



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFES**  
**CAMPUS DE CERRO LARGO**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**ADRIK FRANCIS RICHTER**

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE MORANGUEIRO ATRAVÉS DA INOCULAÇÃO DE  
*TRICHODERMA*, RIZÓBIO E INCORPORAÇÃO DE SILÍCIO**

**CERRO LARGO**

**2015**

**ADRIK FRANCIS RICHTER**

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE MORANGUEIRO ATRAVÉS DA INOCULAÇÃO  
DE *TRICHODERMA*, RIZÓBIO E INCORPORAÇÃO DE SILÍCIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso  
de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira  
Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel  
em Agronomia

Orientadora. Prof<sup>ª</sup>. Dr. Débora Leitzke Betemps

CERRO LARGO

2015

**DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação**

Richter, Adrik Francis

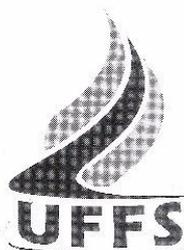
CRESCIMENTO DE MUDAS DE MORANGUEIRO ATRAVÉS DA  
INOCULAÇÃO DE TRICHODERMA, RIZÓBIO E INCORPORAÇÃO DE  
SILÍCIO/ Adrik Francis Richter. -- 2015.

51 f.:il.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr. Débora Leitzke Betemps .  
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Agronomia , Cerro Largo, RS, 2015.

1. Promoção de Crescimento . 2. Morangueiro . I. ,  
Prof<sup>a</sup>. Dr. Débora Leitzke Betemps, orient. II.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS CERRO LARGO  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA - BACHARELADO

### DECLARAÇÃO

Ministério da Educação Universidade  
Federal da Fronteira Sul

Campus Cerro Largo  
Rua Major Antônio Cardoso, 590  
Cerro Largo/RS CEP 97500-000

(55) 3359 3950  
[www.uffrs.edu.br](http://www.uffrs.edu.br)

A Coordenação do Curso de Agronomia - Bacharelado - do *Campus* Cerro Largo declara, para os devidos fins, que os Professores, **Débora Leitzke Betemps (Orientadora)**, **Gerson Kleinick Vignolo**, **Evandro Pedro Schneider (Coorientador)** participaram da banca de apresentação de relatório de estágio e trabalho de conclusão de curso (TCC) do estudante ADRIK FRANCIS RICHTER, realizada no dia 27 de novembro de 2015 nas dependências do Bloco A da referida Universidade.

Cerro Largo, 27 de novembro de 2015.

SIDINEI ZWICK RADONS  
Ciape: 1789806  
Coordenador do Curso de Agronomia  
Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS  
Campus Cerro Largo-RS

*A minha mãe Silvani “ in memoriam ” que  
somente pode ver o início de mais esse pequeno  
passo e grande sonho da minha vida.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Ronhald e Silvani “in memoriam”, pelo amor incondicional e apoio infinito;

Aos meus avós Décio e Gladis que sempre foram como pais para mim;

A minha tia Rubia por todo apoio e carinho;

Aos demais familiares pela confiança e pela torcida;

Ao meu orientador Prof. Dr. Pedro Evandro Scheneider, pelo seu apoio, sua orientação qualificada e seus conhecimentos transmitidos durante toda a minha graduação e principalmente neste trabalho;

À professora Dra. Debora Betemps e também orientadora deste trabalho pelo apoio, orientação e pela colaboração;

Ao meu orientador de estágio Pesquisador Dr. José Ernani Schwengber por toda orientação e colaboração;

A minha colega de trabalho e amiga Bruna Rohrig pela amizade e colaboração para a execução desse trabalho;

Aos meus colegas de curso e principalmente amigos Atilio, Carol, Dailson, Felipe, Jeferson, Jordana, Kaliton, Paola e Tobias, por toda amizade e pelos bons momentos.

A minha segunda família do “ap 4” “Fungo, Rato, Schtaudt, Vovô, Welter e Y” pela convivência e pelas horas de descontração;

Aos professores do curso de Agronomia, por todo o ensino e enriquecimento profissional;

A Universidade Federal da Fronteira Sul campus Cerro Largo e ao curso de Agronomia com ênfase em agroecologia, por toda a minha graduação e pela oportunidade da realização do meu trabalho de conclusão de curso;

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, os meus mais sinceros agradecimentos.

"A felicidade desta vida não consiste no repouso de um espírito satisfeito, pois não existe o "finis ultimus", nem o "summum bonum", de que se fala nos livros dos antigos filósofos morais.  
[...] A felicidade é um contínuo progresso do desejo."

**Thomas Hobbes**

## RESUMO

**RICHTER, A.F. Promoção do crescimento de mudas de morangueiro através da inoculação de *Trichoderma*, rizóbio e incorporação de silício. 41F. C.L. 2015**

O morangueiro é considerado o principal representante do grupo das pequenas frutas, principalmente por sua grande expressão econômica. A fruta ainda possui destaque por seu sabor agradável, boa aparência e consideráveis valores nutricionais e vitamínicos. Para a obtenção de plantas mais produtivas e resistentes o uso de elementos e agentes promotores de crescimento podem proporcionar um rápido e adequado desenvolvimento das mudas na implantação da cultura. O objetivo do presente trabalho foi de estudar o efeito do uso de *Trichoderma*, rizóbio e também da incorporação de silício como promotores de crescimento em mudas de morangueiro submetidas a diferentes interações entre os mesmos. O estudo foi conduzido na Universidade Federal da Fronteira Sul no município de Cerro Largo região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. O delineamento experimental foi conduzido em blocos casualizados, com oito tratamentos, onde T1 foi a testemunha à qual não recebeu nenhum tipo de inoculação ou incorporação de silício, T2 foi inoculada apenas com *Trichoderma*, T3 apenas rizóbio, T4 a coinoculação de *Trichoderma* mais rizóbio, T5 recebeu a incorporação somente de silício, T6 a incorporação de silício mais a inoculação de *Trichoderma*, T7 incorporação de silício mais inoculação com rizóbio e T8 a incorporação de silício mais a coinoculação de rizóbio e *Trichoderma*, com quatro repetições. As avaliações morfológicas e fisiológicas finais foram feitas 55 dias após o transplante das mudas de morangueiro, os dados obtidos foram submetidos ao teste de Duncan a 5% de probabilidade. O tratamento utilizando apenas *Trichoderma* proporcionou o maior diâmetro do colo e os maiores acúmulos de matéria fresca e seca. Nos parâmetros de área radicular, massa fresca e seca de raiz, massa fresca de parte aérea. Massa fresca e seca total foi o tratamento utilizando apenas silício que proporcionou as maiores médias com diferenças significativas para a cultura do morangueiro. Com o acompanhamento e as avaliações feitas no experimento, pode se afirmar que o morangueiro apresenta resposta positiva quando submetido a tratamentos com agentes promotores durante o ciclo vegetativo.

Palavras-Chave: Promoção de crescimento, Morango, microrganismos, inoculação

## ABSTRACT

**RICHTER, A.F. Strawberry seedlings growth promotion through Trichoderma inoculation, rhizobium and silicon incorporation . 41F. C.L. 2015**

The strawberry is regarded as the main representative of the small fruits group, especially because of its significant economic relevance, the fruit also stands out for its pleasant taste, good appearance and considerable nutritional and vitamin values. In order to obtain more productive and resistant plants, the use of elements and growth promoter agents may provide a quick and suitable seedlings development during the culture establishment. This work aimed to study the effect of the Trichoderma, rhizobium and silicon incorporation as growth promoter in strawberry seedlings submitted to different interactions among them. The study will be conducted in South Frontier Federal University, campus Cerro Largo in the northwestern region of Rio Grande do Sul state in Brazil (UFFS). The experimental delineation will be conducted as randomized blocks, with eight treatments of which T1 will be the one that will not receive any inoculation or silicon incorporation, T2 will be inoculated with Trichoderma only, T3 rhizobium only, T4 the inoculation of Trichoderma + rhizobium, T5 will receive only silicon incorporation, T6 the silicon incorporation + Trichoderma inoculation, T7 the silicon incorporation + rhizobium inoculation and T8 the silicon incorporation + rhizobium and Trichoderma, with four repetitions. The morphological and physiological evaluations will be performed 60 days after the strawberry seedlings transplant, the obtained data will be submitted to Tukey test in 5% of probability. The present work expects to demonstrate the potential of microorganisms inoculation and elements incorporation as growth promoters in strawberry seedlings, furthermore, to observe if really occurs interaction among microorganisms and silicon to this growth promotion.

Keywords: Growth promotion, Strawberry

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 12 |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....   | 15 |
| 2.1. Aspectos gerais do morangueiro .....   | 15 |
| 2.1.1 Aspectos Vegetativos e reprodutivos .....   | 16 |
| 2.2. Promoção de crescimento de plantas por microrganismos do solo .....                  | 17 |
| 2.2.1 O uso de <i>Trichoderma</i> .....   | 18 |
| 2.2.2 Interação <i>Trichoderma</i> - planta .....   | 19 |
| 2.2.3 <i>Trichoderma</i> - Aplicações .....   | 20 |
| 2.2.4 O uso de Rizóbios .....   | 21 |
| 2.2.5 Interação rizóbio - planta .....  | 22 |
| 2.2.6 Rizóbios - Aplicações .....   | 23 |
| 2.3. O uso de Silício .....   | 24 |
| 2.3.1 Dinâmica Silício – planta .....   | 24 |
| 2.3.2 Silício - Aplicações .....  | 26 |
| <b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....   | 27 |
| 3.1. Local do experimento .....   | 27 |
| 3.2. Origem e transplante das mudas .....   | 27 |
| 3.3. Inoculantes e Silício .....  | 28 |
| 3.4. Inoculação e incorporação do Silício .....   | 28 |
| 3.5. Irrigação e Nutrição .....   | 29 |
| 3.6. Delineamento Experimental .....  | 29 |
| 3.7. Avaliações morfológicas das mudas .....  | 30 |
| 3.7.1 Raiz .....  | 30 |
| 3.7.2 Altura da parte aérea e diâmetro do colo .....                                      | 30 |
| 3.7.3 Folhas .....  | 31 |
| 3.7.4 Massa de matéria seca e fresca/relação .....  | 31 |
| 3.8. Avaliações fisiológicas .....  | 32 |
| 3.8.1 Análise fotossintética .....  | 33 |
| 3.8.2 Avaliação da colonização endofítica de <i>Trichoderma</i> e rizóbio nas mudas ..... | 33 |
| 3.9. Análise estatística .....  | 33 |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUÇÃO</b> .....   | 34 |
| 4.1 Análises Morfológicas .....   | 34 |
| 4.1.1 Parte aérea .....   | 34 |
| 4.1.2 Área Radicular .....  | 35 |
| 4.1.3 Massa de matéria fresca e seca .....  | 37 |
| 4.2 Análise Fisiologica .....   | 39 |
| 4.2.1 Índice de clorofila (SPAD) .....  | 39 |
| <b>5. CONCLUSÕES</b> .....  | 41 |

|  |    |
|--|----|
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....       | 42 |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> ..... | 43 |

## 1. INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria X ananassa* Duch.) é considerado um dos principais representantes do grupo de pequenas frutas, considerando à área cultivada, pode ser produzido em várias regiões de clima ameno (13°C à 26°C). Possui destaque por sua aparência atrativa, sabor agradável e altos teores de vitamina C (ORTIGOZA, 1999). É considerado uma das espécies de maior expressão econômica entre as pequenas frutas (RIGON et al., 2005).

A base de um incremento na produtividade pode estar relacionado ao crescimento adequado da planta. O morangueiro apresenta duas fases de crescimento: a fase vegetativa inclui a formação de estolões, emissão de folhas e a formação de coroas secundárias que fornecem as condições nutricionais para a entrada da fase reprodutiva. A fase reprodutiva abrange a indução floral, iniciação e surgimento das flores, crescimento e maturação das frutas, época de maior demanda nutricional da planta (DARROW, 1966).

Em busca da promoção de crescimento das plantas podemos recorrer à utilização de elementos ou agentes promotores de crescimento, como reguladores vegetais, fungos, extratos vegetais ou minerais e bactérias. Os mesmos estão relacionados com a produção de hormônios vegetais, produção de vitaminas, conversão de materiais a uma forma útil para a planta, ou ainda proteger de outros microrganismos prejudiciais.

