

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

ANTONIO DUARTE DO NASCIMENTO

**APLICAÇÃO DO CÁLCIO E DE FONTES DE SILÍCIO NA SEVERIDADE DA  
ANTRACNOSE DO FEIJÃO-FAVA (*Phaseolus lunatus* L.)**

Rio Largo, AL  
2015

ANTONIO DUARTE DO NASCIMENTO

**APLICAÇÃO DO CÁLCIO E DE FONTES DE SILÍCIO NA SEVERIDADE DA  
ANTRACNOSE DO FEIJÃO-FAVA (*Phaseolus lunatus* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Proteção de Plantas.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lígia Sampaio Reis

Coorientador: Prof. Dr.<sup>o</sup>. Gaus Silvestre de Andrade Lima

Rio Largo, AL  
2015

**ANTONIO DUARTE DO NASCIMENTO**

**APLICAÇÃO DO CÁLCIO E DE FONTES DE SILÍCIO NA SEVERIDADE DA  
ANTRACNOSE DO FEIJÃO-FAVA (*Phaseolus lunatus* L.)**

Dissertação submetida à banca avaliadora como requisito para conclusão do curso de Mestrado em Proteção de Plantas.

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lígia Sampaio Reis – Centro de Ciências Agrárias - UFAL**  
**Orientadora**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria de Fátima Silva Muniz - Centro de Ciências Agrárias - UFAL**  
**Avaliador Interno**

---

**Prof.<sup>o</sup> Dr. Abel Washington de Albuquerque – Centro de Ciências Agrárias - UFAL**  
**Avaliador Externo**

Rio Largo, AL  
2015

Aos meus pais, **Genézio Araújo do Nascimento** e **Ananete Duarte do Nascimento**, por todo esforço dedicado no sentido de melhor educar e à **Comunidade Doce Mãe de Deus** pelas orações que, sem sinal de dúvidas, foram ouvidas e fizeram a diferença nos momentos em que as forças humanas me faltaram.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo agradeço a Deus, pelo olhar misericordioso lançado sobre cada página de minha história, me trazendo vida e direção que permitiu que eu fosse além às veredas profissionais – também a espiritual. Ainda a São Copertino – Padroeiro dos estudantes e Minha Mãe Maria Santíssima por seus cuidados, não cessando de interceder por mim ao Pai;

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lígia Sampaio Reis, por todo conhecimento transmitido e pelo apoio e confiança depositados, o que certamente facilitou a condução do trabalho. Agradeço ainda por sua amizade e carinho o que tornou ainda mais fácil a aproximação e diálogo que sempre resultava em novas ideias e maior aprendizado;

Ao coorientador, Prof<sup>o</sup>. Dr. Gaus Silvestre de Andrade Lima, que apostou em mim desde o período de graduação me acolhendo como orientado de iniciação científica. Sua competência e seu amor à ciência fez despertar cada dia um pouco mais o desejo pela especialização na área de fitopatologia;

Aos meus pais, Genézio Araújo do Nascimento e Ananete Duarte do Nascimento, por todo amor e dedicação com os quais me educaram e me formaram para vida;

Aos meus irmãos, Cícero, Maria Aparecida, Célio Roberto, Sirleide, Paulo Sérgio, Maria Cícera e Daniele, que desde cedo acompanharam e me apoiaram neste caminho que iniciara a trilhar;

De forma especial agradeço ao irmão e companheiro Paulo Sérgio, por sua amizade e por seus incentivos que impulsionavam sempre ir além;

À Comunidade Doce mãe de Deus, pelas orações e pelo apoio fraterno nos momentos mais difíceis que aos poucos transformavam-se nos mais descontraídos risos partilhados entre irmãos que testemunham em comum a providência de Deus em suas vidas;

À minha namorada, Tereza Izabel Pereira de Melo Silva, por seu amor, companheirismo e motivações constantes, acreditando e me convencendo de um potencial que existe dentro de mim;

Aos meus grandes amigos, Cleidson Messias da Silva e Edjane dos Anjos Ulisses, por estarem sempre próximos, dividindo os momentos tensos e de alegria;

Aos meus colegas de turma, Sara Padilha de Farias, Renato Nunes do Nascimento, Jane Cléa Gomes Moreira, Paulo Henrique Nascimento Lima e Camila Lima Vicente da Silva, pela troca de conhecimento e pela unidade que foi priorizada por todos em cada momento;

Aos meus grandes amigos-irmãos, Frederico Monteiro Feijó e Wellington Costa da Silva, pela grande amizade e respeito, pelos conselhos e concretas contribuições durante a execução deste trabalho;

À equipe de trabalho, em especial aos graduandos: Aleska, Fabiano, Jessé e Amanda, que muito me ajudaram durante toda a pesquisa, além de tornar o ambiente de trabalho mais agradável e prazeroso;

Ao Centro de Ciências Agrárias - CECA/UFAL e ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, pelos competentes professores e demais funcionários;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante esse período;

A todos, meu **MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

Feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), Além de constituir uma das alternativas de renda e alimento para a população é também utilizado como alimentação animal e adubação verde. Entretanto, a incidência de doenças tem constituído um dos fatores limitantes no incremento da produtividade, sendo a antracnose, causada por *Colletotrichum truncatum*, uma das mais importantes. O objetivo desse trabalho foi estudar a influência do silício e do cálcio na severidade da antracnose do feijão-fava. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. Foram avaliadas quatro doses de carbonato de cálcio (2, 4, 6 e 8 g kg<sup>-1</sup> de solo) e quatro doses de Rocksil e de MB4 (0,05; 0,075; 0,1 e 0,15 g kg<sup>-1</sup> de solo). Observou-se redução de 66,4%; 75,34% e 77,58% na severidade da doença em plantas tratadas com carbonato de cálcio, Rocksil e MB4 respectivamente. Não houve correlação entre as fontes de cálcio e silício testadas com o peso de grãos ou com o teor de clorofila nas plantas avaliadas.

**Palavras-chave:** Calcário. Rocksil. MB4. Controle. *Colletotrichum truncatum*.

## ABSTRACT

Fava beans (*Phaseolus lunatus* L.), besides constituting one of the alternative sources of income and food for the population, it is also used as animal feed and green manure. However, the incidence of diseases has been one of the limiting factors of increasing productivity, and anthracnose, caused by *Colletotrichum truncatum*, is one of the most important diseases. The objective of this work was to study the influence of silicon and calcium in anthracnose severity of the fava beans. The experiment was conducted in a completely randomized design. In series, was evaluated four dosages of calcium carbonate (2, 4, 6 and 8 g kg<sup>-1</sup> of soil) and four dosages of Rocksil and MB4 (0,05; 0,075; 0,1 e 0,15 g kg<sup>-1</sup> de solo). It was observed a reduction of 66,4%; 75,34% to 77,58% in the severity of disease in plants treated with calcium carbonate, Rocksil and MB4, respectively. There was no correlation between sources of calcium and silicon tested with seed weight or with the content of chlorophyll in plants evaluated.

**Keywords:** Limestone. Rocksil. MB4. Control. *Colletotrichum truncatum*.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sintomas de antracnose na parte aérea de plantas de feijão-fava em condições de infecção natural em campo (vagem) e inoculação em casa de vegetação (folha) ..	19
Figura 2 -Deposição do cálcio na lamela média.....	22
Figura 3 - Efeito do silício no controle de doenças de plantas .....	24
Figura 4- Vasos de plástico instalados em interior de casa de vegetação onde foram conduzidos os experimentos. ....	26
Figura 5 - Tensiômetro instalado em um dos vasos onde foi cultivado o feijão-fava .....	27
Figura 6 - Aspecto geral das plantas de feijão-fava aos 30 dias após a germinação .....	28
Figura 7 - Avaliação comparativa da severidade da antracnose em folhas de feijão-fava utilizando a escala de Godoy et al (1997).....	30
Figura 8 - Escala diagramática de Godoy, para avaliação da severidade da antracnose em folhas de feijão comum.....	30
Figura 9 - Curva da severidade da antracnose em folhas de feijão-fava em função das dosagens de $\text{CaCO}_3$ .....	31
Figura 10 - Curva da severidade da antracnose em folhas de feijão-fava em função das dosagens de Rocksil.....	33
Figura 11 - Curva da severidade da antracnose em folhas de feijão-fava em função das dosagens de MB4.....	35
Figura 12 – Índice SPAD (Teor de clorofila) nas folhas de feijão-fava em função das doses de $\text{CaCO}_3$ , MB4 e Rocksil.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas e químicas do solo utilizado nos experimentos.....	25
Tabela 2 – Coeficiente de correlação (r) entre severidade da antracnose e o peso de 100 grãos de feijão-fava nas diferentes fontes testadas.....	36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1 Gênero <i>Phaseolus</i> .....	16
2.1.1 Feijão-fava.....	16
2.1.2 Aspectos botânicos .....	16
2.2 Importância econômica e social.....	17
2.3 Antracnose no feijão-fava.....	18
2.3.1 Agente causal.....	20
2.3.2 Infecção e colonização.....	20
2.4 Influência do cálcio no controle de doenças de plantas.....	21
2.5 Influência do silício no controle de doenças de plantas .....	22
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
3.1 Área experimental.....	25
3.2 Instalação dos experimentos.....	25
3.2.1 Delineamento experimental.....	26
3.3 Plantio e condução da cultura.....	27
3.4 Obtenção do isolado de <i>C. truncatum</i> , preparo da suspensão do inóculo e inoculação.....	28
3.5 Avaliações da severidade.....	29
3.6 Determinação do teor de clorofila nas folhas.....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
4.1 Efeito do cálcio na antracnose do feijão-fava.....	31
4.2 Efeito do silício na antracnose do feijão-fava.....	33
4.3 Correlação entre severidade da antracnose e peso de grãos de feijão-fava.....	36
4.4 Teor de clorofila nas folhas.....	36
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultura de maior expressão do gênero *Phaseolus*, apresenta grande importância econômica e social para o Brasil que se destaca como maior produtor mundial (PAULA JUNIOR et al., 2008). Em seguida, o feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), aparece representando a segunda cultura de maior importância do gênero *Phaseolus* (CARVALHO, 2012). No Brasil, o feijão-fava constitui uma cultura de relevante importância social, representando fonte de proteínas para pequenos agricultores (CAVALCANTE et al., 2012). Segundo dados do IBGE (2010), a produção nacional de grão seco atingiu 7349 toneladas numa área cultivada de 29825 hectares, resultando numa produtividade de 265 kg há<sup>-1</sup>. No Nordeste, além de constituir uma das alternativas de renda e alimento para a população, é também utilizada na alimentação animal, como adubo verde e cultura de cobertura para proteção do solo (ALCÂNTARA, 1998; PEGADO et al., 2008). A região destaca-se como maior produtora nacional contribuindo com cerca de 90% da produção. A produção do estado de Alagoas, cerca de 118 toneladas em uma área de 297 hectares, com maior produção nas cidades de Palmeira dos Índios e União dos Palmares, representa em torno de 1,8% da produção do Nordeste (IBGE, 2010).

