) apresentou crescimento linear positivo, sendo o mais eficiente em colonizar as raízes das mudas de sisal.

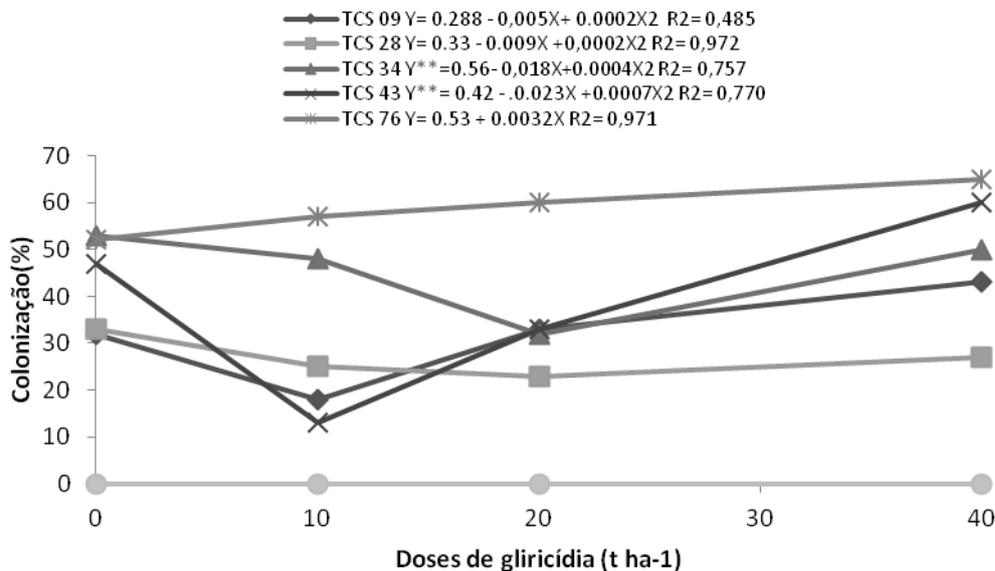


Figura 3. Colonização por *Trichoderma* em mudas de sisal aos 180 dias após inoculação em função da dose de gliricídia incorporado ao solo. **Equação com coeficiente de regressão significativo a 5% de probabilidade de erro. TCS 09 – *T. viride*, TCS 28 e TSC 43 – *T. virens*, TSC 34 e TSC 76 – *T. harzianum*.

No solo argiloso foram obtidos incrementos médios de 23% para a colonização das raízes das mudas de sisal por *Trichoderma* em relação às mudas cultivadas em solo arenoso (Figura 4).