Um solo bem equilibrado, é um ambiente habitado por diversos microrganismos que, por sua vez, influenciam na sua fertilidade (STAMFORD et al., 2005), propiciando diversas transformações químicas, físicas e biológicas, destacando-se processos de ciclagem de nutrientes, sendo estes de fundamental importância na agricultura (SOTTERO, 2003). Dentre esses microrganismos, os rizóbios são amplamente conhecidos pela fixação biológica do nitrogênio em simbiose com leguminosas, porém, pesquisadores têm verificado que, além de serem eficientes fixadores de nitrogênio, os rizóbios também são capazes de promover o crescimento de não-leguminosas por meio de outros mecanismos, entre estes a produção de hormônios (CHEN ET AL., 2005; SCHLINDWEIN et al. 2008). Os fungos do gênero *Trichoderma* podem ser usados como agentes de controle biológico, contra fungos fitopatogênicos, e ainda colonizar raízes de plantas para estimular o crescimento e proteção contra infecções. A colonização da raiz pode aumentar o desenvolvimento radicular, produtividade da cultura, resistência a estresses abióticos e melhoria do uso de nutrientes (BENÍTEZ et al., 2004).

O *Trichoderma* spp. pode atuar como bioestimulante do crescimento de plantas, tendo

em vista que esse microrganismo interage com as raízes, promovendo um maior desenvolvimento das mesmas, devido à secreção de fitohormônios, permitindo então uma melhor assimilação de nutrientes e água (HARMAN et al., 2004). Chang et al. (1986) observaram promoção de crescimento das plantas através da massa seca superior à testemunha nas culturas de feijão, rabanete, pepino e tomate ao utilizar solo com suspensão de conídios de *T. harzianum*. Harman (2000) relata que a utilização de *T. harzianum* para indução de formação de raízes em tomateiro foi efetivo comparado a utilização de um hormônio comercial.

Os rizóbios assim chamados por serem um coletivo de bactérias pertencentes aos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Sinorhizobium* e *Mesorhizobium* podem estabelecer simbiose, promovendo crescimento de leguminosas bem como de algumas não leguminosas (ROTHBALLER et al., 2009). A promoção de crescimento pode ocorrer por três mecanismos distintos: biofertilização, fitoestimulação e ainda por controle biológico (VESSEY, 2003). Muniz (2011) mostra em seu trabalho que isolados de rizóbios induziram maior crescimento em raízes de porta enxerto de macieira cv. Marubakaido no qual pertencem a família das Rosáceas, mesma do morangueiro.

Os benefícios dos inoculantes e coínoculantes para com o crescimento vegetal estão relacionados a fatores nutricionais, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio os quais incrementam a capacidade de absorção de nutrientes minerais do solo, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das plantas (AGOSTINE, 2002). O silício (Si) é um elemento que embora não essencial é considerado benéfico e indicado para conferir tolerância às plantas em situações de estresses bióticos e abióticos. A principal característica do Si é estrutural, por ser depositado nas paredes celulares, o que confere uma barreira física a ação de doenças e pragas e redução na transpiração nos tecidos foliares (MA & YAMAJI, 2008), podendo então servir como um complemento a inoculações e coinoculações.

Os benefícios do silício estão relacionados ao envolvimento em inúmeras características físicas das plantas, em uma série de eventos fisiológicos e metabólicos como a atividade fotossintética e a taxa de translocação de fotoassimilados (FERREIRA et al., 2006).

O Si é considerado importante para o crescimento e produção de muitas gramíneas, (KORNDÖRFER et al., 1999; PRADO et al., 2001). Algumas espécies não gramíneas têm mostrado aumento de produtividade com o aumento da disponibilidade de Si para as plantas (SILVA, 1973; ELAWAD & GREEN JÚNIOR, 1979).

Em vista do exposto, o presente trabalho tem por objetivo estudar o efeito do uso de *Trichoderma*, rizóbio e também da incorporação de silício como promotores de crescimento

em mudas de morangueiro submetidas a diferentes interações entre os mesmos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Aspectos gerais do morangueiro

O morangueiro pertence à família das *Rosaceae* sub família *Rosoidea*, tribo *Potentilla*, e ao gênero *fragaria*, que dão origem à espécie *Fragaria x ananassa* Duch, (SANHUEZA, 2005), tem origem no continente americano pelo cruzamento de duas espécies a *Fragaria virginiana* e a *Fragaria chiloensis* (HANCOOK & LUB, 1993).

O morango que vulgarmente é conhecido como o fruto do morangueiro, entretanto essa estrutura vermelha é somente uma constituição do receptáculo floral, nos verdadeiros frutos da planta são chamados de aquênios. (CAMARGO, 1963). É uma planta perene, mas que devido a grande incidência de doenças durante sua produção, é cultivada de forma anual.

O morangueiro apresenta raízes fasciculadas e superficiais, com um comprimento médio de 50 a 60cm, sendo renováveis, porém 90% das mesmas ficam a menos de 10 cm da superfície do solo (ALVES, 2005; FILGUEIRA, 2000).

As raízes secundárias são geradas a partir das primárias com funções principalmente de absorção da água, nutrientes e armazenamento de substâncias de reserva (BRAZANTI, 1989). Enquanto as raízes mais velhas vão morrendo, as mais novas vão se formando em posição superior no rizoma da planta (PIRES et al., 1999). Esse processo de reposição radicular é importante para a sobrevivência da planta, podendo ainda ser por influência de outros fatores como a falta de água, aeração, patógenos de raízes ou translocação de fotoassimilados.

A coroa é a parte central da planta situada fora do solo, formada por entrenós bem curtos e circundada pela parte foliar, também chamado de eixo caulinar é dela que se originam as ramificações e as folhas. A medula é proeminente e sensível a geadas. Com o passar do tempo ela pode gerar de oito a dez novas coroas (GROPPO et al., 1997).

O caule tem hábito rizomatoso estolhoso cilíndrico e retorcido, com entrenós curtos em cujas gemas nascem as folhas, estolhos e inflorescências (RONQUE, 1998). Os estolhos ou estolões são estruturas que crescem sob a superfície do solo e tem a capacidade de enraizar e formar ramos aéreos, ou ainda se enterrados enraízam e formam novas plantas, este material dará origem às novas plantas, seu desenvolvimento depende das condições de nutrição, umidade e interações com o meio (FERRI et al., 1969).

As folhas têm origem na coroa de forma helicoidal, sua cor e forma podem variar de

acordo com a cultivar, pode ser constituída de três até cinco folíolos em um pecíolo, são do tipo dentado e podem conter até 400 estômatos por mm<sup>2</sup>, indicando uma alta vulnerabilidade a falta de água e altas temperaturas, indicando a necessidade de uma formação radicular adequada (BRAZANTI, 1989).

Suas flores estão agrupadas em inflorescências, que por sua vez são hermafroditas autopolinizantes, após a fecundação seu receptáculo perde a forma e se transforma no pseudofruto ou como é conhecido vulgarmente, na fruta morango (FOLQUER, 1986).

### **2.1.1 Aspectos Vegetativos e reprodutivos**

A fase vegetativa começa logo no transplante das mudas, os meristemas apicais por meio de atividade mitótica e processos de alongação e diferenciação celular, determinam os pontos de crescimento vegetativo, assim formando os diferentes tecidos e órgãos da planta (DUARTE FILHO et al., 1999).

O processo de diferenciação do meristema vegetativo para floral é influenciado por uma série de fatores, mas principalmente pela interação entre o fotoperíodo e a temperatura (RONQUE, 1998). As cultivares podem ser diferenciadas por sensíveis a fotoperíodo curto e sensíveis a fotoperíodo longo, ou ainda as insensíveis a fotoperíodo consideradas então como neutras (RICE JÚNIOR, 1990).

No Brasil as cultivares mais utilizadas são as de dias curtos ou sensíveis a fotoperíodo, essa diferenciação floral ocorre durante um fotoperíodo inferior a doze horas e temperaturas entre 13°C e 26°C. Já o desenvolvimento dos estolhos ocorrem em dias longos e com temperaturas mais elevadas, com algumas diferenças entre as cultivares quanto as exigências climáticas (RONQUE, 1998).

É na fase do florescimento que ocorre a diferenciação do meristema vegetativo para o floral dando origem as pétalas, estames e pistilos, e é com o aparecimento das primeiras flores que se inicia a reprodução, que, segundo Duarte Filho et. al (1999) são em sete etapas; intumescimento do ponto vegetativo, arredondamento do ponto vegetativo, aparição dos primórdios da bráctea, cálice, coroa, estames e carpelos.

Segundo Cocco et. al (2011) pontas de estolão de maior diâmetro originaram mudas mais vigorosas no plantio e plantas com maior crescimento vegetativo no campo, ainda cita um aumento na produção precoce de frutas e a diminuição do período do crescimento vegetativo das plantas no campo.

## 2.2. Promoção de crescimento de plantas por microrganismos do solo

Os microrganismos do solo tem fundamental importância na agricultura, esses podem ser prejudiciais, benéficos ou neutros em relação ao efeito que podem causar a planta (SHIPPERS et al., 1987). Os microrganismos benéficos podem influenciar o crescimento de plantas pela prestação de serviços como a disponibilidade de nutrientes, produção de hormônios de crescimento como auxinas e giberelinas, pela supressão de microrganismos prejudiciais a planta presentes na rizosfera (KLOEPPER & SCHROTH, 1981), produção de vitaminas ou conversão de matérias para uma forma assimilável e útil a planta (MELO, 1996)

Um solo bem equilibrado é habitado por uma série de microrganismos que tem influência significativa na fertilidade do mesmo, esses microrganismos acabam proporcionando transformações químicas, físicas e biológicas principalmente quando falamos em ciclagem de nutrientes, (SOTTERO, 2003).

Dentre esse grupo de microrganismos benéficos as rizobactérias que são chamadas assim por colonizarem o sistema radicular da planta, que podem ser simbioses ou saprófitas de vida livre (KLOEPPER e SCHROTH, 1978). Estes microrganismos são consideradas essenciais as plantas no que se diz respeito ao suprimento de nutrientes de crescimento, como nitrogênio, fósforo e ferro. A liberação de exsudatos pelas raízes da planta cria uma zona rizosférica muito rica, que facilita os microrganismos que ali estão a mineralizar os nutrientes da matéria orgânica, tornando-os assimiláveis e úteis a planta (SHIPPERS et. al,1987).

Outro grupo de microrganismos em destaque como promotor de crescimento vegetal são os fungos formadores de endomicorizas, os mesmos são componentes frequentes da rizosfera da maioria das plantas, ocorre na forma simbiose do tipo biotrófica mutualística (DODD, 2000). Tem ocorrência em 83% das plantas dicotiledôneas, sendo em 79% das monocotiledôneas e em todas as gimnospermas, é uma simbiose universal que não altera aspectos externos da raiz (SYLVIA & CHELLEMI, 2002).

O crescimento vegetal que é o principal benefício dessa simbiose, esta relacionado principalmente à absorção de nitrogênio, fósforo e potássio. Por outro lado, a planta através da fotossíntese pode oferecer carboidratos ao fungo com isso o fungo pode proporcionar maior capacidade de absorção de nutrientes e minerais do solo que por sua vez favorecem o crescimento vegetativo (AGOSTINE, 2002).

### 2.2.1 O uso de *Trichoderma*

*Trichoderma* spp. são fungos encontrados naturalmente no solo, com mais ocorrência em solos orgânicos, vivem saprofiticamente ou ainda como parasitas de outros fungos. Esse gênero é classificado como um Ascomycetos anamórficos, mitospóricos, produzem conídios em abundância, a partir das células conidiogênicas, localizadas nos conidióforos, formados diretamente das hifas vegetativas. Em seu estado teleomorfo, quando conhecido, pertencem ao gênero *Hypocrea* da ordem *Hypocreales* (MELO & AZEVEDO 1998).

Esse gênero de fungos está entre um dos mais estudados do mundo uma vez que o mesmo não é fitopatogênico, e interagem de diversas maneiras com os mesmos, tais como a antibiose, competição, parasitismo, hipovirulência, produção ou indução de defesa do hospedeiro (GAUCH, 1996).

Um grande ponto positivo do gênero é capacidade de se associar às raízes de plantas, e essa simbiose ocorre por mecanismos similares aos fungos micorrízicos (BENÍTEZ et al., 2004). A interação inicia com a colonização da superfície externa das raízes, que pode ser restrita ou ocorrer por todo o rizoplane, em seguida ocorre a produção de celulases (AHMAD & BAKER, 1987)

Os fungos do gênero *Trichoderma* além de serem utilizados em controle de patógenos, podem ser eficientes promotores de crescimento para o desenvolvimento das plantas de forma geral, que incluem efeitos benéficos na germinação das sementes, desenvolvimento da plântula e na reprodução de grãos e frutos. Tornam os nutrientes solubilizáveis e disponíveis para a absorção das raízes, reduzindo necessidades de altas cargas de adubação (HARMAN 2000; ALTOMARE et al., 1999; KEIFELD & CHET 1992).

Os mecanismos de promoção de crescimento vegetal por *Trichoderma* estão relacionados produção de hormônios, (MACHADO et al., 2011), ou ainda suprindo suas necessidades nutricionais pela solubilização de fosfatos (GRAVEL et al., 2007).