Embora bem adaptada às condições edafo-climáticas do Nordeste brasileiro, a ocorrência de doenças, favorecidas pelas condições precárias de manejo, tem limitado a produtividade do feijão-fava (SILVA et al., 2010). Seu cultivo em pequenas propriedades, em consórcio com outras culturas e sem adoção de tecnologia, sem programa de nutrição mineral específico tem contribuído para o aumento da incidência de doenças limitando assim sua produtividade (CARVALHO, 2012; ALVES et al., 2008; PEREIRA et al., 2004). Dentre as doenças, se destaca a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum truncatum*, que pode tornar-se problema com a expansão da cultura (FIGUEIREDO, 2001). Segundo Carvalho (2009) a antracnose é a doença mais prevalente da cultura no Nordeste do Brasil, porém precisa ser melhor estudada.

A antracnose é caracterizada inicialmente por manchas avermelhadas nas nervuras foliares na face abaxial espalhando-se por todo limbo foliar. Já nas vagens as lesões apresentam-se arredondadas de coloração avermelhada, de tamanho variável. A doença pode

atacar toda parte aérea da planta apresentando sintomas semelhantes (PAULA JÚNIOR et al., 1995).

Considerando que o cultivo de feijão-fava é praticado principalmente por pequenos agricultores o controle químico da antracnose geralmente não é empregado, pois sua adoção eleva significativamente os custos de produção. Assim, o emprego da resistência genética constitui um dos métodos mais eficientes para o manejo da doença (CAVALCANTE et al., 2012); de fácil acesso aos produtores e econômico.

O Cálcio e o Silício vêm sendo estudados por apresentarem propriedades de induzir resistência em plantas. Tais elementos são empregados na redução da severidade de determinadas doenças, especialmente em frutos, como relatado na literatura (POZZA et al., 2004; KORNDORFER, 2001; ZAMBOLIM, et al., 2001; YAMADA, 2004). O cálcio é absorvido pelas plantas junto com a água do solo, por fluxo de massa, e se desloca, principalmente, para os órgãos de transpiração, acumulando-se nas folhas, sendo limitado o seu transporte, via floema, para os frutos (BLAKENAU, 2007). Do mesmo modo, o silício é transportado em quase sua totalidade para as células das folhas depositando-se na parede externa da célula da epiderme. (BARBOSA et al., 2002). Ambos, ao se acumular na parede celular, constituem barreira mecânica que dificulta ou impede a penetração de fitopatógenos. Dentre os elementos minerais estudados, o silício (Si) contribuiu para a redução da intensidade de doenças em várias culturas.

Para o caso do feijoeiro comum, os trabalhos relativos ao emprego de Si são ainda incipientes e pouco conclusivos (FRANZOTE et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2005), especialmente aqueles que procuram esclarecer a relação da nutrição com problemas ocasionados pelas doenças e sua relação com os aspectos agronômicos da cultura.

Embora observada a eficiência destes elementos no controle de doenças de plantas, obtendo-se resultado positivo para algumas doenças em várias culturas, até o presente momento esse aspecto pouco foi estudado no caso da antracnose do feijão-fava. Tendo em vista a importância desses estudos para o manejo sustentável da cultura, o presente trabalho objetivou estudar o efeito de diferentes doses e fontes de cálcio e silício na indução de

resistência do feijão-fava ao *C. truncatum*, buscando assim alternativas para o manejo sustentável da antracnose nesta cultura.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Gênero *Phaseolus*

Com mais de 720 gêneros e 19.325 espécies distribuídas em todo mundo, a família Fabaceae é considerada a maior dentro do grupo de dicotiledôneas. Dentro dessa família, os gêneros são agrupados em três subfamílias: Mimosoideae, Caesalpinioideae e Papilionoideae. Dentro desta última encontra-se o gênero *Phaseolus* (LEWIS et al., 2005) que agrupa cerca de 31 a 52 espécies originadas do continente americano. Dentre essas espécies apenas cinco são cultivadas: *P. vulgaris* L. (feijão-comum), *P. lunatus* L. (feijão-fava), *P. coccineus* L. (feijão-ayocote), *P. acutifolius* (feijão-topari) e *P. polyanthus* (DEBOUCK, 1991,1999).

#### 2.1.1 Feijão-fava

Representando a segunda espécie mais importante do gênero *Phaseolus* (CARVALHO, 2012), o feijão-fava, também conhecido como feijão-lima (SANTOS et al., 2002), teve origem na Guatemala, onde encontram-se as formas silvestres, sendo dispersado para outras regiões acompanhando as rotas de comércio (MACKIE, 1943; VIEIRA, 1967).

#### 2.1.2 Aspectos botânicos

O feijão-fava pertence ao filo Magnoliophyta, à classe Magnoliopsida e ordem Fabales (CRONQUIST, 1988). Apresenta ciclo anual, bianual ou perene, com germinação epígea (BEYRA e ARTILES, 2004), suas raízes são semelhantes às de outras espécies do gênero, com uma raiz principal de onde saem às ramificações. O caule é herbáceo, é dependente do hábito de crescimento da planta e apresenta nós e internódios (CARVALHO, 2012). As folhas primárias são simples, originadas do próprio cotilédone e as demais são compostas, trifolioladas com filotaxia alterna e mais escuras que as encontradas em outras espécies do gênero, mesmo depois do amadurecimento das vagens (MELO, 2005). Tais vagens são compridas, curvadas e coriáceas apresentando coloração bege quando secas e comportando de duas a quatro sementes. O tamanho e a coloração do tegumento das sementes variam bastante de acordo com as diferentes variedades da espécie (SANTOS et al., 2002).

Quanto ao hábito de crescimento, encontram-se variedades de feijão-fava de crescimento determinado e indeterminado. O tipo de crescimento determinado caracteriza-se pelo completo desenvolvimento da gema terminal resultando em uma inflorescência, enquanto no crescimento indeterminado a gema continua a se desenvolver sendo conduzida em um tutor-guia que direciona seu crescimento (SANTOS et al., 2002). Uma vez que o crescimento dos ramos se mantém durante o ciclo, emitindo nós e florações, plantas com crescimento indeterminado apresentam potencial produtivo superior às plantas de crescimento determinado (OLIVEIRA et al., 2011). Variedades de crescimento determinado apresentam uma maior uniformidade na maturação das vagens, enquanto as de crescimento indeterminado apresentam maturação tardia e desuniforme possibilitando várias colheitas no mesmo ciclo (OLIVEIRA et al., 2004).

## 2.2 Importância econômica e social

O feijão-fava é uma das principais leguminosas cultivadas em regiões tropicais, apresentando potencial nutritivo e de renda para população a do Nordeste Brasileiro, onde a cultura é utilizada tradicionalmente na alimentação, consumindo-a na forma de grãos maduros ou verdes (PEGADO, 2008; CARVALHO, 2012). Segundo dados do IBGE o Nordeste representa a região maior produtora de fava do Brasil com uma produção de 6.667 toneladas em uma área plantada de 28.628 hectares. Isto representa mais de 90% da produção nacional e cerca de 96% da área plantada em todo país. Os estados, Paraíba, Pernambuco e Ceará se destacam como maiores produtores da cultura com produção de 2.826, 1.275 e 917 toneladas respectivamente. Os três juntos representam cerca de 68% da produção nacional e 75% da produção do Nordeste. Já o Estado de Alagoas é o menor produtor da região com uma produção em torno de 118 toneladas, porém tem a terceira maior produtividade. Produzindo cerca 397 Kg ha<sup>-1</sup> fica abaixo apenas de Sergipe e Pernambuco (461 e 420 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente) (IBGE, 2010).

Mesmo com capacidade de adaptação superior ao feijão-comum, desenvolvendo-se melhor em regiões de clima quente e úmido e com maior tolerância a temperaturas altas e déficit hídrico, o feijão-fava tem uma distribuição menor quando comparado com outras espécies do gênero (SANTOS et al. 2002; CARVALHO, 2012). Segundo Guimarães et al. (2007), as principais razões para seu cultivo limitado podem ser: a tradição do consumo de



feijão-comum, o paladar da fava e o seu tempo de cocção mais longo. Por conta da presença do ácido cianídrico (HCN), que dá à fava um sabor amargo, requer, em alguns casos, antes de seu consumo, um ou dois pré-cozimentos com o objetivo de eliminar a toxina (MELO, 2005).

Outro fator que contribui para redução da produção é o motivo da maior parte ser oriunda de pequenos produtores, em locais de difícil acesso, nos quais são adotados os métodos mais tradicionais de plantio e cultivo (SILVA et al., 2010). Seu cultivo é realizado geralmente em consorcio com milho (*Zea mays* L), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) ou mamona (*Ricinus communis* L), tomando as plantas dessas culturas como suporte (AZEVEDO et al., 2003). Também é muito plantada junto às cercas, muros ou telas de arame, que servem de suporte para suas ramas que possuem, em muitas variedades, hábito de crescimento indeterminado.