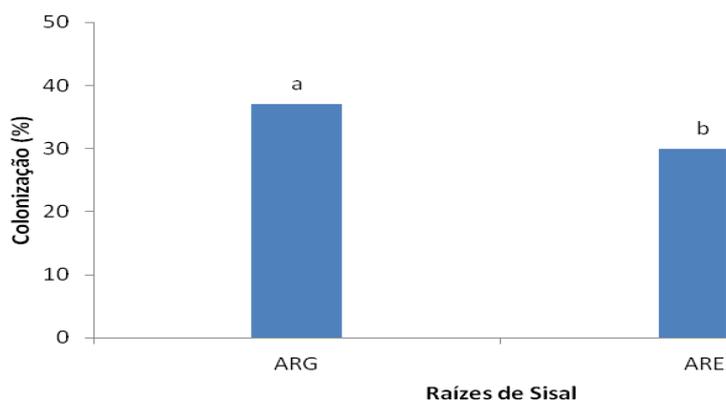


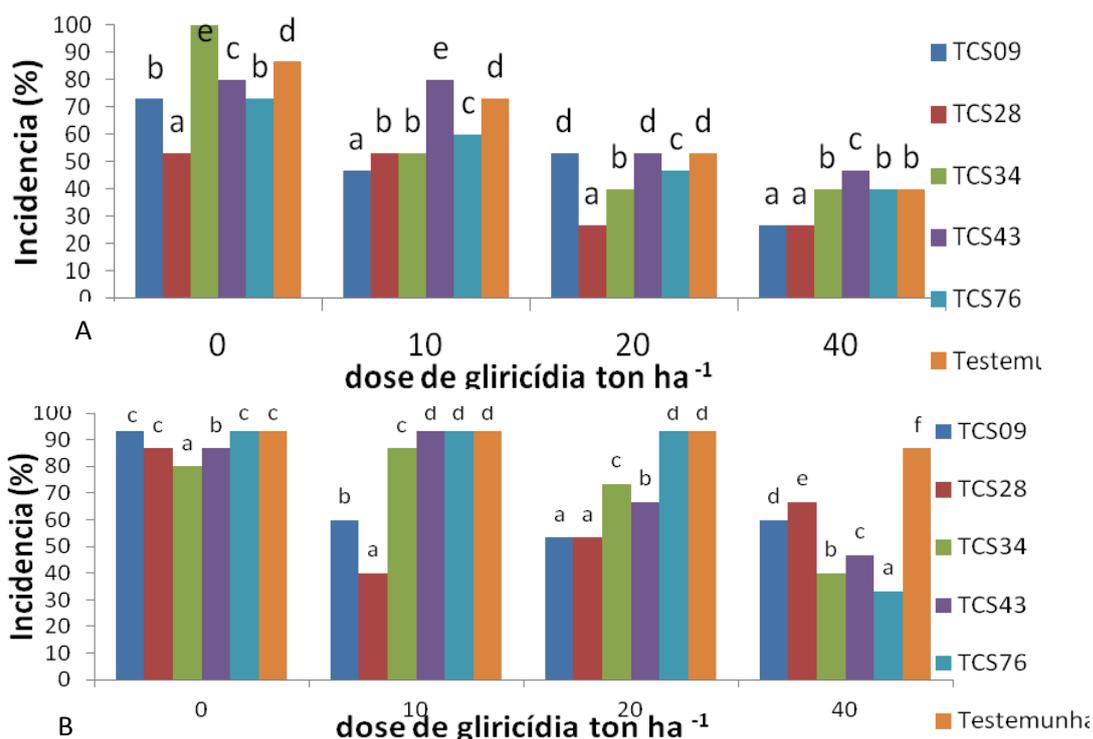
Figura 4. Colonização de raízes de mudas de sisal cultivadas em dois solos com características químicas diferentes, tratadas com isolados de *Trichoderma* e doses de glicirídica. ARG - solo argiloso, ARE - solo arenoso.

Algumas espécies do gênero *Trichoderma* são capazes de colonizar as raízes das plantas, induzindo resistência às doenças (YEDIDIA et al., 2000). No presente trabalho foi verificado que todos os isolados apresentaram a capacidade de colonizar as raízes de sisal. As análises do solo rizosférico das mudas de sisal confirmaram a ausência do *Trichoderma* nas amostras de solo não tratadas, indicando que a colonização das raízes foi oriunda dos isolados de *T. harzianum*, *T. viride* e *T. virens* testados neste trabalho.

Controle da podridão vermelha em mudas de sisal cultivados em solos da região sisaleira com *Trichoderma* e glicirídica.

A avaliação em casa de vegetação da eficiência de *Trichoderma* e doses de glicirídica no controle da podridão vermelha em mudas de sisal apresentaram resultados positivos e a incidência da doença apresentou significância pelo Teste F para a interação fungo x adubação verde, sendo, portanto analisados os desdobramentos e sua comparação para o solo arenoso e o solo argiloso. No geral, os resultados indicam que os isolados de *Trichoderma* tem potencial para o controle da podridão vermelha do sisal. No entanto, a eficiência de controle variou, resultando em incidências de 26,7 a 100% em solo argiloso e de 33,3 a 93,3% em solo arenoso (Figura 5).

Dos cinco isolados de *Trichoderma* testados como possíveis antagonistas, no solo argiloso, apenas no tratamento com *T. harzianum* (TCS 34) foi observada a incidência da doença de 100% nas mudas de sisal, não se diferenciando da testemunha no tratamento sem adubação com gliricídia, a qual apresentou 86,7% de incidência da doença (Figura 5). Os resultados com *T. virens* (TCS 43) demonstrou ser este isolado o menos eficiente no controle, não diferenciando das testemunhas sem inoculação quando o solo recebeu doses equivalentes a 10 e 20 ton ha⁻¹. Na dose máxima de 40 ton ha⁻¹, os tratamentos com *T. harzianum* (isolados TCS 34 e TCS 76) apresentaram incidência de 40%, a mesma apresentada pela testemunha e o tratamento com *T. virens* (TCS 43) (46,7%) apresentou incidência superior ao controle. Os demais isolados reduziram significativamente à incidência da doença em até 67%, sendo que *T. viride* (TCS 09) e *T. virens* (TCS 28) apresentaram os melhores resultados.



