



**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO
FEIJOEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE
SILÍCIO E BIOESTIMULANTE**

ALANA DOS SANTOS AZEVEDO ALCÂNTARA

2015

ALANA DOS SANTOS AZEVEDO ALCÂNTARA

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO FELJOEIRO EM FUNÇÃO
DE DOSES DE SILÍCIO E BIOESTIMULANTE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Mestre.

Orientador:

Prof. D. Sc. Ramon Correia de Vasconcelos

Coorientador:

Prof. D. Sc. Quelmo Silva de Novaes.

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA – BRASIL

20

A318c Alcântara, Alana dos Santos Azevedo.
Características agronômicas do feijoeiro em função de doses
de silício e bioestimulante / Alana dos Santos Azevedo
Alcântara, 2015.
50f.: il.; algumas col.
Orientador (a): Ramon Correia de Vasconcelos.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do
Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em
Agronomia, Vitória da Conquista, 2015.
Inclui referências.
1. Feijão comum – Características agronômicas. 2.
Phaseolus vulgaris L. I. Castellani, Maria Aperecida. II.
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de
Pós-Graduação em Agronomia. III.T.
CDD: 635.652

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida. Por estar sempre presente, dando-me força, coragem, saúde e inteligência para enfrentar as dificuldades;

À nossa mãe Maria Santíssima, pela constante intercessão junto a Deus;

Aos meus pais Edson Cosme e Marlene Alves e irmãos Joedson e Luanna Azevedo, por todo carinho, apoio, encorajamento e compreensão;

Ao meu esposo Tomé, pelo amor, companheirismo e paciência;

Ao professor Ramon Correia de Vasconcelos, pela amizade, orientação e incentivo;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UESB, que contribuíram para com mais essa etapa da minha formação acadêmica;

A todos os amigos(as) da Pós-Graduação, pela amizade e convivência;

Ao pessoal da Diretoria de campo da UESB, que contribuíram diretamente na realização do trabalho de campo;

A todos os meus familiares e amigos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada a todos!

Deus vos abençoe!

RESUMO

ALCÂNTARA, A. S. A. **Características agronômicas do feijoeiro em função de doses de silício e bioestimulante.** Vitória da Conquista: UESB, 2015. 50 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).¹

Com o objetivo avaliar o efeito do uso de doses de silício e bioestimulante sobre características agronômicas do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar BRS Ametista, no município de Vitória da Conquista – BA, conduziu-se o experimento no campo agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, no período de dezembro de 2013 a março de 2014. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, com três repetições, sendo a presença e ausência do bioestimulante e cinco doses de silício (0, 200, 400, 600 e 800 kg ha⁻¹). A cultivar de feijão utilizada foi a BRS Ametista, em uma população de 200.000 plantas ha⁻¹. Foram avaliados a área foliar, massa seca do limbo, massa seca da haste, massa seca do pecíolo, massa seca foliar, massa seca da parte aérea, altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, comprimento de vagens, número de grãos por vagem, diâmetro do colmo, percentual de umidade nos grãos, peso de cem grãos e produtividade. Constatou-se efeito positivo isolado do bioestimulante sobre a área foliar, matéria seca do limbo e matéria seca da parte aérea. Além disso, verificou-se interação entre o bioestimulante e as doses de silício sobre a matéria seca foliar, altura de planta, diâmetro do colmo, número de vagens por planta e produtividade. Na presença do bioestimulante, o efeito benéfico foi crescente até a dose média, a partir da qual houve efeito prejudicial da combinação desses produtos. Na ausência do bioestimulante, a resposta do feijoeiro ocorreu de forma linear até a dose máxima estudada.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris* L, silicato, estimulante vegetal.

¹Comitê Orientador: Ramon Correia de Vasconcelos. *D.Sc.*, UESB e Coorientador: Quelmo Silva de Novaes. *D.Sc.*, UESB.

ABSTRACT

ALCÂNTARA, A. S. A. Agronomic characteristics of common bean due to silicon and bio-stimulant doses. Vitória da Conquista: UESB, 2015. 50 p. (Dissertation - Master in Agronomy Concentration Area in Plant Science).

In order to evaluate the effect of using silicon and bio-stimulant doses on agronomic characteristics of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar BRS Amethyst in the city of Vitoria da Conquista, Bahia, Brasil. Was conducted the experiment in the agricultural field State University of Southwest Bahia from December 2013 to March 2014. The experimental design was randomized blocks in factorial 2 x 5, with three replications, and the presence and absence of biostimulant-five silicon doses (0, 200, 400, 600 and 800 kg ha⁻¹). The bean cultivar used was BRS Amethyst, in a population of 200,000 plants ha⁻¹. They were evaluated leaf area, dry mass of limbo, dry mass of the stem, petiole dry matter, leaf dry weight, shoot dry weight, plant height, first pod height, number of pods per plant, pods length , number of grains per pod, stem diameter, moisture percentage in grains, weight of hundred grains and productivity. It was found isolated positive effect of biostimulant on leaf area, dry matter of limbo and dry matter of shoot . Furthermore, there was an interaction between the biostimulant eas silicon levels on the leaf dry matter, plant height, stem diameter , number of pods per plant and productivity. In the presence of the biostimulating effect it is beneficial to the growing medium dose, from which was detrimental effect of combination of these products. In the absence of biostimulant common bean response occurred in a linear fashion up to the maximum dose studied.

Key words: Phaseolus vulgaris L, silicate, vegetable stimulant.