Sendo cultivado sem auxílio de técnicas que visem o aumento da produtividade e sem muitos cuidados, pode favorecer a incidência de doenças. Entre as doenças de maior severidade nesta cultura destacam-se o míldio (EVANS et al., 2002; 2007; DAVIDSON et al., 2008), a ferrugem (LYNCH et al., 2006; BONDE et al., 2008), a podridão de raiz (DAVIDSON et al., 2002; DAVEY et al., 2008), a antracnose e mela (PAULA JÚNIOR et al., 1995). Além destas, as doenças viróticas também são importantes, destacando-se as causadas pelo Bean golden mosaic virus (BGMV), pelo Cowpea severe mosaic virus (CPSMV) pelo Bean common mosaic virus (BCMV) e pelo Bean common mosaic necrosis virus (BCMNV) (MELGAREJO et al., 2007). De todas estas, a antracnose, causada por *C. truncatum*, é a mais comum e representa um dos maiores obstáculos para o incremento da produtividade da fava atacando as folhas, os ramos e as vagens da planta.

### 2.3 Antracnose no feijão-fava

A antracnose, doença que ataca diferentes espécies de plantas cultivadas, é causada por espécies de fungo do gênero *Colletotrichum* que é considerando um dos grupos de fungo mais importante do mundo por causar doenças de grande expressão econômica em diversas frutíferas, cereais, hortaliças e leguminosas (LIMA, 2012; FEIJÓ, 2012; SERRA et al. 2008). Os danos pós-colheita são os que causam perdas econômicas mais significativas aos produtores (LIMA, 2012). Segundo Carvalho et al., (2010), a espécie que causa antracnose na

cultura do feijão-fava é *C. truncatum*. É facilmente observado na região Nordeste, onde as condições climáticas favorecem seu desenvolvimento, principalmente em plantios de pequenos produtores verificando-se também em áreas experimentais (CARVALHO et al., 2010), entretanto precisa ser melhor estudada (PAULA JÚNIOR et al.,1995).

Os sintomas podem ser observados em toda parte aérea da planta e nas sementes onde as lesões são pequenas e deprimidas, de coloração marrom-escura ou até mesmo negra quando observadas nos cotilédones (CARVALHO et al., 2010). Nas folhas a antracnose causa sintomas de escurecimento das nervuras e manchas deprimidas com formato elíptico, seguidas de necrose na superfície, tanto nas faces adaxial quanto na abaxial resultando em folhas encarquilhadas e plantas subdesenvolvidas (COSTA, 1986) (Figura 1). Nas vagens, onde se formam os acérvulos do patógeno, com aspecto de uma massa esbranquiçada, de onde saem numerosas setas, o fungo causa lesões deprimidas, grandes e avermelhadas e ainda deformações (Figura 1) (PAULA JÚNIOR et al.,1995). Lesões avermelhadas e necrosadas podem também ser observadas no hipocótilo, pecíolos e nervuras das plantas (COSTA, 1986).

**Figura 1 – Sintomas de antracnose na parte aérea de plantas de feijão-fava em condições de infecção natural em campo (vagem) e inoculação em casa de vegetação (folhas).**



Fonte: Autor, 2012

No controle de qualquer patógeno vale ressaltar que o conhecimento sobre as características, ciclo de vida, penetração e colonização no hospedeiro é de suma importância para a adoção de técnicas de controle (NASCIMENTO, 2012).

### 2.3.1 Agente causal

*Colletotrichum truncatum*, causador de antracnose, é um fungo anamórfico pertencente à classe Coelomycetes, ordem Melanconiales e família Melanconiaceae. Sua identificação se dá através das características morfológica dos conídios, coloração da colônia e presença ou ausência do seu teleomorfo *Glomerella cingulata* (Ascomycota). A espécie apresenta micélio bem desenvolvido onde são encontradas setas sobre acérvulos e conídios hialinos de formato falcado. (AGRIOS, 2005; SUTTON, 1980; NECHET e HALFELD-VIERA, 2008).

Em estudos de avaliação do tamanho dos conídios de *C. truncatum* na cultura da fava, LIMA, (2012) observou que o tamanho dos conídios variou de 17,18 - 22,64 µm para o comprimento e 2,19 - 2,47 µm para a largura. Os conídios apresentaram-se hialinos, unicelulares, forma falcado com ápices afilados e dispostos em acérvulos com setas asseptadas de coloração marrom escuro. Verificou também a alta variabilidade morfométrica dos conídios entre diferentes isolados.

### 2.3.2 Infecção e colonização

O fungo é capaz de sobreviver em restos de culturas e pode ser transmitido através de sementes contaminadas, pela água da chuva e a longa distância através do vento. Os conídios podem também ser disseminados através dos respingos da água de irrigação (NECHET e HALFELD-VIERA, 2008). Espécies de *Colletotrichum* geralmente apresentam ciclo de vida hemibiotrófico (fase biotrófica seguida de necrotrófica). Primeiro o fungo produz sobre a cutícula do hospedeiro, um apressório escuro, seguindo com a penetração de hifas primárias, sem causar a morte das células (estágio biotrófico). Em seguida, são formadas hifas secundárias que se espalham e matam as células do hospedeiro (estágio necrotrófico). Este último começa entre 48 a 72 horas após a inoculação dependendo das condições ambientais (MÜNCH et al., 2008).

As estratégias de colonização de *Colletotrichum* variam de acordo com a espécie e a suscetibilidade do hospedeiro. Em lentilha (*Lens culinaris* Medik), o processo de infecção por isolados de *C. truncatum* inicia-se com a germinação dos conídios de 3 a 6 horas após a

inoculação. A formação dos apressórios, na extremidade do tubo germinativo, inicia-se de 6 a 12 horas após a inoculação com penetração diretamente na cutícula e células da epiderme. Passadas 24 horas da inoculação, as hifas crescem inter e intracelularmente no tecido do hospedeiro. Em cultivares suscetíveis, o aparecimento das lesões varia de 72 a 144 horas e em cultivares resistentes até 14 dias após a inoculação (CHONGO et al., 2002). Em folhas de feijão-caupi, o conídio começa a germinar a partir de 6 horas após a inoculação, formando apressórios diretamente no conídio ou na extremidade do tubo germinativo. Com 14 horas, inicia-se a penetração das hifas primárias no tecido do hospedeiro. Depois de aproximadamente 48 horas surgem lesões marrons na folha e aproximadamente 70 horas após a inoculação, surgem acérvulos com uma ou duas setas escuras (SMITH et al., 1999).

#### 2.4 Influência do cálcio no controle de doenças de plantas

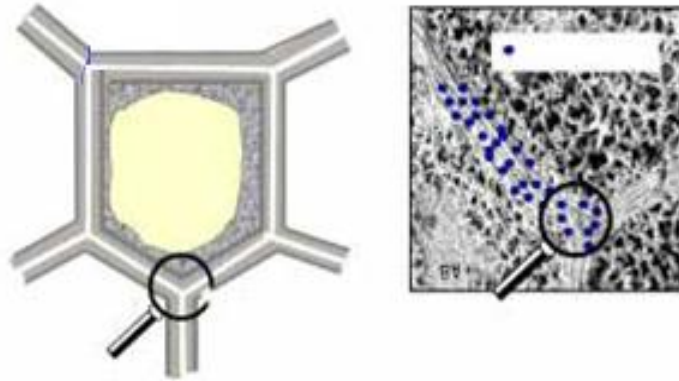
A capacidade que as plantas têm de se defender é sem dúvida influenciada pelo vigor e seu estágio fenológico. Uma planta com deficiências nutricionais é normalmente mais vulnerável ao ataque de patógenos do que outra em condições nutricionais ótimas (ZAMBOLIM, 2001). O calcário e o gesso são essenciais para estabelecer o pH ótimo do solo e fornecer Ca para o crescimento do sistema radicular das culturas. Além de melhorar a estrutura, a permeabilidade e a infiltração de água no solo, ajuda a planta a suportar o estresse por salinidade (BLAKENAU, 2007).

O cálcio é importante para o crescimento das raízes e dos brotos e aumentar a tolerância ao estresse por calor, vento e frio. O crescimento de novas raízes permite a substituição de raízes velhas e/ou danificadas por patógenos, tornando possível uma maior absorção de nutrientes, inclusive elementos que conferem resistência contra patógenos. Lembrando que planta bem nutrida é sinônimo de planta mais resistente (BLAKENAU, 2007).

O calcário é absorvido pelas plantas junto com a água do solo, por fluxo de massa, e se desloca principalmente para os órgãos de transpiração, acumulando-se nas folhas, sendo limitado o seu transporte, via floema, para os frutos. Assim, ele não é redistribuído das folhas mais velhas para as mais novas, nem das folhas para os frutos ou sementes (BLAKENAU,

2007). Dessa forma, os poligalacturonatos de cálcio são requeridos na lamela média para a estabilidade da parede celular (Figura 2).

**Figura 2 – Deposição do cálcio na lamela média.**



Fonte:

BLAKENAU, 2007

Muitos fungos parasíticos e bactérias invadem o tecido vegetal através da produção extracelular de enzimas pectolíticas como a poligalacturonase, que dissolve a lamela média. A atividade desta enzima é inibida pelo cálcio (YAMADA, 2004). Esse elemento modifica as pectinas hidrossolúveis em polipectato insolúvel, o qual é resistente às enzimas pectolíticas dos patógenos. Por outro lado, também protege a membrana celular das células do hospedeiro e reduz a ligação eletrolítica induzida pelo patógeno (ZAMBOLIM, et al., 2001).