No solo arenoso, a maior incidência da doença (93,3%), foi encontrada nas mudas produzidas em solo tratado com *T. viride* (TCS 09) e *T. harzianum* (TCS 76) no tratamento sem adubação verde. No solo tratado com *T. harzianum* (TCS 76) e com as doses de 10 e 20 t ha⁻¹ e no solo tratado com *T. virens* (TCS 43) e com a dose de 10 t ha⁻¹, as mudas de sisal apresentaram a mesma incidência do tratamento testemunha (Figura 5). Na dose máxima de 40 t ha⁻¹, todos os tratamentos com isolados de *Trichoderma* apresentaram resultados positivos, reduzindo a incidência da podridão vermelha em até 62% (TCS 28), em relação aos tratamentos sem *Trichoderma*.

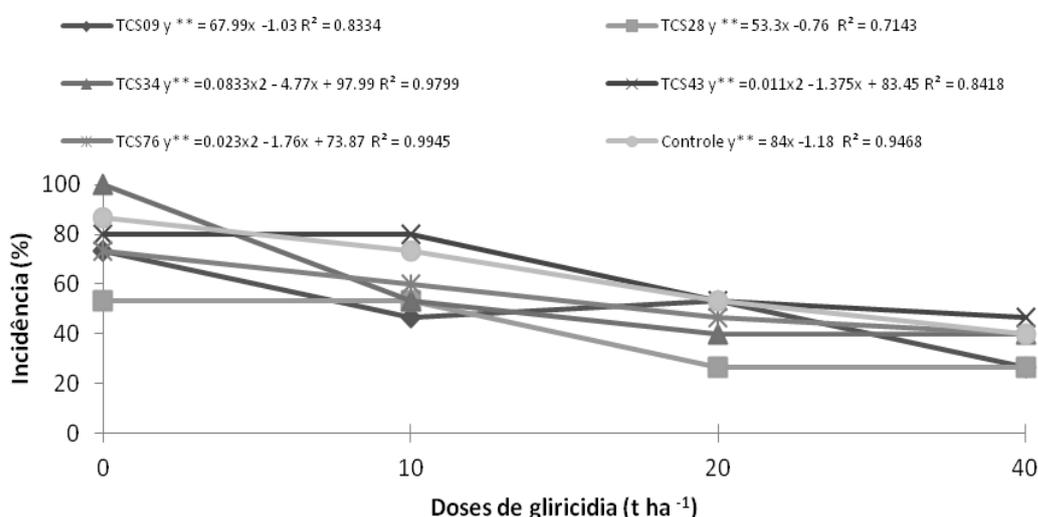


Figura 6. Incidência (%) da podridão vermelha de sisal em mudas de sisal cultivadas em solo argiloso tratado com formulados de *Trichoderma* e diferentes doses de glicírdia.

No solo argiloso, os tratamentos com os isolados de *T. viride* (TCS 09) e *T. virens* (TCS 28) e o tratamento testemunha apresentaram comportamento linear, diminuindo a incidência da doença com o aumento das doses de glicírdia. A dose de 29 t ha⁻¹ de glicírdia foi a que proporcionou menor incidência da doença (29%) no tratamento com o *T. harzianum* (TCS 34) (Figura 6), com redução de 44% da incidência da podridão vermelha do sisal, em relação à testemunha sem inoculação. Para a dose de 38 t ha⁻¹ de glicírdia, a incidência da doença foi de 49%

para o tratamento com o isolado *T. harzianum* (TCS 76). Observou-se o controle da incidência de até 25% no tratamento com 40 t ha⁻¹ de gliricídia e com *T. harzianum* (isolado TCS 76) e de 18% no tratamento com 25 t ha⁻¹ de gliricídia e com o isolado *T. viride* (TCS 28).

No solo arenoso, os isolados de *T. viride* (TCS 09) e *T. virens* (TCS 28) apresentaram ponto de mínimo, identificados pelo sinal positivo (+) do coeficiente do termo quadrático, com decréscimo da incidência da doença para as doses de gliricídia equivalentes de 22 e 26 t ha⁻¹, com incidência de 49 % e 43 %, respectivamente e posterior aumento com o aumento das doses (Figura 7). Os tratamentos com os demais isolados e a testemunha sem inoculação, apesar de também terem apresentado comportamento quadrático, a incidência foi máxima nas doses de 6 t ha⁻¹ (TCS 34), 10 t ha⁻¹(TCS 76 e testemunha) e 17 t ha⁻¹(TCS 43), com valores acima de 77 % (TCS 43), diminuindo em doses maiores.