Gidance Commitee: Advisor, *D.Sc.* Ramon Correia de Vasconcelos – UESB (Major Professor) and Co-supervisor : Quelmo Silva de Novaes . *D.Sc.* , UESB .

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Análise química do solo (0-20 cm de profundidade) da área experimental. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2013..... | 22 |
| Tabela 2 | Principais características morfológicas e fisiológicas da cultivar BRS Ametista..... | 24 |
| Tabela 3 | Componentes Agrosilício Pó (Silicato de Cálcio e Magnésio) | 25 |
| Tabela 4 | Resumo das análises de variância dos dados relativos à massa seca da haste (MSH), massa seca do pecíolo (MSP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), comprimento de vagem (COV), número de grãos por vagem (NGV), teor relativo de água (UMD), peso de cem grãos (PCG) e os coeficientes de variação e as médias da cultivar de feijão BRS Ametista, submetidos à presença e ausência de bioestimulante e cinco doses de silício, em Vitória da Conquista – BA, 2015..... | 29 |
| Tabela 5 | Resumo das análises de variância dos dados relativos à área foliar (AFO), massa seca do limbo (MSL), massa seca da parte aérea (MSPA) e os coeficientes de variação e as médias da cultivar de feijão BRS Ametista, submetidos à presença e ausência de bioestimulante e cinco doses de silício em Vitória da Conquista – BA, 2015..... | 30 |
| Tabela 6 | Valores médios para área foliar (AFO), massa seca do limbo (MSL), massa seca da parte aérea (MSPA) da cultivar de feijão BRS Ametista submetidos à presença e ausência de bioestimulante e cinco doses de silício, em Vitória da Conquista – BA, 2015..... | 31 |
| Tabela 7 | Resumo das análises de variância dos dados relativos à massa seca foliar (MSF), altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de vagens por planta (NVP), produtividade (PROD) e os coeficientes de variação e médias da cultivar de feijão BRS Ametista submetidos à presença e ausência de bioestimulante e cinco doses de silício, em Vitória da Conquista – BA, 2014 | 31 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|----------|--|----|
| Figura 1 | Médias de temperatura e precipitação por decênio, em Vitória da Conquista – BA, no período de 01 de dezembro de 2013 a 10 de março de 2014. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET/ Vitória da Conquista. Estado da Bahia (2015)..... | 23 |
| Figura 2 | Equação de regressão estimada para os resultados da massa seca foliar que expressam o efeito médio da presença e ausência do bioestimulante e das cinco doses de silício. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2015..... | 34 |
| Figura 3 | Equação de regressão estimada para os resultados da altura das plantas que expressam o efeito médio da presença e ausência do bioestimulante e das cinco doses de silício. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2015..... | 38 |
| Figura 4 | Equação de regressão estimada para os resultados do diâmetro do colmo que expressam o efeito médio da presença e ausência do bioestimulante e das cinco doses de silício. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2015..... | 42 |
| Figura 5 | Equação de regressão estimada para os resultados do número de vagens que expressam o efeito médio da presença e ausência do bioestimulante e nas cinco doses de silício. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2015..... | 45 |
| Figura 6 | Equação de regressão estimada para os resultados da produtividade que expressam o efeito médio da presença e ausência do bioestimulante e nas cinco doses de silício. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2015..... | 48 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 10 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | |
| 2.1 Importância da cultura do feijão..... | 12 |
| 2.2 Importância do Silício (Si) na Agricultura..... | 13 |
| 2.3 Importância do Bioestimulantes..... | 17 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 20 |
| 3.1 Localização, clima e solo..... | 20 |
| 3.2 Cultivar avaliada..... | 23 |
| 3.3 Bioestimulante e Fonte de silício utilizados..... | 23 |
| 3.4 Delineamento experimental..... | 24 |
| 3.5 Instalação e condução do experimento..... | 24 |
| 3.6 Análise estatística dos dados..... | 25 |
| 3.7 Características agronômicas analisadas..... | 25 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 28 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 44 |
| 6. REFERÊNCIAS..... | 45 |

1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*L.) é de grande importância para o Brasil e em especial para a região Nordeste, devido ao seu elevado valor nutricional e ao seu uso como alimento básico na dieta humana. Nessa região, o cultivo do feijão realizado por pequenos produtores enfrenta problemas como a seca, a incidência de pragas e doenças, além da falta de tecnologias básicas, como a correção e adubação do solo, fatores que afetam consideravelmente o desenvolvimento da cultura (EMBRAPA, 2013).

Nesse cenário, o uso de tecnologias de baixo custo pode potencializar o desempenho da cultura na região. O uso de bioestimulantes via tratamento de sementes tem sido utilizado para estimular o enraizamento das plantas, visando estimular a absorção de água e nutrientes do solo. Reguladores de crescimento e micronutrientes, presentes em sua constituição, fornecem substâncias análogas aos fito-hormônios produzidos pelas plantas (auxinas, citocininas e giberelinas), e ativam rotas metabólicas importantes nos processos de divisão, aumento no volume e diferenciação celular. A utilização dessas substâncias pode, em alguns casos, melhorar a absorção dos principais micronutrientes, aumentando significativamente a concentração destes, nos primeiros estágios de desenvolvimento da cultura (VIEIRA, 2001).