A produção de fitohormônios como a auxina ocorrendo na forma de Ácido Indolacético (AIA) por fungos tem sido reportada, evidenciando a capacidade de fungos em sintetizar AIA na rizosfera de plantas, podendo proporcionar o desenvolvimento radicular, como observado por Bjorkman (2004), Gravel et al. (2007), e Carvalho Filho (2008), em várias culturas.

Kapri & Tewari (2010) destacaram o potencial de solubilização de fosfato por isolados de *Trichoderma* sp. em meio de cultura, indicado pelas concentrações de fosfato solúvel ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ ), e o aumento significativo nos parâmetros de crescimento de *Cicer arietinum* (grão de bico).

### 2.2.2 Interação *Trichoderma*- planta

A habilidade de formar associações com os fungos e outros microrganismos é uma das estratégias mais bem sucedidas que as plantas adotaram para adaptação às adversidades do ambiente terrestre. Em alguns casos, algumas espécies de plantas não são capazes de superar estresses de ambientes naturais na ausência desses simbioses (REDMAN et al., 2002). É concreto que fungos do gênero *Trichoderma* tem bom desempenho como agente de controle biológico, mostra bom desempenho quanto ao desenvolvimento e saúde de plantas, pois é capaz de promover crescimento vegetal, induzir respostas de defesa e atuar como biorremediadores (HARMAN, 2006).

A interação do *Trichoderma* com a planta em geral se dá na região das raízes podendo ocorrer em diferentes níveis. Algumas linhagens são capazes de colonizar apenas regiões específicas das raízes, enquanto que outras denominadas rizosfera-competentes colonizam toda a superfície radicular, penetram no espaço intercelular das primeiras camadas da epiderme e permanecem em associação com as raízes por longos períodos, várias semanas ou meses (METCALF & WILSON, 2001). Dentre as linhagens as mais eficazes no controle biológico e promoção de crescimento são aquelas capazes de estabelecer interações duradouras com a planta, como as rizosfera-competentes e endofíticas, pois os efeitos perduram por todo ou grande parte do ciclo de vida da planta (HARMAN, 2000).

A parte mais crucial para o estabelecimento de uma interação simbiótica entre o *Trichoderma* e a planta ocorre na colonização radicular e infecção das camadas externas do córtex (HARMAN & SHIRESH, 2007). A penetração no tecido radicular frequentemente se limita à primeira ou segunda camada de células, e pode ocorrer por infecção direta (YEDIDIA et al., 2000) ou ainda de forma semelhante ao micoparasitismo, via formação de estruturas semelhantes ao apressório na superfície das raízes e enrolamento nos pêlos radiculares (CHET et al., 1981).

Uma zona de interação química é estabelecida, onde a planta e fungo se comunicam por meio da troca de moléculas bioativas, metabólitos produzidos pelo fungo induzem o espessamento das paredes celulares vegetais e a produção de compostos fenólicos, limitando o crescimento do fungo à área de infecção, impedindo que este se torne patogênico à planta (HARMAN & SHIRESH, 2007). Essas mudanças no metabolismo beneficiam a planta, pois podem envolver, entre outras, a ativação de vias que levam à indução de resistência localizada e ou sistêmica (YEDIDIA et al, 2000).

### 2.2.3 *Trichoderma* - Aplicações

A aplicação do *Trichoderma* depende da cultura e do objetivo almejado, o que leva a diversos tipos de aplicação. A exemplo da produção de mudas de hortaliças e de ornamentais, com intuito de redução de incidência de patógenos, o fungo pode ser misturado ao substrato momentos antes do plantio (BETTIOL et al., 2008). Em canteiros o fungo pode ser incorporado ao solo ou aplicado por pulverização ou rega durante o preparo da área de plantio (VALDEBENITO & SANHUEZA, 1991), no tratamento de sementes ou aplicado via pulverização no sulco de semeadura em grandes áreas (LOBO JR. et al., 2005).

Em revisão sobre o assunto Morandi (2009) encontrou resultados obtidos na cultura da batata com a utilização do *Trichoderma*, aplicado no sulco do plantio e no momento da amontoa, incrementou em mais de 20% a produtividade. Além disso, verificou-se melhoria na qualidade dos tubérculos pela redução de manchas ocasionadas pela rizoctoniose e sarna comum. O mesmo ainda menciona que a adição de *Trichoderma* no substrato para a produção de mudas de eucalipto, promove maior desenvolvimento e melhor sanidade do sistema radicular das plantas, tornando-as mais vigorosas e menos sensíveis ao estresse ocasionado pelo transplantio no campo. Resultados semelhantes foram obtidos com o tratamento de substrato para produção de mudas de café, onde foi observado um significativo desenvolvimento das plantas. Menezes (1992) na avaliação do efeito antagonista do *Trichoderma* sobre fungos da espécie *Macrophomina phaseolona* via tratamento de sementes de feijão e de soja, houve melhora na germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas de feijão, e maior índice de velocidade de germinação em plantas de soja.

Observado, em condições de campo, que a aplicação do fungo antagonista *Trichoderma* no substrato das mudas reflete em maior desenvolvimento da raiz pivotante e de radículas, maior enfolhamento da parte aérea das mudas, com coloração verde mais intensa das folhas (PRATES et al, 2006). Fortes et al., (2007), utilizando *Trichoderma* inoculado ao substrato obtiveram aumento significativo no enraizamento de microestacas de *Eucalyptus* sp., com aumento de 33,48% na taxa de enraizamento, quando comparada com à testemunha.

De Oliveira (2012) em trabalho feito *in vitro* constatou que todos os isolados de *Trichoderma* estudados foram capazes de solubilizar fosfato de Cálcio em meio de cultura. No mesmo trabalho observou que, todos os isolados foram capazes de produzir AIA nos dois meios de cultura avaliados, suplementado ou não com L-triptofano, com valores significativamente maiores com a utilização de L-triptofano.

Os benefícios dessa simbiose, expressos principalmente como estímulo ao crescimento

vegetal, devem-se a fatores nutricionais, principalmente da absorção de nitrogênio, fósforo e potássio. Nesta associação, a planta fornece ao fungo carboidratos procedentes da fotossíntese, proporcionando-lhe, também, um nicho ecológico protegido. Por sua parte, o fungo incrementa a capacidade de absorção de nutrientes minerais do solo, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das plantas (AGOSTINE, 2002).

O uso do *Trichoderma* referenciado se mostra eficiente na promoção de crescimento vegetal e ainda apresenta antagonismo sobre fungos patogênicos, seu efeito sobre os mesmos justificam a aplicação sobre rosáceas com o intuito de promover crescimento e prevenir doenças.

#### **2.2.4 O uso de Rizóbios**

Chamadas coletivamente de rizóbio bactérias pertencentes aos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Sinorhizobium* e *Mesorhizobium*, são capazes de se associar simbioticamente a diversas leguminosas e algumas não-leguminosas, formando estruturas altamente específicas, os nódulos, nos quais ocorre o processo de fixação biológica de nitrogênio (VARGAS & HUGRIA, 1997) Apesar de serem mais utilizadas em leguminosas como a soja, podem estabelecer simbiose e promover o crescimento em não leguminosas, como milho, trigo e arroz (ROTHBALLER ET AL, 2009).

Rizóbios são bactérias classificadas como gram negativas que pertencem à divisão Proteobacteria, são divididos em duas classes alfa e beta. Na classe alfa se encontram os gêneros; *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Devosia*, *Methylobacterium*, *Ochrobactrum* e *Pollybacterium*, Os da classe beta são; *Burkhoderia* e *Cuproavidus* (ZAKHIA & DE LAJUDIE, 2001; WILLEMS 2006).

Existem três mecanismos distintos de promoção do crescimento vegetal por rizóbios, a biofertilização, fitoestimulação e controle biológico. A biofertilização consiste na melhora do estado nutricional da planta hospedeira em decorrência da atuação das bactérias como fertilizantes. A fitoestimulação incide na produção de substâncias ao crescimento vegetal na ausência de patógenos. O controle biológico visa suprimir a presença de patógenos que podem afetar o crescimento vegetal. (VESSEY, 2003)

### 2.2.5 Interação rizóbio - Planta

Em leguminosas o mecanismo que mais se destaca é o de biofertilização, os rizóbios são largamente utilizados para a fixação biológica de nitrogênio, a mesma é resultado de uma simbiose entre o rizóbio e a leguminosa ocorrendo quando a bactéria invade o tecido vegetal por meio de infecção, resultando em nódulos. Esses nódulos permitem que o rizóbio sobreviva dentro do próprio hospedeiro com forma de bacterióides, assim podem fixar o nitrogênio gasoso em forma de amônia, forma essa que é assimilável para a planta hospedeira. Justificando a simbiose, a planta hospedeira fornece aminoácidos e carbono as bactérias, o que representa ganho para a agricultura uma vez que podem ser diminuídas as adubações nitrogenadas (HEATCH & TIFFIN, 2009).

Em espécies não leguminosas a associação que muitas vezes é endofítica, não apresenta nodulação, nem ocorre fixação de nitrogênio, entretanto, outros mecanismos de promoção de crescimento permitem que a planta seja estimulada por bactérias, os rizóbios são capazes de se desenvolver na rizosfera, penetrando por fissuras radiculares, colonizando o interior da raiz e até mesmo ascender para a parte aérea das plantas, no interior dos tecidos vegetais estas bactérias secretam reguladores de crescimento vegetal, do tipo auxinas, que estimulam o crescimento de raízes, caules e folhas (MUNIZ, 2011).

Na promoção de crescimento vegetal em espécies não leguminosas destaca se a produção de fitohormônios: auxinas, citocinas e giberelinas, que são os mais comuns mecanismos de promoção de crescimentos encontrados (GRAY & SMITH, 2005). A auxina é uma classe de fitohormônio que funciona em baixas concentrações, para regular o crescimento e desenvolvimento da planta, ocorrendo na forma de ácido indolacético, AIA (LEBUHN & HARTMANN, 1993; GRAY & SMITH, 2005).

Dentre esses fatores, a produção de ácido indol-acético (AIA) tem sido apontada como o mais importante (BISWAS et al., 2000; HAFEEZ et al., 2004; NOEL et al., 1996). O AIA, fitormônio pertencente ao grupo das auxinas, atua principalmente na formação de raízes laterais e de pelos radiculares que aumentam a absorção de nutrientes pela planta (BISWAS et al., 2000). Nas fases iniciais das culturas, há relatos de que a inoculação com rizóbios produtores de AIA pode aumentar o vigor de plântulas de arroz (BISWAS et al., 2000) e a emergência de plântulas de algodão (HAFEEZ et al., 2004).

Outro mecanismo que pode contribuir para o crescimento vegetal é o controle biológico, rizóbios foram usados na cultura do girassol, e constatado a inibição de patógenos como *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* (EHTESHAMUL

HAQUE & GHAFAR, 1993).

### **2.2.6 Rizóbios - Aplicações**

A aplicação mais utilizado de rizóbios são em plantas não leguminosas, tradicionalmente via semente, porém, nem sempre a mesma se mostra eficiente, se evidenciando quando existe aplicação conjunta do rizóbio com fungicidas, inseticidas e micronutrientes, que contribuem para causar toxidez às bactérias e danos às vezes irreversíveis às sementes (VARGAS & SUHET, 1980). Como alternativa é apresentada a aplicação de rizóbio, pulverizado no sulco de semeadura, ocorre na mesma operação de distribuição da semente no momento de instalação da lavoura, a mesma inclusive mostra potencial para incremento da produção de grãos (ZHANG & SMITH, 1996).

Ainda pode ocorrer à diluição do inoculante na água, para aplicação no sulco de semeadura, essa técnica melhora a distribuição do rizóbio na semente e no solo, afastando-o da superfície e posicionando-o onde há menor oscilação de temperatura e umidade, ficando, portanto, melhor localizado para infectar as raízes da soja (GREENFIELD,1991; VOSS, 2002).

Trabalhos feitos com a inoculação de rizóbios em plantas não leguminosas trazem casos de fitoestimulação, que podem ser observados na produção do ácido indolacético por rizóbios, Chen et al (2005) observaram que houve aumento no crescimento vegetal na cultura do arroz. Na cultura do algodão Hafez et al (2004) constataram aumento na absorção de nutrientes do solo pela produção de AIA por rizóbios. Ainda pode se citar a produção de giberelina por rizóbios na cultura do arroz, que pode resultar em aumento de no crescimento radicular e na produção de grãos (YANNI et al., 2001).

Sch lindwein (2008) obteve resultados que indicam a influência positiva do AIA sobre os parâmetros de germinação e no crescimento das plântulas de alface quando as sementes são submetidas a inoculação por rizóbios, que produzem baixas quantidades de AIA.