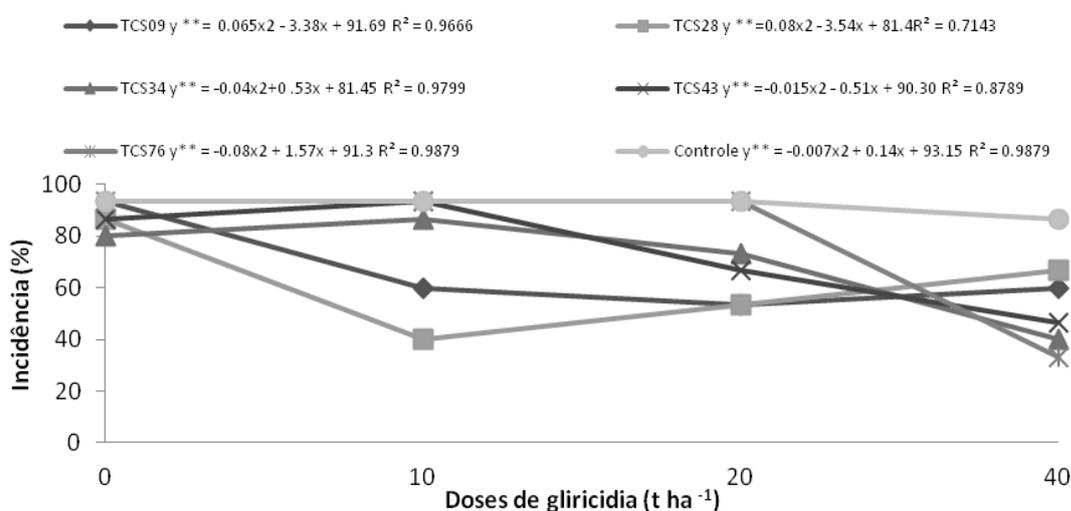


Figura 7. Incidência (%) da podridão vermelha de sisal em mudas cultivadas em solo arenoso tratado com formulados de *Trichoderma* e diferentes doses de gliricídia.

Os índices da podridão vermelha variaram com os tratamentos e o tipo de solo. Para o solo argiloso, o índice da doença não apresentou significância pelo Teste F para a interação *Trichoderma* x adubação verde com gliricídia e avaliando os fatores isolados, houve efeito apenas para as doses de gliricídia (Figura 8).

Quando a severidade da podridão vermelha do sisal foi avaliada nas mudas de sisal após oito meses de cultivo, diferenças estatísticas foram observadas nos tratamentos, para as diferentes doses testadas, (teste F, $P \leq 0,05$). A diminuição da severidade da doença pode ser explicada pelo aumento nas doses de gliricídia, atingindo a severidade de 12% na dose 34 t/ha (Figura 8). Esta fonte de matéria orgânica, quando incorporada ao solo, pode tornar o ambiente menos propício ao desenvolvimento do patógeno e o processo de infecção e colonização da planta, refletindo na tendência de diminuição da severidade da doença pelo aumento das doses aplicadas.

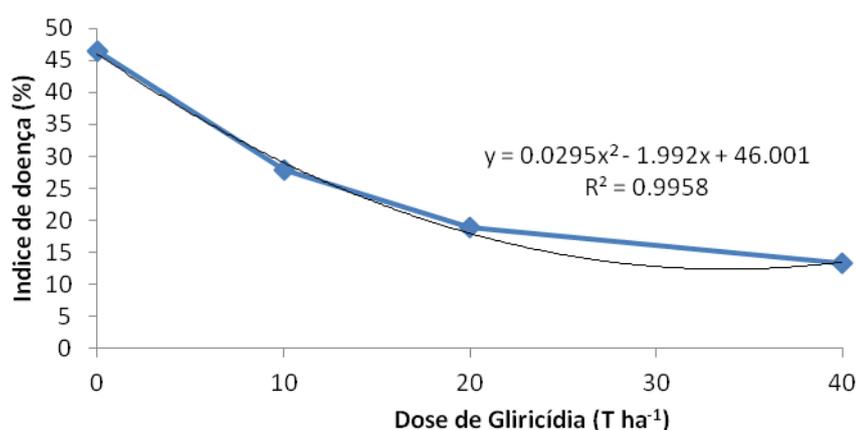


Figura 8 – Índice da podridão vermelha em mudas de sisal cultivadas com diferentes doses de gliricídia em um solo argiloso.