Outros produtos têm sido utilizados a fim de proporcionar melhorias na resistência das plantas às intempéries. A utilização do silicato de cálcio e magnésio tem sido considerada benéfica para inúmeras espécies de plantas. No solo, possui caráter residual, fato que amplia os efeitos na manutenção da neutralização da acidez do solo e na disponibilização de nutrientes e do próprio silício. Nas plantas, seu transporte e acúmulo podem ser regulados por um processo ativo, que é desencadeado pelo estímulo à proteção por desordens de origem biótica ou abiótica. Seu depósito na parede exterior da epiderme forma

uma dupla camada com cutícula que ajuda na defesa contra as mais variadas adversidades (OLIVEIRA, 2009). Além disso, o silício melhora o aproveitamento da água, devido à baixa transpiração, a partir da redução do potencial hídrico celular, levando ao fechamento dos estômatos; proporciona maior rigidez estrutural dos tecidos e aumenta a resistência mecânica a insetos e fitopatógenos por meio da formação de uma barreira física e produção suplementar de toxinas, que podem agir como substâncias inibidoras. Com relação à produtividade, pesquisas evidenciaram aumento da produtividade, promovidos pelo uso de silicatos em diferentes culturas (ROCHA, 2011).

Os diferentes resultados obtidos por meio da pesquisa em várias espécies de plantas e a escassez de trabalhos que envolvam a utilização desses produtos na cultura do feijão evidenciam a necessidade de estudos mais abrangentes nessa cultura, em especial na região nordeste do Brasil. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da presença e ausência de bioestimulantes e doses de silício no desempenho agrônômico da cultura do feijão na cidade de Vitória da Conquista - BA.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cultura do feijão

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada entre as demais do gênero *Phaseolus*. Atualmente, o Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão comum, atingindo produção de 2,83 milhões de T ha⁻¹ na safra 2012/13. Em 2013, os principais estados produtores foram Paraná (691 T ha⁻¹; 23,21 %), Minas Gerais (565 mil T ha⁻¹; 18,98 %), Goiás (293 mil T ha⁻¹; 9,86 %), Mato Grosso (280 mil T ha⁻¹; 9,42 %) e Bahia (274 mil T ha⁻¹; 9,21 %) (AGRIANUAL, 2014).

O cultivo do feijoeiro no Brasil é realizado em três épocas diferentes, que são conhecidas como a safra “das águas”, que ocorre de agosto a novembro, predominantemente na região Sul; a safra “da seca”, realizada de janeiro a março, na maioria dos estados produtores; e a safra “de inverno”, que abrange de abril a julho, nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. As duas primeiras safras são responsáveis por 90% da produção nacional e, em grande parte, oriunda da agricultura familiar, concentrada em 2,9 milhões de hectares de produtores de pequeno a médio porte. Apenas 10% provêm de lavouras altamente especializadas, que ocupam áreas de aproximadamente 156.000 hectares (EMBRAPA, 2013).

Os pequenos produtores são responsáveis por 90% da produção nacional e enfrentam diversos problemas. Várias podem ser as causas para a baixa produtividade do feijoeiro, como alto custo dos insumos, ausência de controle de pragas e doenças, não realização de análise de solo, correção e adubação do solo, escassez ou má distribuição de chuvas nas regiões de cultivo, entre outros. Esses fatores contribuem para que a média de produtividade do país seja baixa. Em pequenas propriedades, a produtividade média varia entre 650 a 850 kg ha⁻¹,

apesar do potencial agronômico da cultura, em condições favoráveis, variar de 1.200 kg ha⁻¹ a 4.000 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2013).

Para Freire e outros (2012), as perdas de safra em culturas de subsistência, principalmente no semiárido brasileiro, podem estar relacionadas principalmente com a ausência de correção e adubação do solo e a irregularidade das chuvas.

Carvalho (2008) e Ganem (2013), avaliando sistemas de produção em diferentes culturas na região Sudoeste da Bahia, constataram que a maioria dos produtores não dispõe de informações capazes de subsidiar a fertilização dos solos cultivados, visando aumento na produtividade. Relatam ainda que um pequeno percentual dos produtores realiza calagem, e destes, uma pequena parte utiliza a análise de solo como referência. Na região da Caatinga, por exemplo, a adubação não é realizada em nenhuma propriedade.

2.2 Importância do Silício (Si) na Agricultura

O silício é o segundo elemento mais abundante da superfície terrestre, superado apenas pelo oxigênio. Ocorre principalmente como mineral inerte das areias, quartzo (SiO₂ puro), caulinita, micas, feldspatos e em outros argilomineraissilicatados (EMBRAPA, 2011). O silício está presente na solução do solo como ácido monossilícico H₄SiO₄ (LIMA e outros, 2011) e pode ser proveniente da decomposição de resíduos vegetais, da transformação de compostos minerais no solo e aplicação de fertilizantes silicatados (OLIVEIRA, 2009).

O uso do silício como fertilizante na agricultura ocorre em vários países, como Estados Unidos, Austrália, África do Sul e Japão, este último utiliza o Si no cultivo do arroz há pelo menos seis décadas (RODRIGUES e outros, 2011). No Brasil, o silício foi incluído na Legislação para Produção e Comercialização

de Fertilizantes e Corretivos, sob decreto de lei nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, como nutriente benéfico para as plantas, podendo ser comercializado de forma isolada ou em mistura com outros nutrientes (BRASIL, 2004).

Os benefícios da utilização do silício na agricultura são citados tanto para utilização como corretivo no solo, quanto como fertilizante para as plantas. No solo, os silicatos indisponibilizam metais pesados como o cádmio, cromo, mercúrio, chumbo, níquel e arsênio para as culturas, e ainda melhora os atributos químicos do solo e a nutrição das plantas. Possui ainda reação mais lenta que o calcário, tendo caráter residual, fato importante que contribui para a manutenção da neutralização da acidez do solo e na disponibilização de nutrientes e do próprio silício (PRADO e outros, 2001).