Muniz (2011) utilizando isolados de rizóbios em mudas de porta-enxerto de macieira cv. Marubakaido observou resultados significativos na taxa de enraizamento, comprimento de raízes primárias, número de raízes, comprimento radicular, biomassa fresca da parte aérea e biomassa fresca da raiz.

Os resultados positivos obtidos através da inoculação de rizóbios em plantas não leguminosas, principalmente com a macieira que pertence à família das rosáceas, mesma do morangueiro, justificam a inoculação de rizóbios em mudas de morangueiro objetivando a

promoção de crescimento vegetal.

### **2.3. O uso de Silício**

O elemento não é considerado essencial às plantas pelo fato de não atender aos critérios diretos e indiretos de essencialidade, porém tem se mostrado importante para as mesmas, por apresentar uma série de efeitos benéficos, auxiliando no crescimento e produção das plantas (JONES; HANDRECK, 1967). É classificado como benéfico ou útil para as plantas, não sendo absolutamente necessário no sistema para que seja completado o ciclo vegetal. Porém, estudos comprovam a eficiência do elemento tanto na melhoria de aspectos relacionados à morfologia e estruturação, quanto ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas (MARSCHNER, 1995).

Pesquisas apontam que o silício está relacionado ao aumento de clorofila e metabolismo da planta, proporcionando aumento na tolerância das plantas a estresses ambientais, como o frio, calor e à seca, com isso reduzindo o desequilíbrio de nutrientes e toxicidade dos metais na planta, proporcionando reforço às paredes celulares das plantas e aumentando a resistência a patógenos e pragas (EPSTEIN, 2001).

Plantas das famílias Poaceae, Ciperaceae e Equisetaceae demonstram alto acúmulo de Si (> 4% Si), as Brassicaceae, Urticaceae e Commelinaceae demonstram acúmulo de Si intermediária (2-4% Si), enquanto a maioria das espécies demonstram acúmulo abaixo de 2% (MA & TAKAHASHI, 2002; HODSON et al., 2005).

A forma presente na maioria dos produtos para aplicação via solo disponíveis no Brasil é o silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ), sendo o teor de  $\text{SiO}_2$  da fonte variável conforme a origem do material. (LIMA FILHO et al., 1999)

#### **2.3.1 Dinâmica Silício (Si) – Planta**

O elemento Si é absorvido pelas plantas preferencialmente na forma de ácido monossilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) que, em solos com pH ácido, encontra-se em sua forma não dissociada, e com disponibilidade afetada pelo pH, temperatura, teor de matéria orgânica do solo e concentração de Si na solução (JONES; HANDRECK, 1967).

Os responsáveis pelo transporte do elemento na planta são os vasos do xilema, e sua distribuição é diretamente dependente das taxas de transpiração dos órgãos. Esta distribuição varia de acordo com a espécie e ocorre de maneira uniforme em plantas que acumulam pouco

Si, e nas acumuladoras, como o arroz (*Oryza sativa*), 90% do elemento encontra-se na parte aérea (MENGEL; KIRKBY, 1987).

As maiores concentrações de Si podem ser encontradas em tecidos suportes do caule e das folhas, e ainda nos grãos, em baixa concentração. Estima-se que 99% de todo Si absorvido pela planta encontra-se na forma de ácido silícico polimerizado, fórmula considerada de difícil solubilização (MARSCHNER, 1995).

O Si, se acumula na parede celular dos órgãos de transpiração, em forma de sílica amorfa ( $\text{Si}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), o que leva, à formação de uma dupla camada de sílica-cutícula e sílica-celulosa (MA & YAMAJI, 2006). Essa dupla camada acaba tendo função protetora e apresenta relação positiva com a redução da transpiração pela planta (BARBOSA FILHO et al., 2001), acarretando em uma diminuição da quantidade de água evapotranspirada ao longo do ciclo, o que pode tornar essa planta menos exigente em água e mais resistente a intempéries climáticas como, por exemplo, em situações de seca. Essa camada protetora ainda pode conferir resistência mecânica à invasão de fungos e bactérias para o interior da planta, funcionando como uma espécie de barreira (BERNI; PRABHU, 2003) aumentando, neste aspecto, a resistência pelas plantas (MELO et al., 2003).

A absorção de Si pelas plantas pode variar bastante, quando mesmo em genótipos de uma espécie podem apresentar concentrações de Si que variam por um fator superior a três, como demonstrado em trabalhos com cevada (NABLE et al., 1990).

A concentração considerada normal de Si nas raízes é de um décimo da concentração no caule, e sua movimentação dentro da planta depende das concentrações presentes na solução do solo, além da taxa transpiratória do órgão e da espécie em questão (MARSCHNER, 1995).

A absorção do Si ocorre por fluxo de massa e o transporte do ácido monossilícico no interior da planta acontece no mesmo sentido do fluxo de água DAYANADAM et al. (1983). A acumulação do nutriente é intensificada nas regiões onde ocorrem evaporação ou transpiração, conseqüentemente a concentração de Si depende da taxa transpiratória, ou seja, na epiderme foliar, junto às células-guarda dos estômatos e outra célula epidérmica (DAYANANDAM et al., 1983; MA & YAMAJI, 2006).

Ainda não existe uma quantificação de uso de Si, aparentemente, quanto mais Si a planta absorver maiores serão seus efeitos. Existe relação direta entre aumento nas doses de silicato de cálcio e teor de Si no solo (LANA et al., 2003). Até o momento não foi constatado efeito tóxico do Si para as plantas, apesar disso alguns trabalho revelam que dependendo da

fonte de Si que se utiliza e essas em doses muito elevadas podem causar desequilíbrio nutricional de outros elementos para as plantas (KORNDÖRFER et al., 2002).

### **2.3.2 Silício - Aplicações**

Segundo Oliveira (2013) a aplicação de doses de silício via solo aumenta a produtividade, melhora qualidade fisiológica das sementes, influencia positivamente no peso de mil sementes, proporciona aumento no rendimento por planta, ainda pode promover aumento no comprimento da parte aérea de plântulas originadas de sementes tratadas com silício.

Camargo et al. (2007), estudou a reação do solo sobre a disponibilidade de Si para a cultura do arroz, utilizando-se materiais silicatados (silicato de cálcio e magnésio, ácido silícico puríssimo e wollastonita), além da testemunha calcário, puderam observar que a absorção do nutriente pela parte aérea da cultura foi linearmente crescente com as doses da wollastonita, seguida do silicato de cálcio e magnésio, ácido silícico e calcário, as quais diferem entre si de acordo com a porcentagem de Si existente no material.

Em trabalhos realizados com morangueiros foram encontradas diferenças significativas no teor de Si, em diferentes órgãos, entre cultivares da espécie (LANNING 1960). Silva (2013) testando doses de Si em aplicações via solo ou foliar constatou influência na leitura SPAD (clorofila) em folhas de morangueiro. Braga (2009) constatou o aumento da massa de matéria fresca e seca dos propágulos de morangueiro na presença de silicato de sódio, a suplementação do meio de cultura com silício proporcionou maior teor de clorofila e que a adição de silicato de sódio ao meio resultou em aumento da espessura dos tecidos do limbo foliar. Figueiredo (2009), em tratamentos com silício via solo proporcionaram maior produtividade das plantas de morangueiro em comparação aos tratamentos aplicados via foliar, possivelmente devido à influência do silício na disponibilidade de fósforo no solo.

Os resultados positivos referenciados justificam o uso do silício em tratamentos com e sem a presença de inoculações e coinoculações com o objetivo de promover o crescimento de mudas de morangueiro

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Local do experimento

O experimento foi realizado em ambiente protegido instalado sobre sistema de bancada nas estufas localizadas na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul campus Cerro Largo sob condições controladas (Figura 1).



**Figura 1.** Experimento realizado sob sistema de bancada em estufa.

#### 3.2. Origem e transplante das mudas

Foram utilizadas mudas da cultivar de dia curto Dover, adquiridas em viveiro comercial localizado no município de Ijuí-RS. Foram transplantadas no dia 02/06/2015. Antes do processo de transplante foram lavadas e homogeneizadas através do desbaste total da parte aérea e da uniformização das raízes através de um corte transversal deixando as mesmas padronizadas com sete centímetros de comprimento, tanto a poda total da parte aérea como o corte das raízes foram feitos para homogeneizar as plantas e facilitar as avaliações de crescimento (Figura 2). Logo após foram transplantadas em sacos de mudas de polietileno da cor preta com capacidade de 1000cm<sup>3</sup>, preenchidos com 1 litro de substrato comercial Carolina Soil® composto de turfa Sphagno, vermiculita expandida, calcário dolomítico, gesso

agrícola e fertilizante NPK. Com pH 5,0, condutividade elétrica de 0,5 mS/cm, densidade 101kg/m<sup>3</sup>, CRA(10):53% com umidade máxima de 60%.



**Figura 2.** Mudanças com raízes uniformizadas (7cm).

### 3.3. Inoculantes e Silício

Foram utilizados inoculantes de origem comercial, espécie *Trichoderma harzianum*, com concentração  $1,4 \times 10^{10}$  esporos/ml, e o rizóbio da espécie *Bradyrhizobium japonicum* semia 5079 e 5080, com concentração  $7,5 \times 10^9$  cel/ml.

O Silício utilizado também de origem comercial foi cedido pela empresa Gigamix® que é proveniente de extratos minerais selecionados de rochas, sob forma de pó misturável.

### 3.4. Inoculação e incorporação do Silício

A inoculação e incorporação do Silício nos tratamentos foram realizadas três dias antes do transplante das mudas conforme indicação do fabricante. Tanto os inoculantes como o silício foram aplicados em forma de calda diretamente no substrato conforme recomendação dos fabricantes. Nos tratamentos com *Trichoderma* foram incorporados via seringa graduada 10 ml de calda por planta sendo a mesma composta de 0,04ml de inoculante e 9,96ml de água.

Nos tratamentos com rizóbio foi adotado o mesmo procedimento com uma dose de 0,05ml do inoculante de *Bradyrhizobium japonicum* acrescidos de 9,95ml de água por planta. Como nos tratamentos com inoculantes, o silício foi aplicado em forma de calda contendo 1,5 g do pó misturável diluído em 10 ml de água por planta. Os tratamentos considerados testemunha receberam somente 10 ml de água.

### 3.5. Irrigação e Nutrição

A irrigação foi feita manualmente através de uma seringa graduada para garantir que todas as unidades experimentais recebessem a mesma quantidade de água, as mesmas receberam água de forma que o substrato ficasse continuamente em capacidade de campo.

A nutrição de todos os tratamentos foi realizada através de fertirrigação, utilizando como referência a solução nutritiva empregada por Schmitt (2013), com algumas modificações. As fontes de macronutrientes foram o nitrato de potássio, nitrato de cálcio Calcinit®, sulfato de magnésio e fosfato monoamônico, cujas proporções foram ajustadas para atingir a concentração em mmol L<sup>-1</sup>de: 10,49 de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 4,36 de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 4 de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 6 de K<sup>+</sup>; 2,0 de Ca<sup>+2</sup>; 1 de Mg<sup>+2</sup> ; 1 de SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>; e os micronutrientes foram fornecidos através de uma solução estoque nas concentrações, em mg L<sup>-1</sup>, de: 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,22 de Zn; 0,06 de Cu e 0,50de Mn e separadamente 1 de Fe na forma quelatizada. As aplicações da solução nutritiva foram realizadas através de seringa graduada a cada 14 dias.

### 3.6. Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido utilizando delineamento em blocos casualizados, com oito tratamentos, quatro repetições, perfazendo um total de 32 parcelas. Cada parcela experimental foi composta por 2 plantas, totalizando 64 plantas.

Tratamentos:

T1 = testemunha (não recebeu nenhum tipo de inoculação ou incorporação de silício)

T2 = inoculada apenas com *Trichoderma*

T3 = inoculada apenas com rizóbio

T4 = coinoculação de *Trichoderma* mais rizóbio

T5 = incorporação somente de silício

T6 = incorporação de silício mais inoculação de *Trichoderma*

T7 = incorporação de silício mais inoculação com rizóbio

T8 = incorporação de silício mais coinoculação de rizóbio e *Trichoderma*

### 3.7. Avaliações morfológicas das mudas

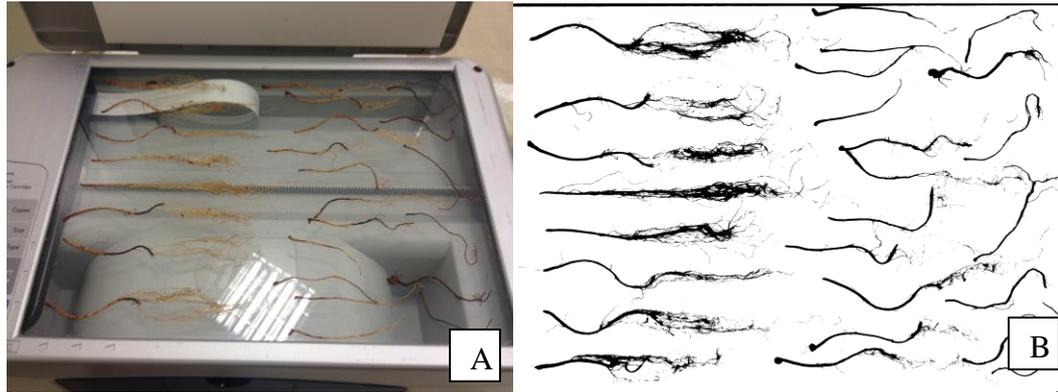
As avaliações morfológicas das mudas ocorreram em períodos distintos durante o crescimento vegetativo, finalizando 55 dias após o plantio das mudas, considerando a floração plena, a qual foi compreendida pelo momento do ciclo em que todos tratamentos estavam com as flores desenvolvidas, nesta data ocorreu a retirada das mudas dos sacos e a limpeza com água para a retirada de todo o substrato que envolvia as mesmas para possibilitar as análises finais (Figura 3).