Para o solo arenoso, a interação *Trichoderma* x adubação com gliricídia foi significativa para o índice da doença. As plantas do tratamento controle sem inoculação e sem a gliricídia apresentavam 75,6% de severidade, enquanto que o tratamento com *T. harzianum* (TCS 34) apresentou 31,1% de severidade, com redução de 59 % (Tabela 2). Os isolados *T. harzianum* (TCS 76) e *T. virens* (TCS 43 e TCS 28) promoveram redução da severidade de 47, 26 e 21%, respectivamente, mas não diferiram da testemunha, na dose equivalente a 10 t ha⁻¹. A menor severidade da doença (13,33%), ocorreu nas plantas cultivadas no solo tratado com *T. virens* (TCS 28), sendo que os valores da severidade da doença nas mudas cultivadas em solo tratado com os isolados TCS 43, TCS 34 e TCS 76 foi superior a testemunha

sem inoculação. Nas demais doses não houve diferença entre os isolados.

Tabela 2. Índice de doença para podridão vermelha do caule, em mudas de sisal cultivadas em solo arenoso, tratado com isolados de *Trichoderma* e diferentes doses de gliricídia.

| Espécie de <i>Trichoderma</i> | Código do Isolado | Doses de gliricídia (t ha ⁻¹) | | | |
|-------------------------------|-------------------|---|---------|--------|--------|
| | | 0 | 10 | 20 | 40 |
| <i>T. viride</i> | TCS09 | 71,11ab | 26,66ab | 28,89a | 33,33a |
| <i>T. virens</i> | TCS28 | 59,99ab | 13,33a | 22,22a | 33,33a |
| <i>T. harzianum</i> | TCS34 | 31,11a | 59,99b | 44,44a | 20,00a |
| <i>T. virens</i> | TCS43 | 55,56ab | 53,33ab | 26,66a | 22,22a |
| <i>T. harzianum</i> | TCS76 | 40,00ab | 64,45b | 46,67a | 6,67a |
| Testemunha | | 75,56b | 44,44ab | 37,78a | 26,66a |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente de acordo com o teste Tukey (p=0,05).

O tratamento com o isolado *T. virens* (TCS 43) e o tratamento testemunha apresentaram comportamento linear, diminuindo a severidade da doença com o aumento das doses de gliricídia. Os tratamentos com os isolados *T. viride* (TCS 09) e *T. virens* (TCS 28) apresentaram ponto de mínimo, identificados pelo sinal positivo (+) do coeficiente do termo quadrático, com decréscimo da severidade da doença ao adicionar as doses de gliricídia equivalentes de 26 e 23 t ha⁻¹, com índice de doença respectivamente de 17 % e 12 % e posterior aumento com o aumento das doses (Figura 9). Já os demais tratamentos com *Trichoderma*, apesar de também terem apresentado comportamento quadrático, a severidade foi máxima nas doses de 17 t ha⁻¹(TCS 34), 14 t ha⁻¹(TCS 76), com valores acima de 54 %, diminuindo em doses maiores.

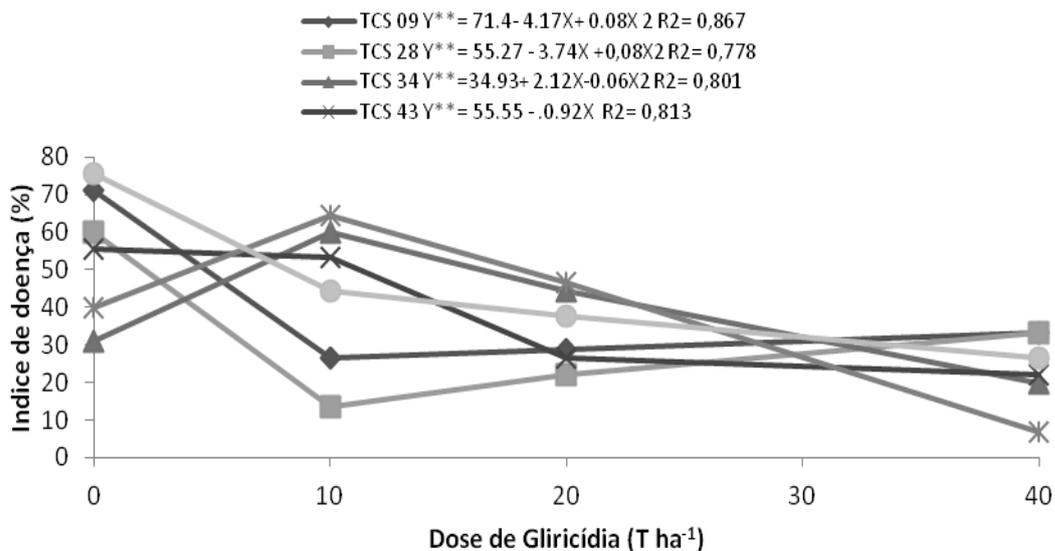


Figura 9. Índice (%) da podridão vermelha de sisal em mudas cultivadas em solo arenoso tratado com formulados de *Trichoderma* e diferentes doses de gliricídia.