Para Rodrigues e outros (2011), os ânions silicatos aumentam o pH do solo, podendo fazer com que a atividade dos elementos tóxicos seja diminuída, precipitando-os em compostos insolúveis ou formando polímeros de baixa disponibilidade para a planta. Com o alumínio, por exemplo, pode formar hidroxialuminossilicatos (HAS), que reduzem a toxicidade de alumínio em solos ácidos.

Ocorrida a absorção do ácido monossilícico pelas plantas, o mesmo transloca-se através das membranas das células epidérmicas por via apoplástica, simplástica, por difusão ativa, canais de entrada de água ou por meio de proteínas específicas. Seu transporte e acúmulo podem ser regulados por um processo ativo, que é desencadeado pelo estímulo à proteção contra doenças, pragas e outras condições de estresse (OLIVEIRA, 2009).

Na epiderme foliar, a sílica é incorporada à matriz celular, principalmente nas paredes exteriores da epiderme adaxial e abaxial e dentro do lúmen de algumas células, tricomas e nas células buliformes. Seu depósito na parede exterior da epiderme forma uma dupla camada com cutícula, fato que ajuda na defesa contra as mais variadas adversidades (OLIVEIRA, 2009).

A acumulação de silício pelas plantas ainda não é bem compreendido e não se conhece ao certo o mecanismo envolvido na habilidade das raízes em absorver esse nutriente. O que se conhece é que as diferentes espécies de plantas se diferenciam quanto à capacidade de absorver e acumular silício. De forma geral, podem ser classificadas em acumuladoras, em geral, monocotiledôneas, que absorvem o silício ativamente; as consideradas não acumuladoras, como o feijão, que absorve silício a favor de um fluxo de transpiração de forma mais lenta que a absorção de água; e as intermediárias, como a cana-de-açúcar e algumas dicotiledôneas que tem absorção via simplasto na mesma velocidade que a absorção de água.

Teixeira e outros (2008), ao avaliarem fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca, constataram que a cultivar Aporé apresentou maiores teores de Si em comparação com a Pérola. Esse resultado foi confirmado na safra da ‘seca’, quando as cultivares Aporé, seguida pela BRSMG Talismã, acumularam mais silício em suas folhas em relação à cultivar Pérola, podendo-se afirmar que existem diferenças entre os genótipos de feijão quanto ao acúmulo de silício em suas folhas, hipótese esta levantada, mas não testada, por Mauad e outros (2003), em plantas de arroz.

Apesar de não se compreender ao certo os mecanismos envolvidos no processo de absorção do silício pelas plantas, é crescente o número de pesquisas que evidenciam o benéfico da utilização dos silicatos para inúmeras espécies. A tolerância das plantas, associadas ao uso do Si e às condições de seca, por exemplo, tem sido atribuída ao acúmulo de enzimas na parte aérea, indicando ser um mecanismo regulador de mudanças fisiológicas na planta, a partir da redução do potencial hídrico celular, levando, conseqüentemente, ao fechamento dos estômatos e ao desenvolvimento de processos reguladores de perda de água (NERI e outros, 2009).

Além disso, o Si proporciona maior rigidez estrutural dos tecidos e aumenta a resistência mecânica, por deixar as folhas mais eretas; reduz o auto sombreamento e acamamento; aumenta a área fotossintética e absorção de CO₂; provoca aumento no teor de clorofila e retarda a senescência; responde de forma satisfatória a fatores abióticos, como estresse salino, geadas e secas prolongadas, aumenta a resistência a insetos por meio da formação de uma barreira física, além de proteger contra estresses bióticos por meio da diminuição da incidência de patógenos (NEVES e outros, 2012; LIMA e outros, 2011; GAO, 2006).

Gao (2006) observou relação positiva entre o depósito de Si nas folhas e a diminuição da taxa transpiratória e a condutância estomática na cultura do milho submetida a diferentes regimes hídricos, o que evidencia o melhor aproveitamento da água disponível no solo.

Segundo Lima e outros (2011), a aplicação de silício em milho e em feijão-de-corda, sob estresse salino, melhorou o aproveitamento da água devido à baixa transpiração. Neves e outros (2012), ao avaliarem os teores de prolina, aminoácidos e proteínas solúveis em resposta à deficiência hídrica e concentrações de Si em plantas de milho, constataram ser eficaz a utilização do silício no controle do estresse provocado pela deficiência hídrica.

Oliveira (2009) verificou em feijoeiros comuns maior crescimento das raízes em profundidade, aumentando o volume de solo explorado, possibilitando maior absorção de água e nutrientes pela planta, conferindo maior tolerância ao déficit hídrico.

Além da proteção física construída na epiderme das folhas, o Si ativa genes responsáveis pela produção de compostos secundários no metabolismo, como polifenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa das plantas. Há uma produção suplementar de toxinas que podem agir como substâncias inibidoras de patógenos. Como exemplo, pode-se citar a bruzone e mancha parda em arroz, cancro-da-haste em soja, oídio em trigo, soja, pepino,

tomate, rizoctoniose em arroz e sorgo, cercosporiose em cafeeiro, dentre outras (EMBRAPA, 2013).

Com relação à produtividade, pesquisas evidenciaram resultados benéficos promovidos pelo uso de silicatos, como na cana-de-açúcar (PRADO e outros, 2001), no sorgo (ROCHA e outros, 2011). Crusciol e outros (2013) evidenciaram que a aplicação foliar de silício no feijoeiro, aumentou sua concentração na folha, proporcionou maior número de vagens por planta e consequentemente maior produtividade. Entretanto, Teixeira e outros 2008, verificaram que o rendimento de grãos e seus componentes (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de cem grãos) não foram influenciados pela adubação silicatada foliar na cultura.