**Figura 3.** Retirada das mudas do saco de polietileno (A), Limpeza das mudas com água (B)

#### 3.7.1 Raiz

As raízes foram extraídas da parte aérea, lavadas e armazenadas em sacos plásticos onde permaneceram refrigeradas a uma temperatura de 2°C. Posteriormente, as raízes de cada planta foram digitalizadas individualmente, em um escâner multifuncional HP 1310 no processo as raízes da planta foram separadas para não ocorrer sobreposição. A determinação da área radicular foi realizada através do Software ImageJ pelo processo de binarização das imagens obtidas pelo escaneamento (Figura 4).



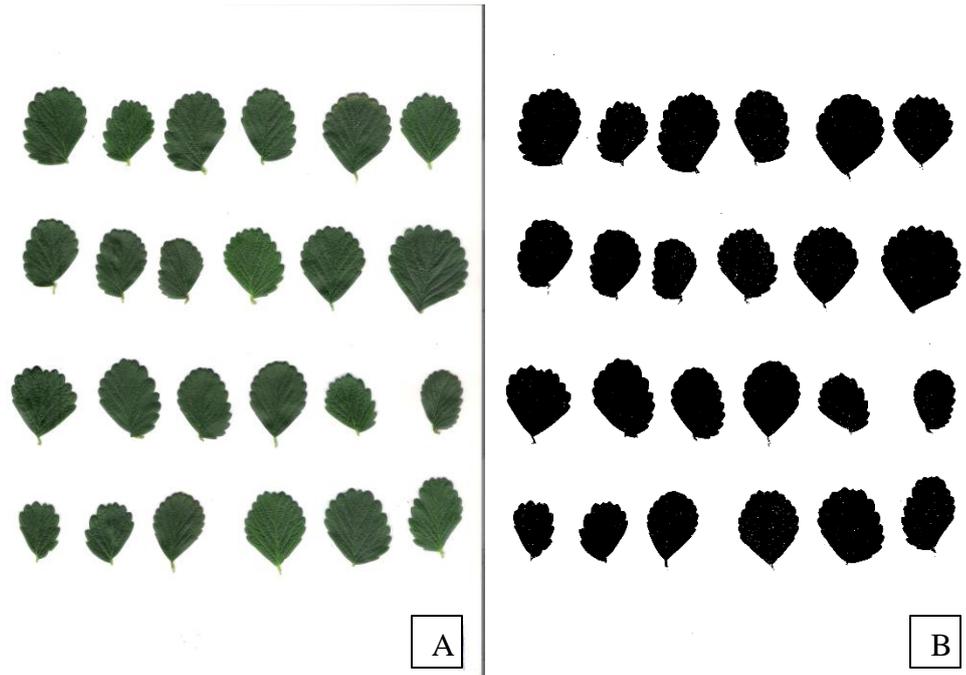
**Figura 4.** Escaneamento das raízes (A), Imagem das raízes obtidas pelo processo de binarização (B).

### 3.7.2 Altura da parte aérea e diâmetro da coroa

As medidas de altura da parte aérea ocorreram 55 dias após o transplântio e foram tomadas a partir do nível do substrato até o ápice da planta, utilizando um paquímetro digital. O diâmetro do coroa foi medido no nível do substrato utilizando paquímetro digital.

### 3.7.3 Folhas

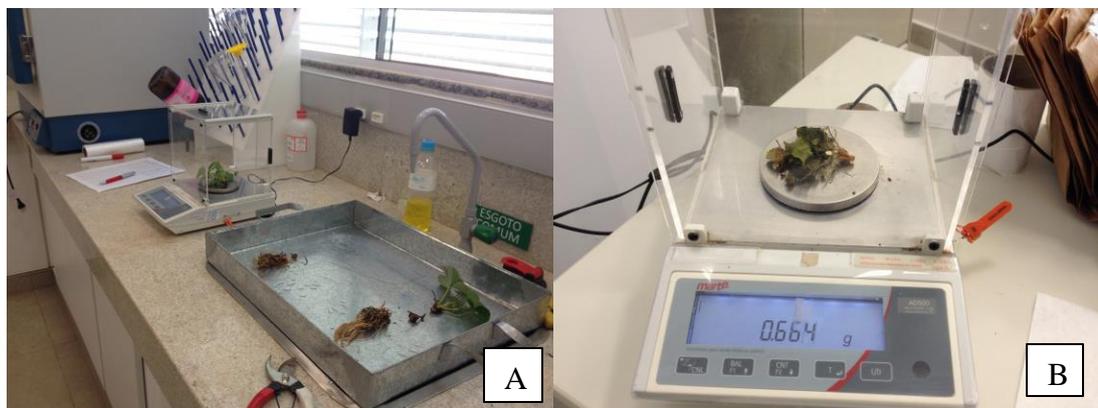
Foram contados o número de folhas e também de flores de cada tratamento em dois momentos, uma na metade do período 22 dias após o plantio e também no final do mesmo, 55 dias após o plantio. As medições de área foliar foram realizadas somente no final do período estabelecido, através de dois métodos, a primeira ainda com a planta inteira utilizando um paquímetro digital e nesta então tomadas as medidas de comprimento e largura para obter através da multiplicação das mesmas a área foliar estimada de cada unidade. No processo feito pelo método de escaneamento das folhas, foram escaneadas as folhas de cada unidade experimental em um escâner multifuncional HP 1310. A análise das imagens obtidas pelo escâner para obtenção da área foliar foi feita através do software Imagej o qual calcula a área foliar com maior precisão pelo processo de binarização da imagem (Figura 5)



**Figura 5.** Imagem obtida através do escaneamento das folhas (A), Imagem pós processo de binarização (B).

### 3.7.4 Massa de matéria fresca e seca

A obtenção da massa de matéria fresca e seca das plantas foram feitas separadamente (parte aérea, coroa e raízes), utilizando balança analítica com precisão de 0,01g. A massa de matéria fresca foi obtida logo após a limpeza e separação das partes de cada planta. Já as determinações de massa de matéria seca foram efetuadas após as amostras passarem na estufa de circulação de ar forçada à 75°C por 48 horas (Figura 6).



**Figura 6.** Limpeza e separação das partes da planta e pesagem da massa de matéria fresca (A), Obtenção da massa de matéria seca (B).

### 3.8. Avaliações Fisiológicas das mudas

As avaliações fisiológicas das mudas ocorreram aos 22 dias após o transplântio (DAT) e 55 dias após o transplântio (DAT) das mudas final do período de crescimento.

#### 3.8.1. Análise fotossintética

Foram realizadas leituras do teor de clorofila a, b e total, por meio do medidor indireto de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development), no dia 25/06 e também no final do período de avaliação dia 20/07. Nas avaliações foram feitas leituras no segundo trifólio expandido de cada unidade experimental (Figura 7)



**Figura 7.** Leitura do teor de clorofila por meio do medidor indireto de clorofila SPAD-502

### 3.9. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e aplicação ao teste de Duncan a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sasm-agri.

## 4. RESULTADOS E DISCUÇÃO

### 4.1 Análises Morfológicas

#### 4.1.1 Parte aérea

Não houve significância estatística para os dados de avaliação de altura de planta, número de folhas, número de flores, para área foliar estimada e para área foliar utilizando o método por digitalização das folhas por meio de escâner como mostram os dados na tabela 1.

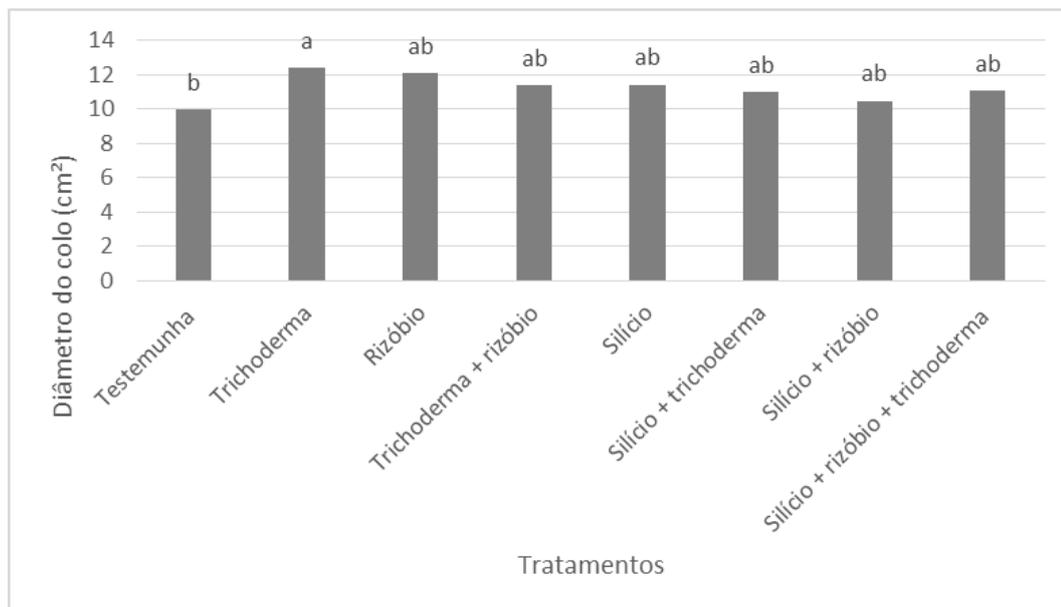
Para os dados da avaliação do diâmetro de coroa houve significância onde o tratamento com Trichoderma se destacou dos demais atingindo a maior média de tamanho de coroa quando comparado aos outros tratamentos onde a testemunha foi o pior tratamento e os demais não se diferiram (tabela 1 e figura 13). Tal diferença no tratamento com Trichoderma provavelmente é decorrente da produção de fitohormônios, principalmente a auxina, promotora de expansão celular. A presença dos mesmos já foi apontado por Machado (2011), em seu trabalho com a promoção de crescimento de *Lotus corniculatus* L. e *Avena strigosa* Schreb.

**Tabela 1** Resumo da análise da parte aérea: altura de plantas, diâmetro do colo, número de folhas, número de flores, área foliar estimada medida através de paquímetro e área foliar medida através de imagens digitalizadas:

| Tratamento            | Altura de planta (cm) | Diâmetro do colo (cm) | Número de folhas   | Número de flores   | Área foliar estimada (cm <sup>2</sup> ) | Área foliar digitalizada (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---|---|
| Testemunha            | <sup>ns</sup> 64,07   | 9,99b                 | <sup>ns</sup> 4,62 | <sup>ns</sup> 2,62 | <sup>ns</sup> 96,61                     | <sup>ns</sup> 83,80                         |
| Trichoderma           | 74,13                 | 12,44a                | 5,37               | 4,50               | 107,40                                  | 93,34                                       |
| Rizóbio               | 67,04                 | 12,09ab               | 4,87               | 4,37               | 118,53                                  | 96,60                                       |
| Trich.+ Rizóbio       | 70,32                 | 11,39ab               | 4,75               | 3,25               | 105,51                                  | 90,19                                       |
| Silício               | 73,85                 | 11,44ab               | 4,62               | 4,25               | 106,49                                  | 97,62                                       |
| Silício + Trichoderma | 70,83                 | 11,02ab               | 4,75               | 4,00               | 97,25                                   | 87,29                                       |
| Silício + Rizóbio     | 71,01                 | 10,50ab               | 5,00               | 3,37               | 115,81                                  | 100,76                                      |
| Silício + Riz + Trich | 68,95                 | 11,095ab              | 4,87               | 2,62               | 100,51                                  | 87,79                                       |
| CV(%)                 | 11,06                 | 12,13                 | 11,75              | 43,88              | 19,1                                    | 18,53                                       |

\* Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si por teste de Duncan a 5 %

<sup>ns</sup> Dados sem significância estatística



**Figura 13.** Dados médios relativos a avaliação do diâmetro de colo (cm<sup>2</sup>) em plantas de morangueiro em detrimento dos 8 tratamentos utilizados, Cerro Largo RS 2015.