A eficácia de controle das diferentes espécies de *Trichoderma* avaliadas pode estar associada às suas características intrínsecas como a habilidade de sobrepujar os mecanismos de defesa dos patógenos, competir com microrganismos do solo e tolerar os fatores abióticos no solo (COOK & BAKER, 1983).

Deve-se ter em mente que os resultados da adição de matéria orgânica sobre a supressividade de fitopatógenos são decorrentes de um sistema complexo e variam não apenas com as doses e fontes de matéria orgânica incorporada ao solo, mas também com o solo, a cultura e o patógeno considerado. A decomposição de algumas espécies vegetais utilizadas como adubos orgânicos libera substâncias aleloquímicas que podem exercer ação antagônica a alguns organismos (CALEGARI et al., 1993), dentre os quais fitopatógenos habitantes do solo. No manejo de doenças são mais indicadas espécies de leguminosas com propriedades antagônicas (SHARMA, 2006). Seria necessária, portanto, uma análise mais complexa para entender os processos envolvidos na redução da severidade da doença pelas diferentes doses de gliricídia e seus efeitos sobre o desenvolvimento,

processo de infecção e colonização da planta por *A. niger* e sobre os micro-organismos antagonistas no solo.

Segundo Michereff et al., (2005), um fenômeno que pode estar envolvido nesses resultados é a fungistase, que é causada por um complexo de inibidores e estimulantes no solo, motivo pelo qual a investigação desses fatores separadamente leva a melhor caracterização do fenômeno.

Novos estudos devem ser realizados para a caracterização dos mecanismos de supressividade ou conducividade dos solos submetidos à incorporação de adubos verdes, visando contribuir efetivamente para o manejo integrado da podridão vermelha do sisal.

Os resultados do presente estudo demonstram que a incorporação de gliricídia ao solo para o cultivo de sisal pode ser efetiva no controle da podridão vermelha. No entanto, conforme destacado por Abawi & Widmer (2000), o ambiente do solo é muito complexo e diferentes áreas geográficas têm diferentes ambientes de solo. A gliricídia precisa ser testada para sua hospitalidade aos patógenos e formas de aplicação no solo visando o controle da podridão vermelha do sisal.

CONCLUSÕES

1. Todos os isolados de *Trichoderma* colonizam endofiticamente as mudas de sisal e apresentam maior porcentagem de colonização das raízes nas mudas cultivadas no solo argiloso em relação às do solo arenoso.
2. Houve interação entre o *Trichoderma* e as doses de gliricídia para a incidência da podridão vermelha e menor incidência em mudas cultivadas no solo argiloso.
3. Os isolados de *Trichoderma* mostraram eficientes para o controle da incidência da doença do sisal. O mesmo não ocorreu com relação a severidade.

- 5 A incidência e a severidade da doença diminuíram com o aumento das doses de gliricídia, sendo os menores índices de doença foram alcançados nas doses de 25 t ha⁻¹.
- 6 Destacaram-se os isolados TCS 09 (*T. viride*), TCS 28 (*T. virens*), TCS 34 (*T. harzianum*) e TCS 76 (*T. harzianum*) em solo argiloso e os isolados TCS 09, TCS 28 (*T. virens*), TCS 34 (*T. harzianum*) e TCS 43 (*T. virens*) em solo arenoso, como os mais eficazes no controle da podridão vermelha do sisal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, K. C. L. de M. **Epidemiologia da podridão vermelha do sisal no Estado da Bahia**. 117p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

BENITEZ, T.; RINCÓN, A.M.; LIMÓN, M.C.; CODÓN, A.C. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology**, v.7, n.4, p.249-260, 2004.

BLUM, L. E. B.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. Effect of organic amendments on sclerotial germination, mycelial growth, and *Sclerotium rolfsii* - induced diseases. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 66- 74, 2004.