## 2.5 Influência do silício no controle de doenças de plantas

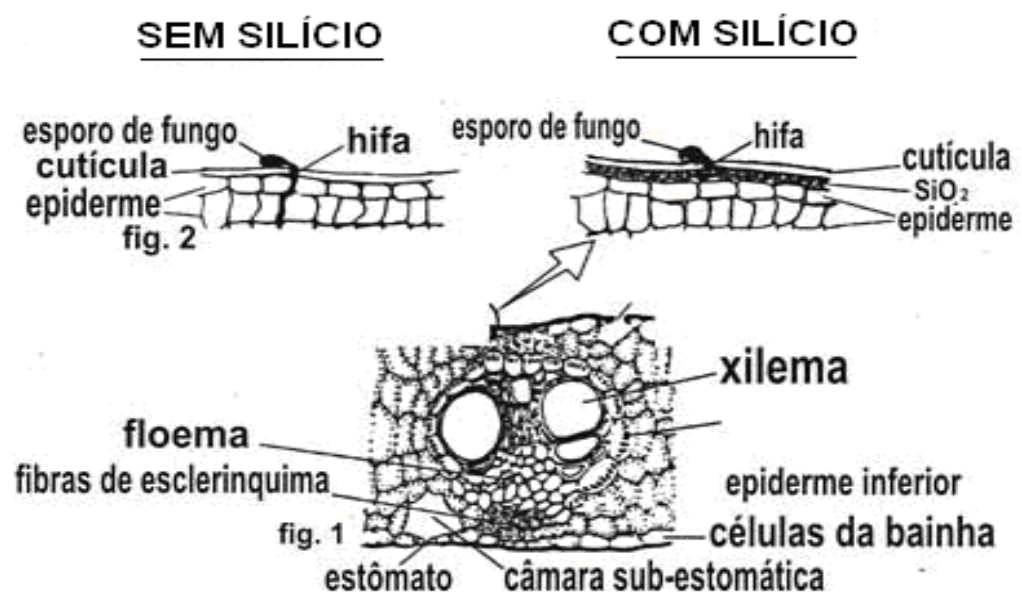
O silício pode estar presente na crosta terrestre na forma de rochas e, de acordo com a indústria que as beneficiam, recebe nomenclaturas como MB4 (melhorador de solos formado por dois tipos de rocha) e Rocksil (oriundo de argilas silicatadas), sendo assim identificado no mercado (PAULINO e ALBUQUERQUE, 2013). Depois do oxigênio, o silício (Si) é o primeiro elemento encontrado no solo. Porém, não é considerado um elemento essencial, de acordo com os conceitos de essencialidade dos nutrientes minerais, uma vez que este não participa da constituição de nenhuma molécula essencial à planta além destas conseguirem completar seu ciclo de vida sem a sua presença (MALAVOLTA et al., 1997). Ainda que considerado não essencial, alguns autores (PAULINO e ALBUQUERQUE, 2013; FEITOSA

et al., 2010; FERREIRA et al, 2009) afirmam que a utilização do silício como fertilizante tem apresentado resultados positivos como resistência ao estresse hídrico, aumento da taxa fotossintética e a diminuição do ataque de patógenos.

Por serem altamente eficientes na absorção do silício, as monocotiledôneas foram as primeiras plantas nas quais se estudou o uso deste elemento no controle de doenças. Posteriormente, motivados pelo interesse nos estudos de patossistemas de dicotiledôneas, testou-se o silício, neste grupo de plantas, como controlador de doenças obtendo-se assim, também, alguns resultados positivos (POZZA et al., 2004; MORAES et al., 2006).

Após a absorção pelas raízes, o silício é transportado pelos vasos xilema depositando-se na parede celular. Uma vez depositado, este se torna imóvel e não mais se redistribui na planta (BALASTRA et al., 1989). Dessa forma o silício vai se acumulando nas paredes das células constituindo barreira mecânica de forma a dificultar ou impedir a penetração de fitopatógenos (Figura 3). O acúmulo de sílica na folha também provoca redução na transpiração, limitando a perda de água, devido à formação de uma dupla camada de sílica, o que causa redução da transpiração por diminuir a abertura dos estômatos (OLIVEIRA, 2002). O acúmulo de silício ainda permite uma ereção nas folhas, o que contribui para diminuir o auto-sombreamento e reduzir o acamamento e ataque de fungos. Além disso, o Si previne a herbivoria, conferindo rigidez e elasticidade a parede celular, o que prejudica o aparelho bucal de insetos mastigadores (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER,1995). O silício pode também ativar várias estratégias de defesa da própria planta como a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases, polifenoloxidasas e acúmulo de lignina. Esses mecanismos de defesa podem ser ativados pela alteração que este elemento causa no pH da rizosfera da planta induzindo a absorção de elementos essenciais que têm esta função (FIGUEIREDO e RODRIGUES, 2004; AMARAL et al., 2008). Assim o silício constitui uma ótima alternativa para o controle de doenças de plantas sem agredir o ambiente.

Figura 3 – Efeito do silício no controle de doenças de plantas



**Corte transversal do limbo foliar do arroz**

Fonte: WINDHAM, et al., 2010

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido no período de julho de 2015 a dezembro de 2015, em condições de casa de vegetação, numa área de terras pertencentes à Universidade Federal de Alagoas, no município de Rio Largo, AL. A área experimental está localizada nas coordenadas geográficas: 19°29'45"S, 35°49'54"W e com altitude de 165 metros. De acordo com a classificação de Köppen o clima da região foi classificado como As, ou seja, climático tropical com estação chuvosa no inverno e seca no verão. O solo de onde foram coletadas as amostras para análise química e para o preenchimento dos vasos, foi classificado como Argisolo Amarelo Distrófico típico a moderado, textura Franco-areno (18% de argila). Os resultados da análise química do solo se encontram na Tabela 1.

**Tabela 1 - Características físicas e químicas do solo utilizado nos experimentos.**

<u>pH(H<sub>2</sub>O)</u>	<u>M.O (%)</u>	<u>Composição granulométrica (%)</u>			<u>Silte</u>	<u>Argila</u>
		<u>P (mg dm<sup>-1</sup>)</u>	<u>V(%)</u>	<u>Areia</u>		
5,6	3,65	37	43,1	54,8	26,8	18,4
<b>Classe textura: Franco-arenoso</b>						
<u>Cátions Trocáveis (mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</u>						
<u>K<sup>+</sup></u>	<u>Ca<sup>2+</sup></u>	<u>Mg<sup>2+</sup></u>	<u>SB</u>	<u>H+Al</u>	<u>CTC</u>	
180	2,9	1,5	5	6,6	5,1	

Fonte: Central Analítica. Maceió-AL, 2014

#### 3.2 Instalação dos experimentos

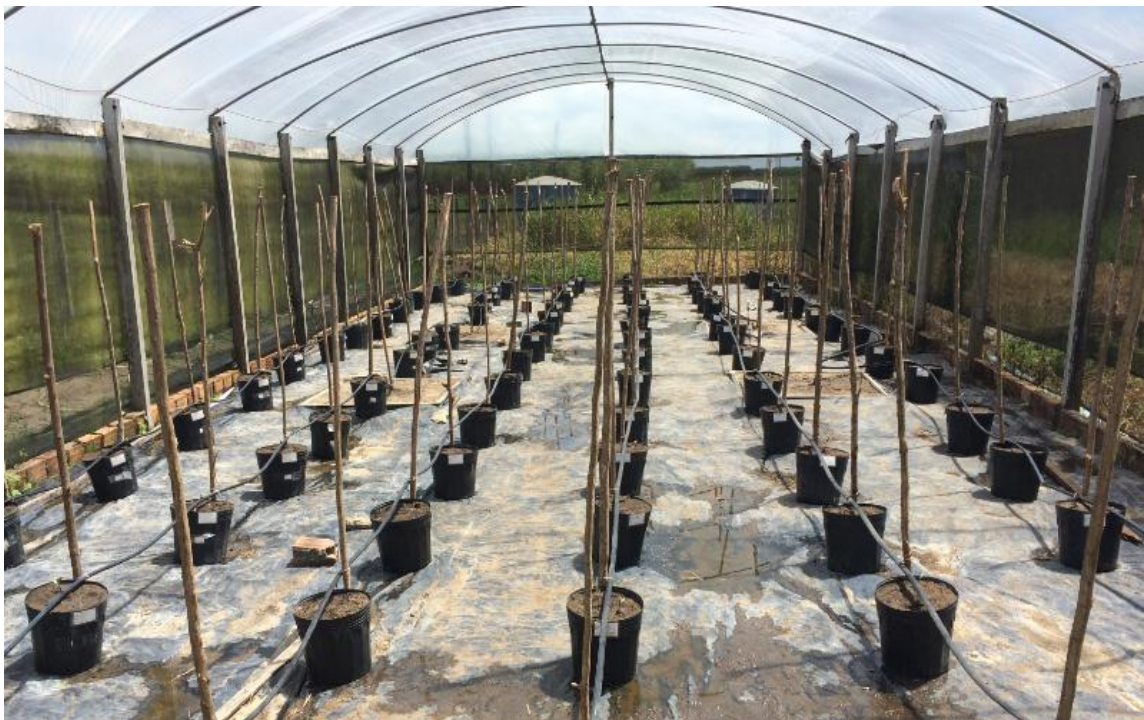
Foram conduzidos três experimentos, sendo um para avaliar o efeito do cálcio e dois para avaliar o efeito do silício sobre a severidade da antracnose em feijão-fava. Ambos os elementos foram testados em um genótipo de feijão-fava, suscetível a antracnose, oriundo do banco de germoplasma do Centro de Ciências Agrárias da UFAL, identificado como (G35).



### 3.2.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC). Para cada experimento foi testado quatro doses de um produto mais uma testemunha (dose 0) com seis repetições, a qual foi utilizada para os três experimentos. Para o experimento com cálcio o produto testado foi o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) nas seguintes doses: 0, 2, 4, 6 e 8  $\text{g kg}^{-1}$  de solo. Para os experimentos com silício foram testadas duas fontes: Argila silicatada - Rocksil e o melhorador de solo - MB4 nas doses: 0; 0,05; 0,075; 0,1 e 0,15  $\text{g kg}^{-1}$  de solo. Com o objetivo de controlar a drenagem e assim os níveis de cálcio e silício ao longo do tempo, as sementes de feijão-fava foram plantadas em vasos de plástico de capacidade 11 litros que foram instalados no interior de casa de vegetação (Figura 4). As doses de silício foram aplicadas no solo 2 dias antes do plantio enquanto as doses de cálcio foram aplicadas 20 dias antes do plantio.

**Figura 4 – Vasos de plástico instalados em interior de casa de vegetação onde foram conduzidos os experimentos.**



Fonte: Autor, 2014.