#### 4.1.2 Área radicular

Foram observadas diferenças significativas na área das raízes em virtude dos diferentes tratamentos aplicados sobre as plantas (tabela 2 e figura 14).

O tratamento que obteve o melhor valor médio nas avaliações de área radicular diferindo significativamente da testemunha foi a aplicação de silício (tabela 2 e figura 14), tal fato pode estar relacionado a atuação do mesmo como corretivo de solo melhorando o ambiente radicular. Outra vantagem que pode colaborar para tais resultados é a competição do silício com o fósforo pelos sítios de absorção nos óxidos de ferro e alumínio (HINGSTON et al., 1972). Dessa forma, o fósforo fica mais disponível para as plantas. Segundo Gunes et al. (2008), silício ainda pode estar envolvido em atividades metabólicas ou fisiológicas das plantas, sob estresse salino e ou hídrico devido a redução da transpiração da planta e a melhor estruturação da planta.

Embora o tratamento com Trichoderma não tenha se diferenciado da testemunha e demais tratamentos (tabela 2 e figura 14), o mesmo também demonstrou ser um potencial para o crescimento radicular. Esse bom desempenho pode estar relacionado a produção de hormônios (MACHADO et al., 2011), ou ainda suprindo suas necessidades nutricionais pela solubilização de fosfatos (GRAVEL et al., 2007). A produção de fitohormônios como a auxina ocorrendo na forma de ácido indol acético (AIA) por fungos tem sido reportada, evidenciando

a capacidade de fungos em sintetizar AIA na rizosfera de plantas, podendo proporcionar o desenvolvimento radicular, como observado por Bjorkman (2004), Gravel et al. (2007) e Carvalho Filho (2008), em várias demais culturas assim como demonstrou o trabalho com morangueiro.

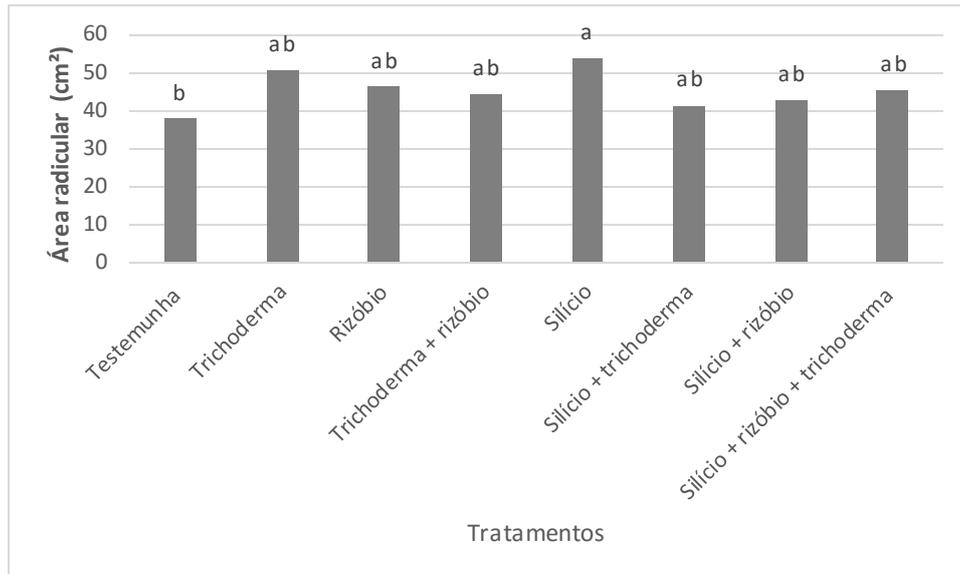
Os demais tratamentos que não apresentaram resultados com diferenças significativas bem como o *Trichoderma* que embora tenha alcançado bom desempenho quando comparado a testemunha, pode estar relacionado a não adequação da dose ótima, tendo em vista que o mesmo necessita de uma dosagem muito justa em vista da produção de hormônios como a auxina que em demasia pode ser prejudicial a planta. O mesmo pode ter ocorrido nos tratamentos com as bactérias do gênero *Rhizobium*, inadequações de doses ou mesmo dificuldade ou incapacidade de infecção das mesmas nas raízes na cultura do morangueiro.

Outro ponto importante a ser observado nos resultados apresentados na tabela 2 e no gráfico (figura 14) é que mesmo sem diferenças significativas os tratamentos quando introduzidos individualmente Silício, *Trichoderma*, Rizóbio, respectivamente nessa ordem expressaram melhores médias de crescimento radicular se comparados aos tratamentos em que foram submetidos a interações entre os mesmos para a cultura do morangueiro, resultado esse que diverge da literatura que mostram resultados positivos quando submetidos a interação como mostra Junior, (2012) onde obteve os melhores resultados com a interação de *Trichoderma* e Rizóbio na cultura do feijão.

**Tabela 2** Valores médios para área radicular obtida através da medição pelo software ImageJ.

| Tratamento                   | Área radicular (cm <sup>2</sup> ) |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Testemunha                   | 37,75b                            |
| <i>Trichoderma</i>           | 50,45ab                           |
| Rizóbio                      | 46,21ab                           |
| <i>Trichoderma</i> + Rizóbio | 44,20ab                           |
| Silício                      | 53,75a                            |
| Silício + <i>Trichoderma</i> | 41,34ab                           |
| Silício + Rizóbio            | 42,60ab                           |
| Silício + Riz + Trich        | 45,38ab                           |
| CV(%)                        | 20,84                             |

\* Médias teste de Duncan a 5 %



**Figura 14.** Dados médios relativos a avaliação da área radicular (cm<sup>2</sup>) de plantas de morangueiro em detrimento dos 8 tratamentos. Cerro Largo RS 2015.

#### 4.1.3 Massa de matéria fresca e seca

O tratamento com o Silício se destacou dos demais tratamentos com diferença significativa (tabela 3). Na análise da massa de matéria fresca da parte aérea foi o único tratamento que diferiu significativamente da testemunha, embora não tenha diferido significativamente na massa de matéria seca, podemos notar que o mesmo obteve a melhor média entre os tratamentos.

Na análise da massa de matéria fresca e seca das raízes como mostra na tabela 3, novamente o tratamento com silício proporcionou as melhores medias diferindo significativamente dos demais.

Diferente da parte aérea e da raiz pode se observar na tabela 3 que o acúmulo de massa fresca e seca da coroa foi superior no tratamento com Trichoderma com diferença significativa apenas na matéria seca, tal resultado vai de encontro com os dados da tabela 1 que mostram que o tamanho da coroa também teve seus melhores resultados com a introdução do Trichoderma, tal desempenho pode estar relacionado a produção de hormônios, (MACHADO et al., 2011), ou devido à disponibilização de alguns nutrientes como por exemplo pela solubilização de fosfatos, gerando um acúmulo de reservas e o engrossamento da mesma (GRAVEL et al., 2007).

Contudo quando observamos os resultados de acúmulo de massa de matéria fresca e seca total, ou seja, da planta inteira o tratamento com Silício proporciona valores médios

superiores com diferença significativa em relação a testemunha (tabela 3 e figuras 15 e 16). Tais resultados vão de encontro com resultados de outras pesquisas que descrevem que o silício pode aumentar a massa de matéria fresca e seca tanto da parte aérea bem como da raiz. (BARBOSA FILHO et al., 2001 e CARVALHO FILHO et al., 2007). Segundo Plucknett (1971), o silício pode se acumular nos tecidos de suporte e sustentação do caule, fortalecendo a estrutura da planta, possivelmente tal acúmulo pode ter conferido esse incremento na massa fresca e seca nas plantas de morangueiro do presente experimento.

Outra possibilidade para o incremento de massa, principalmente nos dados referentes as medias diferirem significativamente somente na matéria fresca da parte aérea, é a característica já apontado por Silveira Junior et al.,(2003), em seu trabalho com cana de açúcar em que mostra que o silício além de melhorar a estrutura pode diminuir a transpiração da planta.

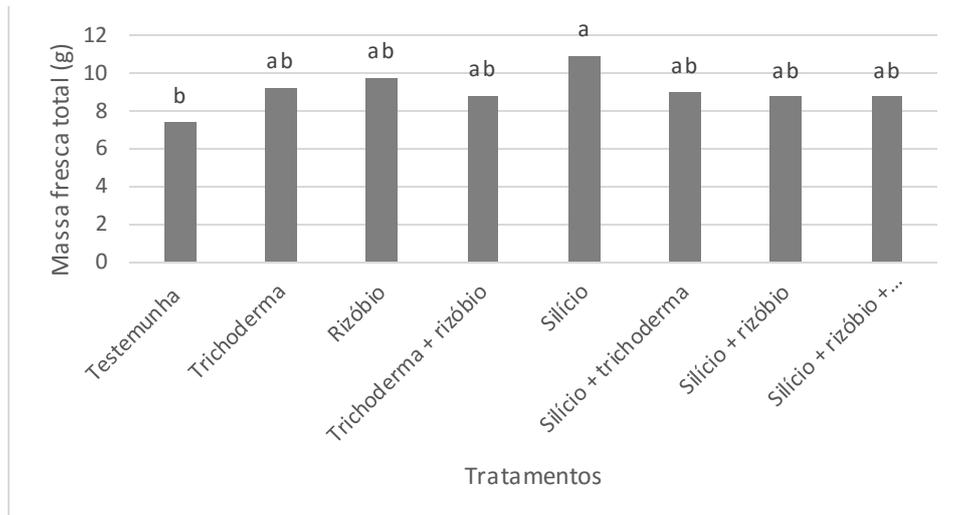
Embora não tenham alcançado significância estatística os melhores valores médios de matéria seca da parte área foram alcançados através do tratamento com silício. Segundo Gomes e Paiva (2004), a massa seca da parte aérea indica a rusticidade das mudas e ainda de acordo com os dados da tabela 3 e nesta com diferenças significativas nos resultados, ainda segundo o autor a massa seca das raízes determina sobrevivência e crescimento inicial em campo. Desse modo, levando em consideração o relato descrito pelo referido autor acima e os resultados obtidos nesse trabalho, as mudas de morangueiro apresentam rusticidade e maiores chances de sobrevivência quando implantadas em campo.

**Tabela 3** Valores médios da análise para de massa de matéria fresca (MF) e massa de matéria seca da parte aérea, coroa, raiz e o total das mesmas:

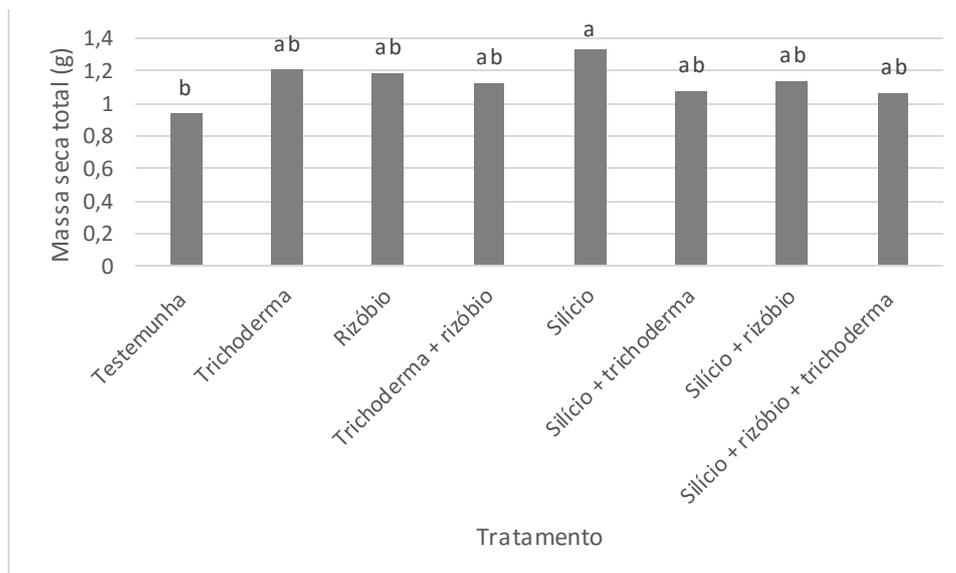
| Tratamento       | Parte aérea |                    | Coroa              |       | Raiz   |        | Total  |        |
|------------------|-------------|--------------------|--------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
|                  | MF          | MS                 | MF                 | MS    | MF     | MS     | MF     | MS     |
| Testemunha       | 3,32b       | <sup>ns</sup> 0,48 | <sup>ns</sup> 0,52 | 0,15b | 3,59b  | 0,30b  | 7,43b  | 0,94b  |
| Trichoderma      | 4,19ab      | 0,59               | 0,75               | 0,21a | 4,30ab | 0,40ab | 9,25ab | 1,21ab |
| Rizóbio          | 4,67ab      | 0,64               | 0,64               | 0,15b | 4,48ab | 0,39ab | 9,79ab | 1,19ab |
| Trich + Riz      | 3,94ab      | 0,58               | 0,68               | 0,16b | 4,21ab | 0,38ab | 8,84ab | 1,13ab |
| Silício          | 4,70a       | 0,68               | 0,71               | 0,17b | 5,55a  | 0,47a  | 10,96a | 1,33a  |
| Silício + Trich  | 4,05ab      | 0,55               | 0,56               | 0,13b | 4,40ab | 0,39ab | 9,02ab | 1,08ab |
| Silício + Riz    | 4,13ab      | 0,62               | 0,62               | 0,14b | 4,02b  | 0,37ab | 8,77ab | 1,14ab |
| Si + Riz + Trich | 4,00ab      | 0,55               | 0,66               | 0,15b | 4,09b  | 0,37ab | 8,76ab | 1,07ab |
| CV(%)            | 19,69       | 21,59              | 21,51              | 14,82 | 19,73  | 21,42  | 18,07  | 16,86  |

\* Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si por teste de Duncan a 5 %

<sup>ns</sup> Dados sem significância estatística



**Figura 15.** Gráfico com dados médios relativos a avaliação da massa fresca total (g) em plantas de morangueiro em detrimento dos 8 tratamentos utilizados. Cerro Largo 2015.