2.3 Importância dos Bioestimulantes

A cada ano aumenta o uso de produtos para o tratamento de sementes que possuem características de estimular o enraizamento das plantas, visando melhorar a absorção de água e nutrientes do solo. A crescente utilização de bioestimulantes aumenta a formação de raízes, evidenciando que a arquitetura radicular é um aspecto fundamental a ser considerado na produtividade das plantas, especialmente nos ambientes com baixa disponibilidade de água e nutrientes, visto que a estruturação do sistema radicular tem relação direta com o aumento da produção (VIEIRA E SANTOS, 2004).

Segundo Vieira (2005), a mistura de dois ou mais reguladores de crescimento, nutrientes, aminoácidos e vitaminas são designados de bioestimulantes. Esses produtos têm por função fornecer substâncias análogas aos fito-hormônios produzidos pelas plantas (auxinas, citocininas e giberelinas), e ativar rotas metabólicas importantes nos processos de divisão, aumento no volume e diferenciação celular (TAIZ E ZEIGER, 2009). Essas substâncias complementam as reservas da semente, fornecendo de maneira uniforme e

homogênea os principais nutrientes às plantas, aumentando significativamente a concentração destes, nos primeiros estágios de desenvolvimento da cultura (VIEIRA, 2001).

Os bioestimulantes são compostos por ácido L-glutâmico, aminoácidos, coenzimas, nucleotídeos, polímeros de paredes celulares, entre outras funções essenciais, presentes em todos os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, desde a germinação das sementes até a maturação dos frutos (LUZ e outros, 2010).

Com relação aos micronutrientes, apesar de serem exigidos em pequenas quantidades, são elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas, através das funções que exercem no metabolismo das mesmas, atuando como catalisadores de diversos processos fisiológicos e hormonais. Como exemplo, pode-se citar a atuação do ferro, manganês e cobre nos processos fotossintético e respiratório; o zinco e o cobre na desintoxicação celular; manganês e zinco na formação e manutenção da integridade da membrana e parede celular, zinco e boro na regulação e atividade hormonal, entre outros (MALAVOLTA, 2006).

Alguns produtos contêm ainda extrato de alga, que é composto por macro e micronutrientes, carboidratos e aminoácidos, que promove respostas positivas das plantas mediante estresses, aumentando o teor de clorofila e consequentemente a energia disponível às plantas por promover maior enraizamento.

Em países europeus, esses produtos obtidos diretamente do extrato da alga *Ascophyllum nodosum* têm sido utilizados como bioestimulantes em diversas culturas em aplicações foliares ou mesmo diretamente no solo (MÓGOR e outros, 2008).

Vários pesquisadores têm evidenciado o efeito positivo da utilização desses produtos em diferentes culturas. Klahold e outros (2006) verificaram respostas positivas para massa seca de flores, raízes, razão raiz e parte aérea,

número de flores, vagens e grãos e produção por planta na cultura da soja, tratadas com diferentes doses de Stimulate®, via semente e via foliar.

Vieira e Santos (2005), ao realizar tratamento de sementes de algodão com Stimulate®, observaram maior crescimento e desenvolvimento inicial, maior produção de massa seca das plantas, bem como maior velocidade de crescimento radicular vertical.

Ávila e outros (2008) concluíram que o tratamento de sementes de soja com ST10X promoveu a melhoria na qualidade das sementes oriundas destas plantas e incrementou a produtividade em 92% por meio da aplicação foliar do produto.

Na cultura do feijão comum, Ohse e outros (2014), ao avaliarem a germinação e vigor de sementes de feijão-vagem tratadas com micronutrientes, verificaram efeito positivo na germinação e no vigor das sementes.

Neto e outros (2014) verificaram que o uso de Stimulate® 10X (ST10X) no feijão, nas diferentes doses e formas de aplicação, aumentou o número de grãos por planta e a produtividade.

Também Lana e outros (2009) verificaram aumento na produção, sem influenciar o peso de mil grãos. Além disso, concluíram também que a combinação da aplicação de Kelpak e Stimulate®, via semente e foliar no feijão, promoveu maior produtividade da cultura em relação à aplicação somente via semente ou via foliar.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização, clima e solo

O experimento foi conduzido na safra agrícola 2013/14 (semeadura em 5 de dezembro de 2013 e colheita em 10 março de 2014) na área experimental do *campus* da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), localizado no município de Vitória da Conquista - BA, região Sudoeste do estado, nas coordenadas -14° 51' 58" de latitude Sul e 40° 50' 22" de longitude Oeste, com altitude de 941 m.

O município apresenta temperatura média anual de 20,2°C. A precipitação média anual é de 733,9 mm, concentrada nos meses de novembro a março. O clima da região é do tipo subúmido a seco (SEI, 2013).

O solo da área experimental foi classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (VIEIRA e outros, 1998), textura média, relevo plano.