### 3.3 Plantio e condução da cultura

O plantio foi realizado de forma direta pela disposição de três sementes por vaso. Quinze dias após a germinação, as plântulas foram desbastadas deixando-se apenas uma planta por vaso o que representou cada parcela experimental. O teor de umidade do solo foi acompanhado através de tensiômetro instalado em um dos vasos (Figura 5) e a reposição de água através de sistema de irrigação por gotejamento utilizando gotejadores autocompensantes de vazão  $8L\ h^{-1}$ . A duração da irrigação era de 15 minutos por dia, assegurando uma umidade em torno da capacidade de campo calculada anteriormente (2 litros por vaso). Por se tratar de plantas de crescimento indeterminado, estas foram tutoradas utilizando-se estacas de sabiá de altura aproximada de 1,5 m.

**Figura 5 – Tensiômetro instalado em um dos vasos onde foi cultivado o feijão-fava**



Fonte: Autor, 2014

### 3.4 Obtenção do isolado de *C. truncatum* , preparo da suspensão de inóculo e inoculação

Para preparar a suspensão de conídios foi necessário obter um isolado de *C. truncatum* e cultivá-lo em placas de petri. Para tanto, foi coletado em uma área experimental do Centro de Ciências Agrárias, folhas com sintomas característicos de antracnose, as quais foram levadas ao laboratório de fitopatologia onde se procedeu a técnica de isolamento indireto, obtendo-se um isolado de *C. truncatum*. O procedimento consistiu de uma desinfecção superficial de fragmentos do tecido foliar com sintomas da doença, imergindo-os em álcool 70% por um minuto e depois em hipoclorito de sódio a 1% também por um minuto. Após serem lavados, duas vezes, em ADE (água destilada e esterilizada), estes fragmentos foram transferidos para placas de petri contendo meio BDA (batata dextrose e ágar). Decorridos 5 dias, quando o micélio tornou-se evidente foi repicado para novas placas de petri onde permaneceu até produzir esporos (cerca de 10 dias).

A partir de colônias de *C. truncatum*, preparou-se a suspensão de esporos adicionando-se 15 ml de ADE a uma placa contendo o fungo cultivado. Na sequência, com auxílio de uma escova de dentes macia, foram removidas as estruturas do fungo. A suspensão foi filtrada em gaze e ajustada, com auxílio de câmara de Neubauer, para concentração de  $10^6$  conídeos  $\text{ml}^{-1}$  (LINS et al., 2007). Aos 30 dias após a germinação (Figura 6), as plantas foram inoculadas através da pulverização da suspensão esporos.

**Figura 6 – Aspecto geral das plantas de feijão-fava aos 30 dias após a germinação**



Fonte: Autor, 2014

### 3.5 Avaliações da severidade

Aos 25, 40, 55, 70 e 85 dias após a inoculação a severidade da antracnose nas folhas foi avaliada com o auxílio de uma escala de notas desenvolvida por Godoy et al. (1997) para a antracnose do feijão comum (*P. vulgaris*) (Figura 7 e 8). Os dados foram obtidos a partir de cada planta, tomando-se a média de cinco folíolos de onde foi calculada, posteriormente, a severidade média por tratamento. Na maturação da cultura, foi avaliado o rendimento de grãos (peso de cem grãos) para cada tratamento. As médias das severidades das cinco avaliações foram submetidas à análise de variância e posteriormente feita análise de regressão. O peso de 100 grãos foi submetido ao teste de correlação com o grau de severidade da doença.

### 3.6 Determinação do teor de clorofila nas folhas

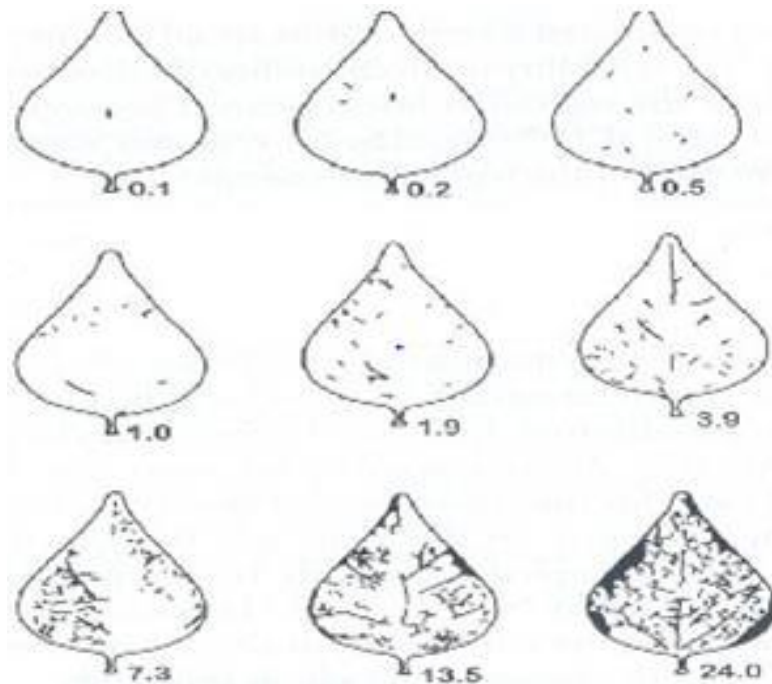
Aos 60, 75, 90 e 105 dias após a germinação das sementes, foi analisado, com o auxílio do medidor indireto de clorofila Minolta SPAD-502, o teor de clorofila nas folhas das plantas de feijão-fava. Em cada planta tomou-se a média de cinco folíolos de onde calculou-se, posteriormente, a média por tratamento.

**Figura 7 – Avaliação comparativa da severidade da antracnose em folhas de feijão-fava utilizando a escala de Godoy et al (1997).**



Fonte: Autor, 2015.

**Figura 8 – Escala diagramática de Godoy, para avaliação da severidade da antracnose em folhas de feijão comum.**



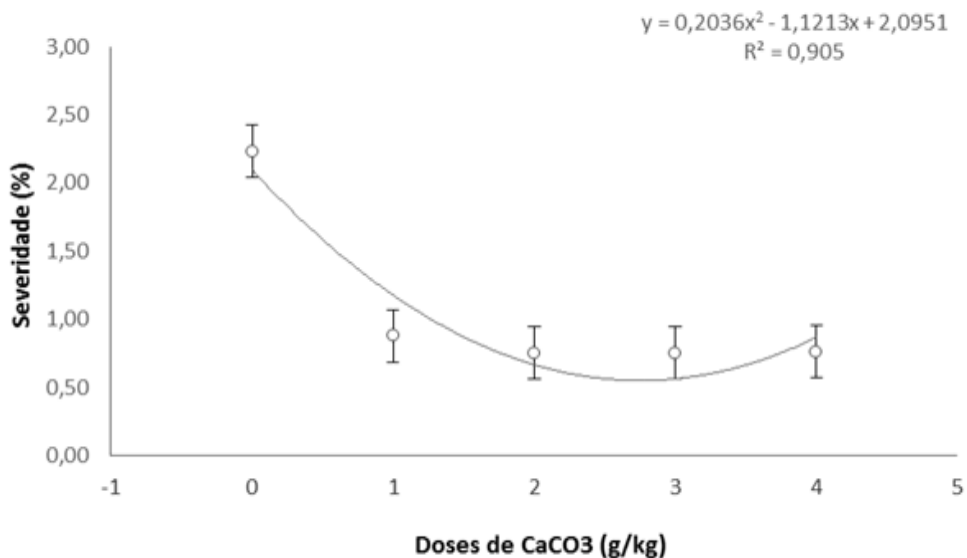
Fonte: Godoy et al. (1997)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Efeito do cálcio na antracnose do feijão-fava

A análise dos dados pelo teste F mostrou-se significativa ao nível de 5% de probabilidade. Verificou-se que o uso de carbonato de cálcio –  $\text{CaCO}_3$  (calcário) no solo diminuiu a severidade da antracnose em plantas de feijão-fava. A fim de determinar a dose de maior eficiência do produto no controle da antracnose, procedeu-se a análise de regressão que ajustou a equação quadrática  $y = 0,2036x^2 - 1,5284x + 3,42$ , com coeficiente de determinação de 90,5% (Figura 9), onde observou-se uma redução superior a 60%. Pelo teste de Tukey, todas as doses avaliadas diferiram significativamente da testemunha, contudo não houve diferença significativa entre as doses testadas.

**Figura 9 - Curva da severidade da antracnose em folhas de feijão-fava em função das dosagens de  $\text{CaCO}_3$  (Dose 0 – Testemunha; Dose 1 – 2 g Kg<sup>-1</sup> de solo; Dose 2 – 4 g Kg<sup>-1</sup> de solo; Dose 3 – 6 g Kg<sup>-1</sup> de solo; Dose 4 – 8 g Kg<sup>-1</sup> de solo).**



Fonte: Autor, 2015.

Muniz et al. (1991), avaliando a influência da nutrição com nitrato de cálcio sobre a antracnose do feijão comum, encontraram variações na severidade da doença em função das doses de cálcio, onde observaram maior severidade da antracnose nas plantas tratadas com as

menores doses deste elemento. Os autores propõem que o papel do cálcio na redução desta enfermidade esteja relacionado com a absorção de outros nutrientes. Admitem também que o patógeno estudado é bastante variável e que a interação entre outras cultivares de feijão e outras raças do fungo possa resultar em respostas diferentes. Já Muchovej et al. (1980), atribuem a redução da antracnose da soja, causada por *C. dematium var. truncata*, a baixa atividade de enzimas pécnicas produzidas pelo patógeno sobre o pectato de cálcio na parede celular. Tal hipótese parece aceitável, pois as poligalacturonases produzidas por esse gênero de fungos podem ser inibidas por cálcio (YAMADA, 2004).