**Figura 16.** Gráfico com dados médios relativos a avaliação da massa seca total (g) em plantas de morangueiro em detrimento dos 8 tratamentos utilizados. Cerro Largo 2015.

## 4.2 Análise Fisiológica

### 4.2.1 Índice de clorofila (SPAD)

Não foi encontrado efeito significativo em nenhuma das análises por meio do medidor indireto de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development)

Como pode ser observado na tabela 4 não houve diferença significativa entre os tratamentos em nenhum das avaliações de índice de clorofila a, b, e total, por meio do medidor indireto de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development).

**Tabela 4** Valores médios do índice de clorofila obtidos por meio do medidor indireto de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development).

| Tratamento                | 22 (DAT)            |                     |                     | 55 (DAT)            |                     |                     |
|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                           | Clorofila a         | Clorofila b         | Total               | Clorofila a         | Clorofila b         | Total               |
| Testemunha                | <sup>ns</sup> 30,24 | <sup>ns</sup> 11,14 | <sup>ns</sup> 41,38 | <sup>ns</sup> 30,19 | <sup>ns</sup> 13,88 | <sup>ns</sup> 44,08 |
| Trichoderma               | 29,35               | 10,26               | 39,61               | 31,35               | 13,55               | 44,90               |
| Rizóbio                   | 29,45               | 11,42               | 40,87               | 30,72               | 13,47               | 44,20               |
| Trichoderma + Rizóbio     | 29,59               | 12,05               | 42,40               | 31,07               | 15,23               | 46,31               |
| Silício                   | 30,17               | 11,35               | 40,65               | 30,39               | 13,89               | 44,29               |
| Silício + Trichoderma     | 29,94               | 11,14               | 41,08               | 30,99               | 13,89               | 44,90               |
| Silício + Rizóbio         | 29,26               | 10,72               | 39,99               | 30,52               | 13,10               | 43,63               |
| Silício + Rizóbio + Trich | 29,95               | 11,67               | 40,53               | 30,90               | 13,55               | 44,46               |
| CV(%)                     | 2,46                | 9,55                | 3,64                | 3,6                 | 9,53                | 4,33                |

<sup>ns</sup> Dados sem significância estatística

## 5. CONCLUSÕES

O tratamento utilizando apenas *Trichoderma* proporcionou o maior diâmetro da coroa bem como o maior acúmulo de matéria fresca e seca.

Nos parâmetros de área radicular, massa fresca e seca de raiz, massa fresca de parte aérea, massa fresca e seca total foi o tratamento utilizando apenas silício que obteve destaque com diferenças significativas para a cultura do morangueiro.

O tratamento utilizando somente rizóbio não se diferenciou significativamente em nenhuma das avaliações.

Os tratamentos com interações entre os microrganismos e o elemento silício também não diferiram significativamente em nenhum parâmetro avaliado.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com o acompanhamento e as avaliações feitas no experimento, pode se inferir que o morangueiro apresenta resposta positiva quando submetido a tratamentos com agentes promotores de crescimento durante o ciclo vegetativo.

Apesar dos resultados positivos com Silício e Trichoderma seriam necessários trabalhos complementares a fim de avaliar dosagens e métodos de aplicações mais eficientes para viabilizar a recomendação dos mesmos como promotores de crescimento para a cultura do morangueiro.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGOSTINE, S. **Influência de Fungos Micorrízicos Arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo de Porta-enxertos de Videira**, 2002, 63 f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agricultura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- [2] AHMAD, J.S e BAKER, R. Competitive Saprophytic Ability and Celulolytic Activit of Rhizosphere – Compnente Mutans of *Trichoderma harzianum*. **Phytopatology**,v. 77, p.358, 1987.
- [3] ALTOMARE, C.; NORVELL, W. A.; BORKMAN, T.; HARMAN, G. E. Solubilization of phosphates and micronutrientes by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, p. 2926-1933, 1999.
- [4] ALVES, A.D. Cultura do morangueiro – Instalação da lavoura. **Apostila do curso de fruticultura Básica**. São Paulo: Senar, 2005.
- [5] BARBOSA FILHO, M.P. et al. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.325-30, 2001.
- [6] BENÍTEZ, T.; RINCÓN, A.M.; LIMÓN, M.C.; CODÓN, A.C. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology** v.7, p. 249-260, 2004.
- [7] BERNI, R.F; PRABHU, A.S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de bruzone nas folhas em arroz. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.38, p.195-201, 2003.
- [8] BETTIOL, W.; GHINI, R.; MORANDI, M. A. B.; STADNIK, M. J. KRAUSS, U.; STEFANOVA, M.; PRADO, A. M. C. Controle biológico de doenças de plantas na América Latina, In: ALVES, S. B.; LOPES, R. B (Org). **Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios**. Piracicaba-SP, FEALQ, p. 303-327, 2008.
- [9] BISWAS, J.C. et al. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, n.5, p.880-886, 2000.
- [10] BRAGA, F.T., et al. Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2009, 44.2: 128-132.
- [11] BRASIL. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.30 de 12 de nov. 2010. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 nov. 2010. Disponível em [http://www.fiscolex.com.br/doc\\_13261309](http://www.fiscolex.com.br/doc_13261309). Acesso em 27 de mar. 2015.
- [12] BRAZANTI EC **La Fresa**. Madri: Mundi-prensa. 1989. 386p
- [13] BJORKMAN, T. Effect of *Trichoderma* colonization on auxin-mediated regulation of root elongation. **Plant Growth Regulation**, Berlin, v. 43, n. 1, p. 89-92, 2004.

- [14] CAMARGO, LS. Resultados experimentos obtidos com o morangueiro. **O Agronomico**, v 15, n.3+4, p. 1-6, 1963
- [15] CAMARGO, M.S. et al. Soil reaction and absorption of silicone by rice. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.64, n.2, p.176-180, March/April 2007.
- [16] CARVALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. J.; CORTEZ, J. W.; CARVALHO, L. C. C.; DRUMOND, L. C. D. Agressividade da adubação com sílica sobre a germinação do milho. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, p. 199-203, 2007.
- [17] CARVALHO FILHO, M.R. **Trichoderma spp. como agentes de biocontrole de *Cylindrocladium scoparium* e como promotores de crescimento de mudas de eucalipto**. Brasília: Universidade de Brasília, 2008. 74p..
- [18] CHANG, YA-CHUN; CHANG, YIH-CHANG; BAKER,R. Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. **Plantdisease**, v.70, p.145-148, 1986.
- [19] CHEN, X.C.; FENG, J.; HOU, B.H.; LI, F.Q.; LI, Q.; HONG, G.F. Modulating DNA bending affects NodD-mediated transcriptional control in *Rhizobium leguminosarum*. **Nucleic Acids Research** v. 33, p. 2540-2548, 2005.
- [20] CHET, I.; HARMAN, G.E.; BAKER, R. *Trichoderma hamatum*: Its hyphal interactions with *Rhizoctonia solani* an *Pythium* spp. **Microbial Ecology**, New York, v. 7, p. 29-38, 1981.
- [21] COCCO, CARINE, ET AL. Desenvolvimento e produtividade do morangueiro influenciados pelo diâmetro da coroa e período de crescimento de mudas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45.7: 730-736 2011.
- [22] DARROW, G.M. **The strawberry**: History, Breeding and Phisiology. New York: Holt, Rinehart and Wiston, 1966. 447 p.
- [23] DART, J. Infection and development of leguminous nodules.In: HARDY, R.W.F. & SILVER, W. S. **A treatise on dinitrogen fixation. Section III-BIOLOGY**. New York, John Wiley & Sons, p.307-472. 1977.
- [24] DAYANANDAM, P.; KAUFMAN, P. B.; FRAKIN, C. I. **Detection of silica in plants**. Amer. J. Bot., v. 70, p.1079-1084, 1983.
- [25] DE OLIVEIRA, Ariádila Gonçalves, et al. Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 2012, 7.3: 149-155.
- [26] DODD, J. C. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro-and natural ecosystems. **Outlook on Agriculture**, 2000, 29.1: 55-55.
- [27] DUARTE FILHO, J.; CUNHA, R.J.P; ALVARENGA, D.A.; PEREIRA, G.E.; ANTUNES, L.E.C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção

- precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 30-35, 1999.
- [28] EHTESHAMUL-HAQUE, S AND A. GHAFAR. Use of rhizobia in the control of root rot diseases of sunflower, okra, soyabean and mungbean. **Journal of Phytopath.**, 138: 157-163. 1993.
- [29] ELAWAD, S.H.; GREEN JÚNIOR, V.E. Silicon and the rice plant environment: a review of  
 [30] recent research. **Revista il riso**, v.28, p.235-253, 1979.
- [31] EPSTEIN, E. Silicon in plants: facts vs concepts. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science. 2001
- [32] FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R.; DANTAS, J.P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**. v.24, p.141-145, 2006
- [33] FERRI. M.G., MENEZES, N.L., SCAVANACCA, W.R.M. **Glossário de termos botânicos**.  
 [34] 1.ed São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1969. 200p.
- [35] FIGUEIREDO, AST, et al. Produtividade do morangueiro em função de diferentes doses de silício aplica-das via solo e via foliar. **Horticultura Brasileira**, 28.2: S870-S876, 2010
- [36] FILGUEIRA, FAR **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000.402 p.
- [37] FOLQUER, F. **Lafrutilla o fresca**. Buenos Aires; Editora Hemisfério Sur, 1986. P. 24-51.
- [38] FORTES, F. O.; SLIVA, A. C .F.; ALMANÇA, M. A. K.; TEDESCO, S. B. Promoção de enraizamento de microestacas de um clone de Eucalyptus sp. por Trichoderma spp. **Revista Árvore**, v.31, 2007.
- [39] GAUCH, F. **Micoparasitismo de espécies de Pythium com oogônio equinulado e o controle de Pythium ultimum Trow causador de tombamento de mudas, em hortaliças**. 1996. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 1996
- [40] GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**.3.ed, Viçosa: UFV, 2004. 116p (Caderno didático, 72).
- [41] GRAVEL, V.; ANTOUN, H.; TWEDDELL, R.J. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with Pseudomonas putida or Trichoderma atroviride: Possible role of índole acetic acid (IAA). **Soil Biology & Biochemistry**, Amsterdam, v. 39, n. 8, p. 1968-1977, 2007.
- [42] GRAY, E.J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracelular PGPR:commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology And Biochemistry**, Oxford, v. 37, p. 395-412, 2005.