Foi realizada análise química do solo apenas para conhecimento da sua fertilidade, na profundidade de 0-20 cm, visto que não foram realizadas correções e adubações na área, pois um dos objetivos desta pesquisa foi avaliar o desempenho da cultura apenas com a utilização do bioestimulante e das doses de silício nas condições inerentes de fertilidade do solo, simulando apenas o uso desses produtos pelos pequenos produtores. Os resultados da análise química do solo da área experimental estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Análise química do solo (0-20 cm de profundidade) da área experimental. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2013.

| Determinação ^{1/} | | Valores |
|----------------------------|---|---------|
| pH | em água | 5,3 |
| P | (mg dm ⁻³) ^{2/} | 40 |
| K ⁺ | (cmol _c dm ⁻³) ^{2/} | 0,33 |
| Ca ²⁺ | (cmol _c dm ⁻³) ^{3/} | 1,8 |
| Mg ²⁺ | (cmol _c dm ⁻³) ^{3/} | 0,7 |
| Al ³⁺ | (cmol _c dm ⁻³) ^{3/} | 0,2 |
| H ⁺ | (cmol _c dm ⁻³) ^{4/} | 2,3 |
| Na ⁺ | (cmol _c dm ⁻³) ^{2/} | 0,04 |
| S.B | (cmol _c dm ⁻³) | 2,9 |
| T | | 3,1 |
| T | | 5,4 |
| V% | | 54 |
| m% | | 7 |
| PST% | | 1 |

^{1/}: análise realizada no Laboratório de solos da UESB.

^{2/}: Extrator Mehlich – 1.

^{3/}: Extrator KCl 1 mol.L⁻¹.

^{4/}: Extrator solução SMP, pH 7,5 a 7,6.

De acordo com os resultados da análise química do solo da área experimental, pode-se inferir que o solo possui média acidez, baixa toxidez por alumínio e hidrogênio, baixo nível de sódio, altos valores para fósforo e potássio e valores adequados de cálcio e magnésio. Apresenta ainda valores considerados para saturação por bases e CTC.

As variações na temperatura e na precipitação média por decênio, ocorridas durante a condução do experimento, estão apresentadas na Figura 1.

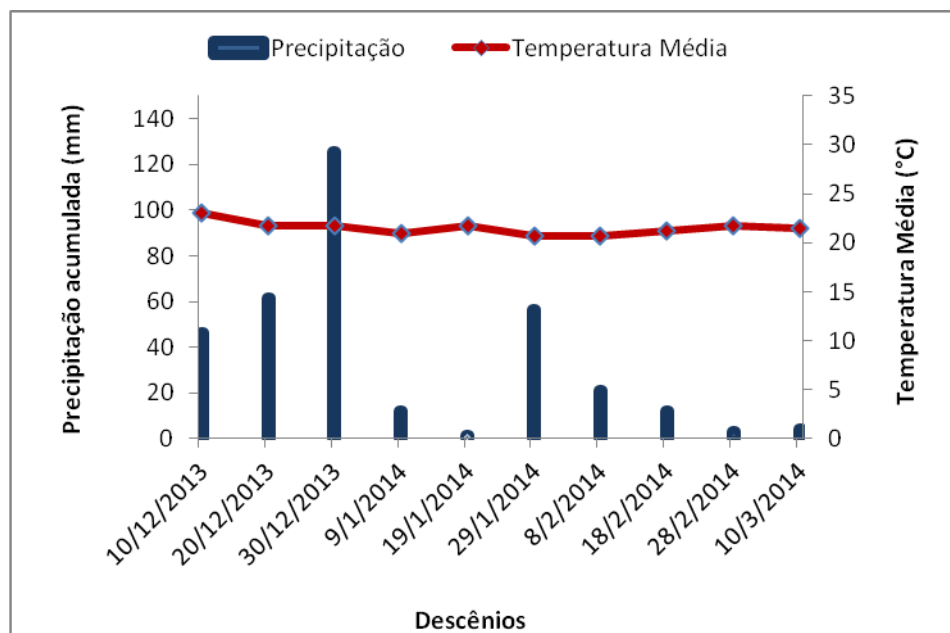


Figura 1. Médias de temperatura e precipitação por decênio, em Vitória da Conquista – BA, no período de 01 de dezembro de 2013 a 10 de março de 2014. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET/ Vitória da Conquista. Estado da Bahia (2015).

As condições de precipitação no município de Vitória da Conquista, ocorridas durante o ciclo da cultura, foram em torno de 340 mm, considerado volume insuficiente para a boa produção da planta de feijão. Nesse sentido, foi realizada uma irrigação complementar com o objetivo de suprir as deficiências hídricas da cultura nos períodos de déficit hídrico prolongado.

3.2 Cultivar avaliada

A cultivar utilizada foi a BRS Ametista, pertencente ao grupo carioca originada da Embrapa Arroz e Feijão. Essa cultivar é indicada para mais de 18 estados brasileiros, incluindo a Bahia e a região de Vitória da Conquista. As principais características da cultivar BRS Ametista estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais características morfológicas e fisiológicas da cultivar BRS Ametista.

| | |
|----------------------------|---|
| Porte da planta | Semiereto |
| Hábito de Crescimento | Indeterminado (tipo III) ramificação aberta |
| Ciclo (colheita) | 90dias |
| Cor da flor | Branca |
| Cor da vagem | Verde na maturação e amarelo areia na colheita. |
| Cor do grão | Bege claro com rajas marrons claras |
| Brilho do grão | Opaco |
| Peso de 100 sementes | 30gramas |
| Potencial de Produtividade | 4.265 kg ha ⁻¹ |

Fonte: EMBRAPA, (2012).