BOCK, K. R. Diseases of sisal. **World Crops**. Massachusetts, v. 17, n.1, p. 64-67, 1965

BOLAND, G.J. Biological control of plant diseases with fungal antagonists: challenges and opportunities. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v.12, p.295-299, 1990

COOK, R.J.; BAKER. **KF natureza e prática de controle biológico de patógenos de plantas**. 2. ed. São Paulo: APS Press, 1983. 539 p.

COUTINHO, W. M.; SUASSUNA, N. D.; LUZ, C. M.; SUINAGA, F. A.; SILVA, O. R. R. F. Bole rot of sisal caused by *Aspergillus niger* in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, p. 605, 2006.

EL-HASAN, A.; WALKER, F.; BUCHENAUER, H. *Trichoderma harzianum* e do seu metabolito 6-pentil-alfa-pirona suprimir ácido fusárico produzida por *Fusarium moniliforme*. **Journal of Phytopathology**, v 156, n. 02, p. 79-87, 2006.

GARCIA, A.; SILVA, J. F. V. Nematóide de cisto da soja. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 34, n. 1, p. 21-22, 1996.

Hoitink, H. A. J., Madden, L. V.; Dorrance, A. E. Systemic resistance induced by *Trichoderma* spp.: Interactions between the host, the pathogen, the biocontrol agent, and soil organic matter quality. **Phytopathology**, v. 96, p. 186-189, 2006.

HOITINK, H. A. J.; FAHY, P. C. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. **Annual Review of Phytopathology**, v. 24, p. 93-114, 1986.

HOMECHIN, M. Controle biológico de patógenos do solo. In: BETTIOL, W. (Ed.). **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa-CNPDA, 1991. p.7-23

LIMA, E. F. et al. Podridão vermelha do tronco do sisal (*Agave sisalana* Perr.) causada por *Botryodiplodia theobromae* Pat. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p.109-112, 1998.

McKinney, RH Influência da temperatura e umidade do solo sobre a infecção de mudas de trigo por *Helminthosporium sativum*. **Jornal de Pesquisa Agropecuária** V. 6, p.195-218, 1923.

MELO, I. S. de; Azevedo, J. L. (Eds.). **Ecologia Microbiana**, Jaguariúna: EMBRAPA – CNPMA, 1998. p.327-343.

MELO, I.S. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. In: LUZ, W.C (Ed.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. EMBRAPA - CNPTrigo. Passo Fundo. 1996.

MICHEREFF, S. J. et al. Importância dos patógenos e das doenças radiculares em solos tropicais. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE - Imprensa Universitária, 2005. p. 1-18.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p.240-250.

SÁ, J. O de. **Patogênese de *Aspergillus niger* e biocontrole da podridão vermelha do sisal por *Trichoderma* spp.**, 2009. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009.

SILVA, J. R. Q. **Agente etiológico da podridão vermelha do sisal: densidade populacional, sobrevivência, caracterização genética e de agressividade**. 109p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.

SINDIFIBRAS. **Fibras brasileiras ganham novo mercado**. Disponível em: < WWW.brazilianfibres.com > Acesso em 25 jan 2013.

SOARES, A. C. F.; SALOMÃO, M. S.; ALMEIDA, N. de S.; PEREZ, J. O.; GARRIDO, M. da S. *Aspergillus niger* como agente causal de manchas foliares e podridão do pseudocaule do sisal. In: **XXXIX Congresso Brasileiro de Fitopatologia**, 2006, Salvador, BA.

Spiegel, Y. and I. Chet.. Evaluation of *Trichoderma* spp. as biocontrol agent against soilborne fungi and plant-parasitic nematodes in Israel. **Integrated Pest Management Reviews**, Israel, V.3, p.169-175, 1998.

WELLER, D. M. et al. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, n. 40, p. 309-347, 2002.

Yedidia, I.; Benhamou, N.; KAPULNIK, Y.; CHET, I. Indução e acúmulo de PR atividade proteínas durante os estágios iniciais de colonização das raízes pelo micoparasita *Trichoderma harzianum* cepa T-203. **Fisiologia Vegetal e Bioquímica** , v.38 , p.863-873, 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo testar a eficácia do *Trichoderma* e da glicírdia no crescimento e nutrição de mudas de sisal e no controle de podridão vermelha do sisal, em dois tipos de solo da região semiárida produtora de sisal da Bahia.