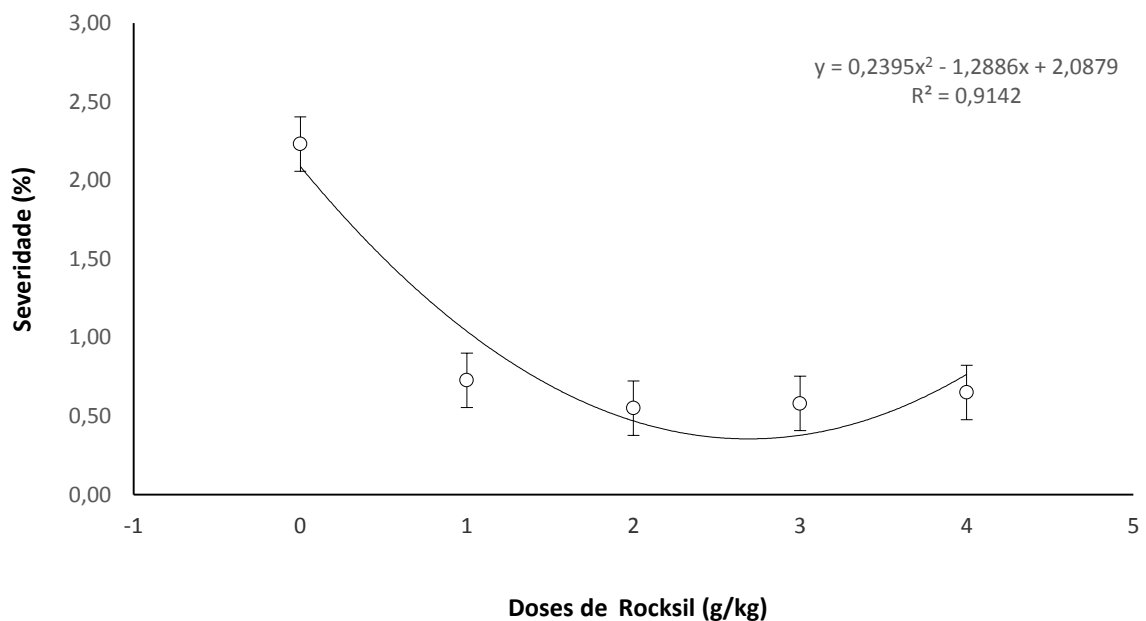
Tal elemento tem demonstrado eficiência também no controle de outras doenças fúngicas. Estudando o efeito de combinações de potássio e cálcio sobre a severidade da ferrugem da soja, Pinheiro et al. (2011) observaram que o cálcio reduziu a severidade da ferrugem em todas as combinações com o potássio, podendo essa redução ultrapassar 86%. Constataram também que o potássio reduziu a severidade da doença apenas quando o suprimento de cálcio foi adequado. Segundo os mesmo autores o potássio aumenta a severidade da doença quando as doses de cálcio são baixas. Resultados semelhantes foram obtidos por Garcia Júnior et al. (2003) que também observaram o efeito positivo do cálcio na redução da incidência da cercosporiose do cafeeiro. Os autores perceberam que a incidência da doença decresceu linearmente com o aumento das doses de cálcio, obtendo a menor incidência com a maior dose, que inibiu o ataque do patógeno em 85,22%.

Segundo Zambolim e Vale (2001), a aplicação de cálcio tem controlado a murcha do tomateiro, causada por *Fusarium oxysporum*, em condições experimentais. Os autores informam ainda que muitos fungos fitopatogênicos invadem o tecido vegetal através da produção de enzimas como a poligalacturonase, que dissolvem a lamela média das células. O cálcio, além de proporcionar estabilidade à parede celular, possui a capacidade de inibir a ação destas enzimas dificultando assim a entrada de patógenos (YAMADA, 2004). Esta informação pode justificar o efeito do  $\text{CaCO}_3$  aplicado no solo, sobre a severidade do *C. truncatum* nas folhas do feijão-fava. O nutriente, rico em cálcio, pode ter inibido a ação das enzimas produzidas pelo patógeno o que dificultou sua penetração e posterior colonização do tecido vegetal.

#### 4.2 Efeito do silício na antracnose do feijão-fava

Pode-se observar que tanto no experimento utilizando a argila silicatada (Rocksil) como no experimento com o melhorador de solo (MB4), há redução significativa, em relação à testemunha, para severidade das lesões causadas por *C. truncatum* nas folhas das plantas de feijão-fava (Tabela 2). Para o Rocksil, a análise de regressão ajustada com a equação quadrática:  $y = 0,2395x^2 - 1,2886x + 2,0879$ , com coeficiente de determinação de 91,42%, representada na Figura 10, revela uma redução de 75,34% quando aplicado uma dose de 0,075g do produto por kg de solo (dose 2). No entanto, este percentual de redução não difere estatisticamente dos resultados encontrados para as doses de 0,05; 0,1 e 0,15g kg<sup>-1</sup> (doses 1, 3 e 4), que reduziram a severidade da doença em 67,26%, 74% e 70,8% respectivamente.

**Figura 10 - Curva da severidade da antracnose em folhas de feijão-fava em função das dosagens de Rocksil (Dose 0 – Testemunha; Dose 1 – 0,05 g Kg-1 de solo; Dose 2 – 0,075 g Kg-1 de solo; Dose 3 – 0,1 g Kg-1 de solo; Dose 4 – 0,15 g Kg-1 de solo).**



Fonte: Autor, 2015.

Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos conduzidos por Pratisoli et al. (2007) que observaram menor severidade da varíola do mamoeiro, causada pelo fungo *Asperisporium caricae*, nas folhas de plantas tratadas com Rocksil. A capacidade deste

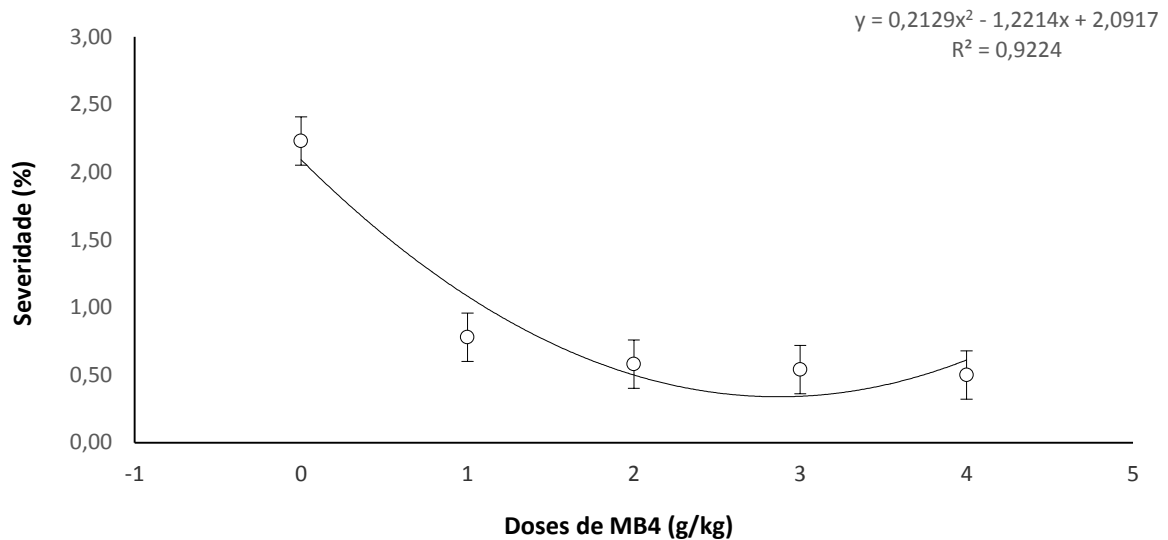


produto em induzir resistência contra fitopatógenos, foi também verificada por Androcioni et al. (2012), que observaram redução de até 71% na incidência da cercosporiose e 60% na incidência da ferrugem em folhas de cafeeiro. Segundo os mesmos autores, o efeito deste produto na incidência e na severidade das doenças de plantas é devido ao silício presente em sua composição.

Brancaglione et al. (2009), estudando o efeito curativo do Rocksil sobre a severidade de *Xanthomonas axonopodis* em mudas de maracujazeiro-amarelo também encontraram resultados satisfatórios. Todas as doses testadas proporcionaram significativo controle em relação à testemunha, entretanto não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os autores ressaltam que, além do efeito direto sobre fitopatógenos, a argila silicatada pode aumentar o grau de resistência das plantas às injúrias mecânicas (ferimentos) na epiderme, vias que podem facilitar a penetração de patógenos no hospedeiro.

Para o experimento utilizando o MB4 como fonte de silício, o gráfico com a equação:  $y = 0,2129x^2 - 1,2214x + 2,0917$  e o coeficiente de determinação de 92,24% (Figura 11), possibilita visualizar uma redução significativa na severidade da doença, em relação à dose 0 – tratamento controle. A maior dose aplicada, 0,15g de MB4 por kg de solo (dose 4), foi a que atingiu o maior controle da doença (77,58%). Porém, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, não houve diferença significativa em relação a menor dose do produto – 0,05g kg<sup>-1</sup> (dose 1), onde verifica-se uma redução da severidade da doença em torno de 65%. As doses 0,075 e 0,1g kg<sup>-1</sup> (dose 2 e 3), reduziram o ataque do *C. truncatum* em 74% e 75,8% respectivamente.

**Figura 11 - Curva da severidade da antracnose em folhas de feijão-fava em função das dosagens de MB4 (Dose 0 – Testemunha; Dose 1 – 0,05 g Kg-1 de solo; Dose 2 – 0,075 g Kg-1 de solo; Dose 3 – 0,1 g Kg-1 de solo; Dose 4 – 0,15 g Kg-1 de solo)**



Fonte: Autor, 2015.

O uso de silício nas culturas vem sendo bastante estudado (POZZA et al., 2004; MORAES et al., 2006; ALBUQUERQUE et al., 2013; FERNANDES et al., 2009). Teixeira et al. (2008) observaram redução significativa da antracnose, mancha angular e crestamento bacteriano em folhas de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizando o silício como indutor de resistência. Os resultados estão de acordo com o trabalho de Moraes et al. (2006) que encontraram redução em torno de 56% na severidade da antracnose em folhas de feijoeiro utilizando o silicato de sódio como fonte de silício. Em outros trabalhos utilizando silicato de cálcio, Moraes et al., (2009) também reportaram a redução da doença em função do aumento das doses. Os dados encontrados demonstraram que, embora o feijoeiro não seja classificado como planta acumuladora de silício, o teor desse elemento nas folhas das plantas suplementadas por este foi alto.