3.3 Bioestimulante e fonte de silício utilizados

O boestimulante utilizado foi o Biocrop 10, fabricado pela empresa Microquímica. O produto é composto de Manganês, Molibdênio, Zinco, Cobre, Boro e Cobalto, além de aminoácido (Ácido L-Glutâmico) e extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*), apresentado na forma de pó micronizado. Foram utilizados dois gramas do produto para cada quilo de semente. No momento da semeadura, as sementes foram levemente umedecidas com água e misturadas ao bioestimulante em saco plástico para uniformização e fixação do produto e, logo em seguida, colocadas no sulco, conforme orientação do fabricante.

Como fonte de silício, foi utilizado o Agrosilício Pó, colocado e incorporado no solo dos sulcos manualmente, no momento da semeadura. As características químicas do produto estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3: Componentes Agrosilício Pó (Silicato de Cálcio e Magnésio)

| Elemento | Forma | Teor |
|-----------------|------------------|-------------|
| Silício | Si | 10,5 % |
| | SiO ₂ | 22,4% |
| Cálcio | Ca | 25,0 % |
| | CaO | 34,9 % |
| Magnésio | Mg | 6,0 % |
| | MgO | 9,9 % |

Fonte: Agronelli Agrícola, (2013)

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 5, sendo a presença e ausência de bioestimulante e cinco doses de silício (0, 200, 400, 600 e 800 kg ha⁻¹), com três repetições, totalizando trinta parcelas. Cada parcela experimental foi constituída de cinco fileiras de 5 metros de comprimento, como espaçamento entre as fileiras de 0,5 metros, totalizando 12 m² cada.

3.5 Instalação e condução do experimento

Antes da instalação do experimento, a área foi submetida ao preparo convencional do solo (aração e duas gradagens) e posterior sulcamento. Foi adotado o espaçamento entre linhas de 0,5 m com população fixada em 200.000 plantas ha⁻¹.

As sementes foram distribuídas manualmente nos sulcos, deixando-se o dobro de sementes necessárias para obtenção da população de plantas desejadas.

A data da emergência das plântulas foi considerada quando 75% das plantas emergiram (oito dias após a semeadura). Após 20 dias da emergência das plântulas, efetuou-se o desbaste manual, mantendo 10 plantas por metro linear, que corresponde à população de plantas desejadas por hectare.

Os tratos culturais e o controle fitossanitário foram realizados de acordo com a necessidade da cultura e seguiram as recomendações técnicas para a cultura do feijão empregadas na região.

As plantas foram colhidas com 92 dias, colocadas para secagem na estufa e, posteriormente, realizada a debulha das vagens. As demais análises foram realizadas posteriormente no Laboratório de Sementes da UESB.

3.6 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância para detecção do efeito de tratamentos, utilizando-se o programa estatístico SISVAR, após teste de homogeneidade e normalidade das variâncias. O efeito do bioestimulante foi verificado pelo “teste F” e os efeitos de doses de silício, quando significativas, foram submetidos à análise de regressão (FERREIRA, 2010).

3.7 Características agronômicas avaliadas

- **Altura de plantas (AP)**

Determinada por ocasião da maturidade fisiológica na haste principal, medindo-se do nível do solo até a inserção da última folha, média de dez plantas tomadas ao acaso na área útil da parcela, com a utilização de uma régua graduada em centímetro.

- **Área foliar (AFO)**

Medida da área foliar de dez plantas, colhidas da área útil da parcela, por ocasião do florescimento pleno com a utilização do equipamento Area Meter, modelo LI-310, LI-COR.

- **Altura de inserção da primeira vagem (AIV)**

Determinada por ocasião da maturidade fisiológica das vagens, medindo-se com uma régua graduada em centímetros do nível do solo até a inserção da primeira vagem no caule, considerando a altura média de dez plantas escolhidas de forma aleatória na área útil da parcela.

- **Comprimento de vagem (CV)**

Média do comprimento das vagens de dez plantas, escolhidas de forma aleatória na área útil da parcela, por ocasião da maturidade fisiológica das vagens.

- **Diâmetro da haste (DH)**

Média das medidas dos diâmetros das hastes de dez plantas da área útil da parcela com a utilização do Paquímetro Digital 150mm/Digimess, realizada por ocasião da maturidade fisiológica das vagens.

- **Número de sementes por vagem (NGV)**

Média do número total de sementes das vagens das dez plantas amostradas, pelo número total de vagens.

- **Número de vagens por planta (NVP)**

Número de vagens por planta, obtido por meio da média do número total de vagens, coletadas em dez plantas da área útil de cada parcela.

- **Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca foliar (MSF), massa seca do limbo (MSL), massa seca do pecíolo (MSP) e massa seca da haste (MSH).**

Foram obtidas por meio dos dados coletados a partir de dez plantas de cada área útil da parcela, por ocasião do início do florescimento, quando a área apresentava aproximadamente 75% das plantas com o primórdio floral. Em laboratório, cada planta foi cortada na altura do colo e suas partes separadas em limbo, pecíolo e haste. Posteriormente, foram colocados em sacos de papel, submetidas à secagem em estufa a 65°C por 24 horas. Após esse período, foram pesados em balança com precisão de 0,001 g e determinado os pesos da matéria seca.

- **Peso de 100 grãos (PCG)**

Contagem de 100 grãos, em triplicata, da massa total de grãos da parcela e realizada a pesagem.

- **Porcentagem de umidade nos grãos (UMD)**

Verificado pelo método da estufa, a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 24 horas, segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

- **Produtividade (PROD)**

Pesagem do total da massa de grãos obtida na parcela, sendo esse valor transformado para kg ha^{-1} e o seu peso corrigido para 13% de umidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Massa seca da haste, massa seca do pecíolo, altura de inserção da primeira vagem, comprimento de vagem, número de grãos por vagem, porcentagem de umidade nos grãos e peso de cem grãos.