No Capítulo I avaliou-se o efeito da incorporação da glicírdia e formulados de *Trichoderma* no solo sobre o crescimento e nutrição de mudas de sisal. Nesse estudo, observou-se que tanto os isolados de *Trichoderma* quanto a glicírdia promoveram efeito significativo na produção de biomassa e diâmetro do caule e nos teores de N, P e K nas mudas de sisal, de forma isolada ou a combinação *Trichoderma*-glicírdia. Com a incorporação da glicírdia ao solo, ocorre maior disponibilidade de nutrientes para a planta, observada na caracterização química do solo após a coleta do experimento, que podem ser proveniente da atuação dos isolados de *Trichoderma* na mineralização da matéria orgânica, por meio da produção de enzimas.

Os resultados do Capítulo I, referentes ao controle da podridão vermelha do sisal indicam que a fonte de matéria orgânica incorporada ao solo, tornou o ambiente menos propício ao desenvolvimento do patógeno, refletindo na tendência de diminuição da incidência e severidade da doença com o aumento das doses de glicírdia. No entanto, seria necessária uma análise mais complexa para entender os processos envolvidos na redução da severidade da doença pelas diferentes doses de glicírdia e seus efeitos sobre o desenvolvimento, processo de infecção e colonização da planta por *A. niger* e sobre os micro-organismos antagonistas no solo.

Conclui-se que o *Trichoderma* se desenvolveu melhor no solo arenoso que no solo argiloso, após a incorporação destes isolados ao solo e cultivo das mudas de sisal. Os cinco isolados de *Trichoderma* são capazes de colonizar endofiticamente as mudas de sisal e apresentaram maior porcentagem de colonização das raízes por *Trichoderma* nas mudas cultivadas no solo argiloso em relação às do solo arenoso. De modo geral o uso de *Trichoderma* proporcionou

resultados positivos no incremento no diâmetro do caule e massa seca de mudas de sisal oriundas de bulbilhos e promoveu melhoria no estado nutricional da muda de sisal e no teor de fósforo no solo. Todos os isolados de *Trichoderma* promoveram uma maior absorção de fósforo pela planta. Os isolados TCS 28 (*T. virens*), TCS 34 (*T. harzianum*) e TCS 76 (*T. harzianum*) foram os que mais se destacaram em relação ao crescimento das mudas de sisal. Os isolados de *Trichoderma* mostraram ter potencial para o controle da incidência da podridão vermelha do caule de sisal, sendo necessário avaliar as melhores condições para introdução do *Trichoderma* no solo e/ou planta, as formas e épocas de aplicação do *Trichoderma*. O mesmo não ocorreu com relação a severidade da doença. Destacaram-se os isolados TCS 09 (*T. viride*), TCS 28 (*T. virens*), TCS 34 (*T. harzianum*) para ambos os solos, TCS 76 (*T. harzianum*) para o solo argiloso e TCS 43 (*T. virens*) para o solo arenoso, como os mais eficazes no controle da podridão vermelha para o solo arenoso.

A gliricídia influenciou positivamente todas as características químicas do solo e todos os parâmetros de crescimento das mudas de sisal. O máximo crescimento das mudas foi alcançado nas doses de 28 e 33 t ha⁻¹, no solo argiloso e arenoso, respectivamente, com diminuição em doses maiores. O aumento do teor de nitrogênio e potássio no solo argiloso ocorreu apenas em função do aumento das doses de gliricídia. A gliricídia incorporada ao solo promove o controle da podridão vermelha do sisal, reduzindo a incidência e a severidade, com o aumento das doses no solo. Os menores índices de doença foram alcançados nas doses de 25 toneladas de gliricídia por hectare em ambos os solos.

A aplicação de biomassa da gliricídia incorporada de forma isolada e combinada com *Trichoderma* incrementa a produtividade do sisal. Houve interação entre o *Trichoderma* e as doses de gliricídia para a incidência da podridão vermelha e menor incidência em mudas cultivadas no solo argiloso

Esses resultados poderão contribuir para pesquisas futuras, visando o desenvolvimento de técnicas para o manejo sustentável da cultura do sisal. Trabalhos futuros deverão ser conduzidos para melhor

compreensão do sistema sisal x *Trichoderma* x *A. niger*, bem como, a identificação de substâncias resultante da decomposição de adubos orgânicos com efeito fungicida.

Trabalhos em campo deverão ser realizados em diferentes condições edafoclimáticas do semiárido baiano para avaliar o comportamento destes isolados de *Trichoderma*, permitindo identificar com precisão isolados promissores, explorando ao máximo o potencial destes isolados, combinados à adubação orgânica.