A capacidade do silício em atenuar o ataque de patógenos de plantas foi observada por vários autores (COSTA et al., 2007; REIS et al., 2008; POZZA et al., 2003; MORAES et al., 2006). Segundo Fernandes et al., (2009), várias doenças causadas por fungos e bactérias em diversas culturas, bem como algumas pragas podem ser reduzidas significativamente com a fertilização silicatada. O silício depositado na parede celular forma uma camada que favorece

o fortalecimento da parede celular, por participar da formação de barreiras que impedem ou dificultam o acúmulo e a penetração dos microrganismos (COGO et al., 2011). Assim, o elemento tem como função a proteção mecânica dos tecidos vegetais onde há grande penetração de patógenos (FERNANDES et al., 2009), o que justifica a redução da severidade da antracnose nas folhas tratadas com Rocksil e com MB4.

#### 4.3 Correlação entre severidade da antracnose e peso grãos de feijão-fava

Verificou-se uma correlação negativa entre a severidade da antracnose e o peso de 100 grãos de feijão-fava, independente da fonte ou da dose de cálcio ou silício (Tabela 2). Ou seja: à medida que a severidade da doença aumentou, o peso de 100 grãos de feijão-fava foi reduzido. Porém não houve diferença significativa.

**Tabela 2 – Coeficiente de correlação (r) entre severidade da antracnose e o peso de 100 grãos de feijão-fava nas diferentes fontes testadas.**

Fonte	r	Significância
CaCO <sub>3</sub>	-0,185	NS
Rocksil	-0,705	NS
MB4	-0,604	NS

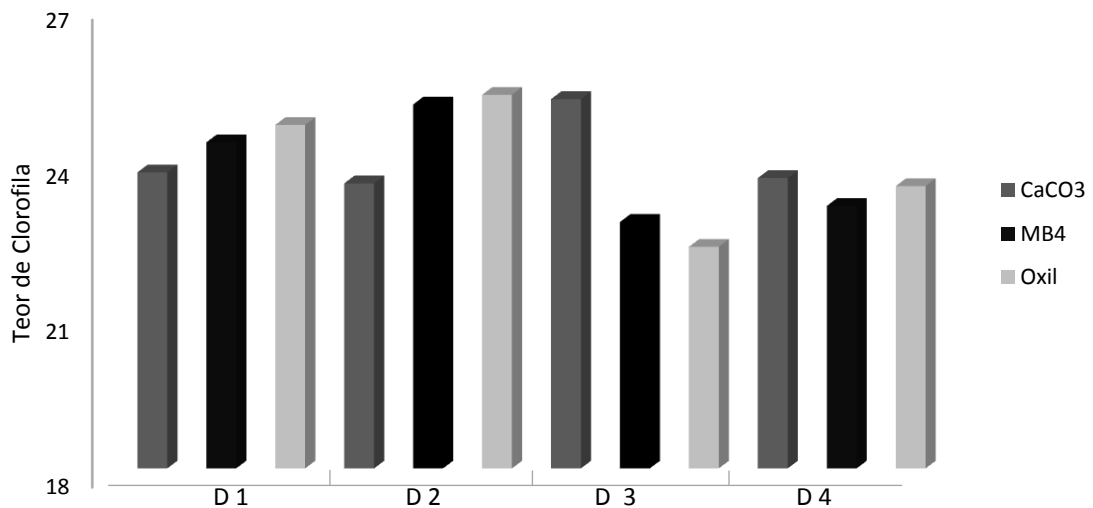
Teixeira et al. (2008), atribuem o maior rendimento de grãos de feijão comum obtidos no período seco, a menor incidência de doenças, dentre elas à antracnose. Porém, os próprios autores admitem a carência de estudos que comprovem esta relação. No caso do feijão-fava, os estudos que relacionam produtividade com severidade de antracnose ainda são pouco conclusivos, sendo necessárias novas pesquisas, principalmente em nível de campo e com infecção natural da doença.

#### 4.4 Teor de clorofila nas folhas

Em relação ao teor de clorofila presente nas folhas de feijão-fava, não houve diferença significativa independentemente das doses e dos produtos (Figura 12A– C). Pinheiro et al. (2011), avaliando a severidade da ferrugem da soja em função do suprimento de cálcio, perceberam que a taxa fotossintética também não aumentou significativamente em função do aumento deste elemento. A maior taxa de fotossíntese coincidiu com o maior grau de

severidade da doença e os autores justificam que a doença inicialmente causa maior estímulo à planta que aumenta sua atividade fotossintética por um período reduzido seguido da redução por causa do surgimento de áreas cloróticas (PINHEIRO et al.,2011; PASCHOLATI e LEITE, 1995). No caso do silício, embora citado na literatura sua influência na taxa fotossintética por conta do favorecimento da arquitetura foliar (KORNDÖRFER e DATNOFF, 1995), não existem estudos que comprovem o aumento do teor de clorofila em função da suplementação deste elemento.

**Figura 12 – Índice SPAD (Teor de clorofila) nas folhas de feijão-fava em função das doses de  $\text{CaCO}_3$ , MB4 e Rocksil.**



Fonte: Autor, 2015

## 5 CONCLUSÕES

- A aplicação de calcário, Rocksil e de MB4 no solo como fontes de cálcio e de silício promove redução na severidade da antracnose em folhas de feijão-fava;
- O peso de 100 sementes de feijão-fava não foi influenciado significativamente pelo tratamento com nenhuma fonte de cálcio ou de silício testada;
- O índice SPAD não foi influenciado significativamente pelo tratamento com nenhuma fonte de cálcio ou de silício testada.

## REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. California: Elsevier Academic Press. 5<sup>o</sup> ed, 2005. 907p.
- AMARAL, D.R. et al. Silicato de potássio na proteção do cafeeiro contra *Cercospora coffeicola*. **Fitopatologia Brasileira**, v.33, p.425-431, 2008.
- ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. M.; FARIAS, A. P. Produtividade e qualidade pós-colheita de helicônia Golden torch submetida a fontes e doses de silício. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.2, p.173-179, 2014.
- ALCÂNTARA, F. A. **Adubação verde na recuperação da fertilidade de um solo degradado**. 1998. 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ALVES A. U. et al. Lima beans production and economic revenue as function of organic and mineral fertilization. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2, p. 251-254, 2008.
- ANDROCIOLO, H.G. et al. Produtos alternativos no controle da *hemileia vastatrix* (berkeley & broome) e *cercospora coffeicola* (berkeley & cooke) em cafeeiros. **Coffee Science**, v. 7, n. 2, p. 187-197, maio/ago. 2012.
- AZEVEDO, J. N.; FRANCO, L. J. D.; ARAÚJO, R. O. C. Composição química de sete variedades de feijão-fava. **Comunicado Técnico**. EMBRAPA, Teresina, PI, 2003.
- BALASTRA, M. L. F. C. et al. Effects of silica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hull. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v. 67, p. 2356-2363, 1989.
- BARBOSA FILHO, M. P.; PRABHU, A. S. Aplicação de silicato de cálcio na cultura do arroz. **Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica**, 2002.
- BEYRA, A.; ARTILES, G.R. Revisión taxonômica de los gêneros *Phaseolus* y *Vigna* (Leguminosae - Papilionoideae) em Cuba. **Anales Del Jardín Botânico de Madrid**, v.61, p.135-154, 2004.
- BLANKENAU, K. Cálcio no solo e na planta. **Informações agronômicas**, n. 117, março. 2007.
- BONDE, M.R. et al. Comparative susceptibilities of legume species to infection by *Phakopsora pachyrhizi*. **Plant Disease**, v.92, n.1, p.30-36, 2008.
- BRANCAGLIONE, P. et al. Eficiência de argila silicatada no controle de *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*, *in vitro* e em mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.718-724, 2009.

CARDIM, A. H. **Caracterização da estação de cultivo em Alagoas: análise temporal e espacial**. Maceió, 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, 2003.

CARVALHO, E. M. S.; CENTURION, M. A. P. C.; CARVALHO, P. R. S. **A Cultura do feijão-fava no meio-norte do Brasil**. 2010. p. 191-203.

CARVALHO, E.M.S. **Antracnose em feijão-fava: caracterização do agente causal e reação de genótipos a *Colletotrichum truncatum***. 2009, 53 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CARVALHO, M. G. **Produção de feijão-fava em função de diferentes doses de adubação orgânica e mineral**. 2012, 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí.

CAVALCANTE, G.R.S. et al. Reação de subamostras de feijão-fava à antracnose. **Summa Phytopathologica**, v.38, n.4, p.329-333, 2012.

CHONGO, G.; GOSSEN, B.D.; BERNIER, C.C. Infection by *Colletotrichum truncatum* in resistant and susceptible lentil genotypes. **Canadian Journal Plant Pathology**, v.24, p.81-85, 2002.

COGO, F. D.; GRACIANO, G. S.; CAMPOS, K. A. Ação do silicato de cálcio e magnésio na redução de *cercospora coffeicola*. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 116-126, abr. /jun. 2011.

COSTA, A. F. Antracnose da fava (*Phaseolus lunatus* L.) no nordeste causada por *Colletotrichum dematium* f. sp. *truncata*. **Fitopatologia Brasileira**, v.11 (Suplemento), p.315, 1986.

COSTA, M. J. N.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. A. Avaliação de produtos alternativos no controle da ferrugem do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 150-155, mar./abr. 2007.

CRONQUIST, A. **Devolution and classification of flowering plants**. New York: New York Botanical Garden, 555 p. 1988.

DAVEY, J.F. et al. First report of mefenoxam-resistant isolates of *Phytophthora capsici* from lima bean pods in the mid-atlantic region. **Plant Disease**, v.92, n.4, p.656, 2008.

DAVIDSON, C.R. et al. First Report of *Phytophthora capsici* Infecting lima bean (*Phaseolus lunatus*) in the midatlantic region. **Plant Disease**, v.86, n.9, p.1049, 2002.