- [43] GREENFIELD, P.L. The influence of method of inoculation and certain herbicides on nodulation and seed yield of soybeans. *S. Afr. J. Plant Soil*, 8:119-123, 1991.
- [44] GROppo, G. A.; TESSARIOLI NETO, J.; BLANCO, C. S. G. **A Cultura do Morangueiro**. coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI. Boletim Técnico n. 201, 1997, 27p.
- [45] HAFEEZ, F.Y. et al. Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, n.6, p.617-622, 2004.
- [46] HANCOOK, J.F. ; LUBY, J.J. Genetic resources a tour doorstep; The wild strawberries. **Bio science**, v. 43 n.3, p. 141-147, 1993.
- [47] HARMAN, G. E. Overview of mechanisms and of *Trichoderma* spp. **Phytopathology**, Lancaster, v. 96, p. 190-194, 2006.
- [48] HARMAN, G. E. HOWELL, C. R.; VITEBERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature**, v. 2, p.43-56, 2004.
- [49] HARMAN, G. E. Myths and dogmas of biocontrol – changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T22. **Plant Disease**, v.84, p. 377-392, 2000.
- [50] HARMAN, G. E.; SHIRESH, M. The mechanisms and application of opportunistic plant symbionts. In: VURRO, M. ; GRESSEL, J. (Ed). **Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Management**. Amsterdam:Springer, 2007, p. 131-153.
- [51] HEATH, K. D.; TIFFIN, P. Stabilizing mechanisms in a legume-rhizobium mutualism. **Evolution**, v.63 n.3, pp. 652-662, 2009.
- [52] HINGSTON, F.J.; POSNER, A.M., QUIRK, J.P. Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. *Journal of Soil Science*, v.23, p.177- 192, 1972.
- [53] HODSON, M.J.; WHITE, P.J.; MEAD, A.; BROADLEY, M.R. Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. **Annals of botany**, Londres, v.96, p.1027-1046, 2005.
- [54] JONES, L.H.P.; HANDRECK, K.A. Silica in soils, plants, and animals. **Adv. Agron.**, v.19, p.107-149, 1967.
- [55] JUNIOR, Aloisio Freitas Chagas et al. Resposta de feijão-caupi a inoculação com rizóbio e *Trichoderma* sp. no cerrado, Gurupi, TO. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 242-249, 2012.
- [56] KAPRI, A.; TEWARI, L. Phosphate solubilization potential and phosphatase activity of rhizospheric *Trichoderma* spp. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 787-795, 2010

- [57] KLEIFELD, O.; CHET, I. *Trichoderma*: plant interaction and its effects on increased growth response. **Plant Soil**, v.144, n.2, p.267-272, 1992
- [58] KLOEPPER, J. W ; SCHORT, M. N Plant growth promoting rhizobacteria and plant growth under gnotobiotic conditions. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 71p. 642-644, 1981.
- [59] KLOEPPER, J. W.; SCHROTH, M. M. Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PLANT PATHOGENIC BACTERIA, 4, 1978, Angers. **Proceedings**. Angers: 1978. p.879-882.
- [60] KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E.; CORRÊA, G.F. Influence of silicon on grain discoloration and upland rice grown on four savanna soils from Brazil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.22, n.1, p.93-102, 1999.
- [61] KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura**. 2.ed. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU, 2002. 24 p. (Boletim Técnico, 1).
- [62] LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; ZANÃO JUNIOR, L. A.; SILVA, A. F. da; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Jornal Biosciencia**, Uberlandia, v.19, n.2, p.15-20, 2003.
- [63] LANNING, F. C. Nature and distribution of silica in strawberry plants. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Maryland, v. 76, p. 349-358, Dec. 1960.
- [64] LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. **O silício na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. 7.p. (Encarte técnico. Informações Agronômicas, nº 87).
- [65] LOBO JR, M.; PIMENTA, G.; BALLAROTTI, A. Controle de *Rhizoctonia* e *Fusarium solani* em campo com *Trichoderma harzianum*. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília-DF, v. 30 S, p. 91, 2005.
- [66] LEBUHN, M; HARTMANN, A. Method for the determination of indole-3-acetic acid and related compounds of L-tryptohan catabolism in soils. **Journal of Chromatography**, Amisterdam, v.629, p.255-266, 1993.
- [67] MA, J.F.; TAKAHASHI, E. Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan. Amsterdam, **Elsevier Science**. 2002.
- [68] MA, J.F.; YAMAJI, N. Functions and transport of silicon in plants. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v.65, p.3049-3057, 2008.
- [69] MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, v.11, p.392-397, 2006.
- [70] MACHADO, R.G.; SÁ, E.L.S.; DAMASCENO, R.G.; HAHN, L.; ALMEIDA, D.; MORAES, T.; CAMARGO, F.A.O.; REARTES, D.S. Promoção de crescimento de *Lotus corniculatus* L. e *Avena strigosa* Schreb pela inoculação conjunta de *Trichoderma harzianum* e rizóbio. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 111-126, 2011.

- [71] MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London, Academic Press, 1995, 920p
- [72] MELO, I. S. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. In: LUZ, W. C. (Ed.) **Revisão anual de patologia de plantas**. Porto Alegre: 1996. v.4. p.261-296
- [73] MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. **Controle Biológico**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA, 1998. v.1: 262p.
- [74] MELO, S.P.; MONTEIRO, F.A.; MANFREDINI, D. Silicate and phosphate combinations for marandu palisade grass growing on an oxisol. **Scientia Agrícola**, v.64, p.275-281, 2007.
- [75] MENEZES, M. Avaliação de espécies de *Trichoderma* no tratamento de feijão e do solo, visando o controle de *Macrophomina phaseolina*. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 25, 1992, Gamado, RS. **Anais**. Brasília:SBS, p. 159, 1992.
- [76] MENGEL K, KIRKBY, EA. Principles of Plant Nutrition. Worblaufen-Bern, Switzerland: **International Potash Institute**, 1987.
- [77] METCALF, D. A.; WILSON, C. R, T. The process of antagonism of *Sclerotium cepivorum* in white rot affected onion roots by *Trichoderma koningii*. **Plant Pathology**, London, v. 50, p. 249-257, 2001.
- [78] MORANDI, MAB; W. BETTIOL. "Biocontrole de Doenças de Plantas Usos e Perspectivas." MORANDI, MA B.; BETTIOL, W. **Controle Biológico de Plantas no Brasil 1** (2009): 300-334.
- [79] MUNIZ, A. W.. **Promoção do crescimento em adesmias e macieira utilizando rizóbios de *Adesmia latifolia*** Doctoral dissertation, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. 2011
- [80] NABLE, R. O.; LANCE, R. C. M.; CARTWRIGHT, B. Uptake of boron and silicon by barley genotypes with differing susceptibilities to boron toxicity. **Annals of Botany**, London, v. 66, n. 1, p. 83-90, July 1990.
- [81] NOEL, T.C. et al. *Rhizobium leguminosarum* as a plant growthpromoting rhizobacterium: direct growth promotion of canola and lettuce. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v.42, n.3, p.279-283, 1996.
- [82] OLIVEIRA, SANDRO DE. **Silício oriundo da cinza de casca de arroz carbonizada como promotor do rendimento e da qualidade fisiológica de sementes de soja**, 2013. 69f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2013.
- [83] ORTIGOZA, LER. **Comportamento de diferentes cultivares de morangueiro na produção de mudas de campo**. 1999. 43f. Diss. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura" Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

- [84] PIRES, R. C. M.; PASSOS, F. A. ; SANTOS, R. R dos. Caracterização botânica de cultivares de morangueiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 29-44, 1996
- [85] PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil**: estudos na cultura da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep, 2001. 67p.
- [86] PRATES, H. S.; CESMIK, R.; FERRAZ, J, M. G. **Trichoderma spp no controle de doenças de plantas**. Folder Técnico SAA/ Embrapa, 2006.
- [87] PLUCKNETT, D. L. The use soluble silicates in Hawaii agriculture. **University of Queensland**, Havaii, v. 1, n. 6, p. 203-223, 1971.
- [88] REDMAN, R. S.; SHEEHAN, K. B.; STOUT, R. G.; RODRIGUEZ, R. J.; HENSON, J. M. Thermotolerance conferred to plant host an fungal endophyte during mutualistic symbiosis. **Science**, Washington, v. 298, p. 1581, 2002.
- [89] RICE JUNIOR, R.P. Effects of cultivar and environmental interactions on runner production, fruit yield, and harvest timing of strawberry (*Fragaria x ananassa*) in Zimbabwe. **Acta Horticulturae**, n.279, p.227-332, 1990.
- [90] RIGON, L.; CORRÊA, S.; REETZ, E.; VENCATO, A.; ROSA, G.R.; BELING, R.R. Pequenas frutas. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**, Santa Cruz do Sul, v.1, n.1, p.90-97, 2005.
- [91] RONQUE, E.R.V. **A cultura do morangueiro**. Curitiba: EMATER-PR, 1998. 206p
- [92] ROTHBALLER, MICHAEL, MICHAEL SCHMID, AND ANTON HARTMANN. Diazotrophic bacterial endophytes in Gramineae and other plants. **Prokaryotic symbionts in plants**. Springer Berlin Heidelberg, 2009. 273-302.
- [93] SANHUEZA, RMV, et al. Sistema de produção de morango para mesa na região da serra gaúcha e encosta superior do Nordeste. **Bento Golçalves: Embrapa uva e vinho**, 2005.
- [94] SILVA, J.A. **Plant mineral nutrition**. Yearbook of Science and technology. McGraw-Hill Book Co., Inc. 1973.
- [95] SILVA, M.L.S., ET AL. Influência do silício na produção e na qualidade de frutos do morangueiro. **Semina: Ciências Agrárias**, 2013, 34.6Supl1: 3411-3424.
- [96] SCHMITT, O. J. **Concentração da solução nutritiva em sistema fechado com substrato na produção de pontas de estolões de morangueiro e maços de salsa e cebolinha**. 2013. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Pós-graduação em Agronomia, Santa Maria, 2013
- [97] SHIPPERS, B., BAKKER, A. W., BAKKER, P.A.H.M., VAN PEER, R. Beneficial and deleterious and beneficial rhizosphere microorganism and the effect og cropping practies. **Annual Review of Phytophatology**. V.5, p.339-358. 1987.
- [98] SCHLINDWEIN, G.; VARGAS, L.K.; LISBOA, B.B.; AZAMBUJA, A.C.;

GRANADA, C.E.; GABIATTI, N.C.; PRATES, F.; STUMPF, R. Influência da inoculação de rizóbios sobre a germinação e o vigor de plântulas de alfaca. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 38, n. 3, p. 658-664, 2008.

[99] STAMFORD, N. P.; STAMFORD, T.L.M.; ANDRADE, D. E. G. T.; MICHEREFF, S. J. Microbiota dos solos Tropicais. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. **Ecologia e Manejo de patógenos Radiculares em Solos Tropicais**, Recife, p. 61-91, 2005.

[100] SYLVIA, D. M.; CHELLEMI, D. O. Interactions among root-inhabiting fungi and their implications for biological control of root pathogens. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 73, n. 1, p. 33, 2002.

[101] SOTTERO, A. N. **Colonização radicular e promoção de crescimento vegetal por rizobactérias**. Campinas, 2003, 47 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical), Instituto Agronômico de Campinas. Smit, M. A.; Singels, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v.98, p.91-97, 2006.

[102] VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. Possibilidades do controle biológico de *Phytophthora* em macieira. In: BETTIOL, W. (Org). **Controle biológico de doenças de plantas**, Jaguariúna-SP, Embrapa. CNPMA, p.303-305, 1991.

[103] VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M., eds. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, Embrapa, p.297-360. 1997.

[104] VARGAS, M.A.T.; PERES, J.R.R. & SUHET, A.R. Adubação nitrogenada, inoculação e épocas de calagem para a soja em um solo sob Cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, 17:1127-1132, 1982.

[105] VARGAS, M.A.T. & SUHET, A.R. Efeitos da inoculação e deficiência hídrica no desenvolvimento da soja. **R. Bras. Ci. Solo**, 4:17-21, 1980.

[106] VESSEY, J. Kevin. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and soil**, 2003, 255.2: 571-586.

[107] VOSS, M. Inoculação de rizóbio no sulco de semeadura para soja, em um campo nativo, no norte do Rio Grande do Sul. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2002. 5p. html (**Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 108**). Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_co108.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co108.htm). Acessado em 27 de mar. 2015.

[108] WILLEMS, A. 2006. The taxonomy of rhizobia: an overview. **Plant Soil**. 287:3-14.

[109] YANNI, Y. G.; RIZK, R. Y.; ABD EL-FATTAH, F. K. et al. The beneficial plant growth-promoting association of *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolli with rice roots. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 28, p. 845-870, 2001.

[110] YEDIDIA, I.; BEHAMOU, N.; KAPULNIK, Y.; CHET, I. Induction and accumulation of PR proteins activity during early stages of root colonization by the necoparasite *Trichoderma harzianum* Strain. T-203, **Plant Physiol. Biochem**, 38: 863-873,

2000.

[111] ZAKHIA, F., & DE LAJUDIE, P. 2001. Taxonomy of rhizobia. **Agronomie** Rev. 21: 569-576.

[112] ZHANG, F. & SMITH, D.L. Inoculation of soybean (*Glycine max.* (L.) Merr.) with genistein-preincubated *Bradyrhizobium japonicum* or genistein directly applied into soil increases soybean protein and dry matter yield under short season conditions. **Plant Soil**, 179:233-241, 1996.