DAVIDSON, C.R. et al. Lima bean downy mildew epiphytotics caused by new physiological races of *Phytophthora phaseoli*. **Plant Disease**, v.92, n.5, p. 670-674, 2008.

DEBOUCK, D. G. Diversity in *Phaseolus* species in relation to the common bean. **SINGH, S. P. (Ed.) Common beans improvement in the twenty-first century**. Dordrecht: Kluwer, p.25-52, 1999.

DEBOUCK, D.G. Systematics and morphology. **SCHOONHOVEN, A. Van; VOYSEST, O. (Ed.). Common beans: research for crop improvement**. Cali: CIAT, p. 55-118, 1991.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicium in plant biology. **Proceeding National Academic Science**, Washington, v. 91, p. 11-17, 1994.

EVANS, T.A. et al. Two new races of *Phytophthora phaseoli* from lima bean in Delaware. **Plant Disease**, v.86, n.7, p.813, 2002.

EVANS, T.A. et al. Lima bean downy mildew: impact, etiology, and management strategies for Delaware and the mid-atlantic region, **Plant Disease**, v.91, n.2, p.128-135, 2007.

FEIJÓ, F.M. **Desenvolvimento e Validação de uma escala diagramática para avaliação da severidade da antracnose das vagens de feijão-fava**. 2012. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas.

FEITOSA, D. G.; Maltoni, K. L.; Silva, I. P. de F. Efeitos da adição de cinza da agroindústria no solo e no crescimento do milho, em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v.12, p.372-376, 2010.

FERNANDES, A. L. T. et al. Utilização do silício no controle de pragas e doenças do cafeeiro irrigado. **Revista Uberaba**, v. 4, n. 6, p.11-52, 2009.

FERREIRA, R.L.F. et al. Avaliação de cultivares de alface adubadas com Silifertil®. **Caatinga**, v.22, n.2, p.5-10, 2009.

FIGUEIREDO, M. B. Doenças fúngicas emergentes em grandes cultivares (Palestra). **Biológico**, v. 63, n. 1-2, p. 29-32, 2001.

FIGUEIREDO, F. C.; RODRIGUES, C. R. Silício líquido solúvel. **Revista Campo e Negócio**, n.44, 2004.

FRANZOTE, B. P. et al. Aplicação foliar de silício em feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISAS DE FEIJÃO, **Anais...** Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, v. 02, p. 957-960, 2005.

GARCIA JÚNIOR, D., et al. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.286-291, 2003.

GODOY, C.V. et al. Diagramatic scales for bean diseases: development and validation. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, v.104, n.4, p.336-45, 1997.



GUIMARÃES, W.N.R. **Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) da Coleção de Germoplasma do Departamento de Agronomia da UFRPE**. 2005. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GUIMARÃES, W. N. R., et al. Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p. 37-45, 2007.

IBGE. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística): **Produção Agrícola Municipal – Cereais, Leguminosas e Oleaginosas**. Rio de Janeiro 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas>. Acesso em 25 de novembro de 2014.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana de açúcar e do arroz. **Informações Agrônomicas**, n.70, p.1-3, 1995.

KORNDORFER G.H. et al. Calibration of soil and plant silicion analysis for rice production. **Journal of Pnat Nutrition**. Athens, p. 1071- 1084, 2001.

LEWIS, G. P. et al., **Legumes of the Word**. Royal Botanic Gardens, Kew , 577p, 2005.

LIMA, J. F. **Caracterização Morfocultural e Molecular de Isolados de *Colletotrichum* Agente Causal da Antracnose do Feijão-fava no Estado de Alagoas**. 2012. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2012.

LINS, S. R.; ABREU, M. S.; ALVES, E. Estudos histopatológicos de *Colletotrichum spp.* em plântulas de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 488-495, 2007.

LYNCH, T.N. et al . First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* on *Phaseolus* spp in the United States. **Plant Disease**, v.90, n.7, p.970, 2006.

MACKIE, W.W. Origin dispersal and variability of the Lima bean (*Phaseolus lunatus*). **Hilgardia**, v.15, n.1, p.1-29, 1943.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MELGAREJO, T.A. et al Strains of BCMV and BCMNV characterized from lima bean plants affected by deforming mosaic disease in Peru. **Archives of Virology**, v. 152, p.1941-1949, 2007.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, p.1-10, 2002.

MELO, L. J. V. **Morfofisiologia e rendimento de fava sob diferentes condições de manejo cultural.**, 2005. 166f. Tese (Doutorado Temático em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande.

MORAES, S.R.G. et al. Efeito de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, p. 069-075, 2006.

MORAES, S. R. G. et al. Nutrição do feijoeiro e intensidade da antracnose em função da aplicação de silício e cobre. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 283-291, 2009.

MUCHOVEJ, J.J. et al. Suppression of anthracnose of soybean by calcium. **Plant Disease**, v. 64, p. 1088-1089, 1980

MÜNCH, S. et al. The hemibiotrophic lifestyle of *Colletotrichum* species. **Journal of Plant Physiology**, v. 165, p. 41-51, 2008.

MUNIZ, M. F. S. et al. A. Influência da nutrição com cálcio sobre a antracnose em feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11-12, p. 2025-2031, 1991.

NASCIMENTO, R. S.; ARF, O.; NASCIMENTO, M. S. Aplicação de silício em feijão de inverno em solo de cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISAS DE FEIJÃO, Goiânia, **Anais...** Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, v. 2, p. 949-952, 2005.

NASCIMENTO, L. D. **Reação de genótipos de fava a *Rhizoctonia solani* e estabilidade da resistência.** 2012, 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas.

NECHET, K.L. & HALFELD-VIEIRA. Ocorrência e Manejo da mancha-café, causada pelo fungo *Colletotrichum truncatum*, na cultura do feijão-caupi em Roraima. **Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 6p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 13).**

OLIVEIRA, A. P. et al. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo em um Neossolo Regolítico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 543-546, 2004.

OLIVEIRA, L. A.; CASTRO, N. M. Ocorrência de sílica nas folhas de *Curatella americana* L. e de *Davilla elliptica*. **St. Hil. R. Horiz. Ci.**, 2002. Disponível em: [www.propp.ufu.br/revistaeletronica /B/OCORRENCIA.pdf](http://www.propp.ufu.br/revistaeletronica/B/OCORRENCIA.pdf). Acesso em: 03 out. 2008.

OLIVEIRA, F. N.; TORRES, S. B.; BENEDITO, C. P. Caracterização botânica e agrônômica de acessos de feijão-fava, em Mossoró, RN. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p.143-148, 2011.

PAULA JÚNIOR, T.J.; SILVA, M.B.; VIEIRA, R.F. Doenças causadas por fungos em hortaliças leguminosas. **Informe Agropecuário**, v.17, n.182, p.63-71, 1995.

PAULA JÚNIOR, et al. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central brasileira: 2007-2009. **Epamig**, (EPAMIG. Documentos, 42), 180 p, 2008.

- PAULINO & ALBUQUERQUE. Helicônia “Golden Torch”: Produtividade e qualidade pós-colheita sob diferentes fontes e doses de silício. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.615–621, 2013.
- PEGADO, C. M. A. et al. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do Brejo da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 218-223, 2008.
- PEREIRA, H. S.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijoeiro com resistência à antracnose selecionada quanto a características agronômicas desejáveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 209-215, 2004.
- PINHEIRO, J.B. et al. Severidade da ferrugem da soja em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Rev. Ceres**, v. 58, n.1, p. 43-50, 2011.
- POZZA, A.A.A. et al. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, p. 185-188, 2004.
- PRATISSOLI, D. et al. Fertilizante organomineral e argila silicatada como indutores de resistência à varíola do mamoeiro. **Idesia (Chile)** v. 25, n. 2, p.63-67, 2007.
- REIS, T. H. P. et al. Efeito da associação silício líquido solúvel com fungicida no controle fitossanitário do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 76-80, jan./jun. 2008.
- SANTOS, D.; CORLETT, F.M.F.; MENDES, J.E.M.F. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no Estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p.1407-1412, 2002.
- SERRA, I.M.R.S.; COELHO, R.S.B.; MENEZES, M. Caracterização fisiológica, patogênica e análise isoenzimática de isolados monospóricos e multispóricos de *Colletotrichum gloeosporioides*. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n.2, p.113-120, 2008.
- SILVA, J. A. et al. Reação de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) à podridão do colo causada por *Sclerotium rolfsii*, Recife, PE, 2010. In.: **X JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2010** – Disponível em:<[http://www.sigeventos.com.br/jepex/inscricao/resumos/0001/R0679\\_1.PDF](http://www.sigeventos.com.br/jepex/inscricao/resumos/0001/R0679_1.PDF)>. Acesso em: 19 jan. 2011.
- SMITH, J.E.; KORSTEN, L.; AVELING, T.A.S. Infection process of *Colletotrichum dematium* on cowpea stems. **Mycological Research**, v.103, n.2, p.230-234, 1999.
- SOUZA, J.L. et al. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. **REVISTA BRASILEIRA DE AGROMETEOROLOGIA**, v.12, n.1, p.131-141, 2004.
- SUTTON, B.C. **The Coelomycetes**. Fungi imperfecti with pycnidia acervuli and stromata. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1980. 696p.

TEIXEIRA, I.R. et al. Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 562-568, out-dez, 2008.

VIEGAS, E.C. et al. Toxicidade de óleos essenciais de alho e casca de canela contra fungos do grupo *Aspergillus flavus*. **Revista Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.915-9, 2005.

VIEIRA, C. O feijoeiro-comum: Cultura, doenças e melhoramento. **Imprensa Universitária**, 220p. 1967.

WINDHAM, A.S. et al. **Fitopatologia**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2 ed., 2010. 576p.

YAMADA, T. Resistência de plantas às pragas e doenças: pode ser afetada pelo manejo da cultura? **Informações Agronômicas**, n. 108, Dez. 2004.

ZAMBOLIM, L. et al. Efeito da nutrição mineral sobre doenças de plantas causadas por patógenos do solo. **Manejo integrado, fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Suprema Gráfica e Editora Ltda, p. 347-408, 2001.