O resumo da análise de variância para as características massa seca da haste, massa seca do pecíolo, altura de inserção da primeira vagem, comprimento de vagem, número de grãos por vagem, teor relativo de água, peso de cem grãos e os coeficientes de variação de cada parâmetro analisado estão apresentados na Tabela 4. Não foi observado efeito significativo dos tratamentos para todas as características avaliadas.

Tabela 4 – Resumo das análises de variância dos dados relativos à massa seca da haste (MSH), massa seca do pecíolo (MSP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), comprimento de vagem (COV), número de grãos por vagem (NGV), teor relativo de água (UMD), peso de cem grãos (PCG), os coeficientes de variação e as médias da cultivar de feijão BRS Ametista submetidos à presença e ausência de bioestimulante e cinco doses de silício em Vitória da Conquista – BA, 2015.

| FV | GL | QM | | | | | | |
|-------------------|----|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | MSH | MSP | AIV | COV | NGV | UMD | PCG |
| Bloco | 2 | 1,2 ^{NS} | 0,1 ^{NS} | 2,1 ^{NS} | 1,6 ^{NS} | 0,8 ^{NS} | 2,5 ^{NS} | 1,7 ^{NS} |
| Bioestimulante(B) | 1 | 2,7 ^{NS} | 0,3 ^{NS} | 4,8 ^{NS} | 0,3 ^{NS} | 0,0 ^{NS} | 0,8 ^{NS} | 2,1 ^{NS} |
| Doses (D) | 4 | 0,3 ^{NS} | 0,3 ^{NS} | 1,5 ^{NS} | 0,4 ^{NS} | 0,0 ^{NS} | 3,5 ^{NS} | 0,7 ^{NS} |
| B x D | 4 | 2,2 ^{NS} | 0,5 ^{NS} | 11,5 ^{NS} | 0,9 ^{NS} | 0,7 ^{NS} | 1,5 ^{NS} | 3,3 ^{NS} |
| Resíduo | 18 | 0,9 | 0,2 | 4,2 | 0,5 | 0,5 | 3,4 | 1,9 |
| CV (%) | | 16,2 | 19,4 | 12,7 | 6,2 | 12,9 | 13,2 | 5,7 |

*Significativo a 5% de probabilidade pelo “teste F”.

A precisão experimental estimada pelo coeficiente de variação (C.V.) foi considerada de baixa a média, segundo Pimentel Gomes (2000). Este autor, após analisar experimentos agrícolas, classificou os C.Vs como baixos, quando inferiores a 10%; médios, de 10 a 20%; altos, quando de 20 a 30%; e muito

altos, quando superiores a 30%. Para a cultura do feijão, esta classificação é utilizada de um modo geral para diferentes variáveis, visto que é escasso o uso de C.Vs individuais para cada característica analisada.

4.2 Área foliar, massa seca do limbo e massa seca da parte aérea

O resumo da análise de variâncias individuais para as características área foliar, massa seca do limbo, massa seca da parte aérea, os coeficientes de variação de cada parâmetro estão apresentados na Tabela 5. Foi observado efeito significativo do bioestimulante para as características estudadas. Os coeficientes de variação foram considerados como médios, segundo Gomes (2000).

Tabela 5 – Resumo das análises de variância dos dados relativos à área foliar (AFO), massa seca do limbo (MSL), massa seca da parte aérea (MSPA) e os coeficientes de variação da cultivar de feijão BRS Ametista submetidos à presença e ausência de bioestimulante e cinco doses de silício em Vitória da Conquista – BA, 2015.

| FV | GL | QM | | |
|---------------------------|----|-------------------------|--------------------|---------------------|
| | | AFO | MSL | MSPA |
| Bloco | 2 | 864.866 ^{NS} | 0,23 ^{NS} | 3,60 ^{NS} |
| Bioestimulante (B) | 1 | 15.067.670* | 26,13* | 36,30* |
| Doses (D) | 4 | 1.030.080 ^{NS} | 1,08 ^{NS} | 0,95 ^{NS} |
| B x D | 4 | 5.858.109 ^{NS} | 8,22 ^{NS} | 13,88 ^{NS} |
| Resíduo | 18 | 40.082.998 | 2,05 | 7,86 |
| CV | | 14,77 | 19,03 | 19,18 |

*Significativo a 5% de probabilidade pelo “teste F”.

As médias da área foliar, massa seca do limbo e massa seca da parte aérea da cultivar Pérola, submetidos à presença e ausência de bioestimulante, estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Área foliar (AFO), massa seca do limbo (MSL), massa seca da parte aérea (MSPA) da cultivar de feijão BRS Ametista submetidos à presença e ausência de bioestimulante e cinco doses de silício em Vitória da Conquista – BA, 2015.

| Bioestimulante | AFO (cm²) | MSL (g) | MSPA - Limbo e pecíolo (g) |
|-----------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Presença | 4.281 a | 4,6 a | 6,8 a |
| Ausência | 2.864 b | 2,7 b | 4,6 b |
| Média | 3.572 | 3,67 | 5,7 |

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade.

A presença do bioestimulante aumentou em média 49,48% a área foliar, 70,37% a matéria seca do limbo e 47,83% a matéria seca da parte aérea.

Resultados semelhantes foram observados por Prada Neto e outros (2014), que verificaram efeitos positivos na produtividade da cultura do milho, quando se fez tratamento de sementes com os bioestimulantes Acadian (extrato de alga *Alcophyllum nodusum*), Ever (Acetato de zinco) e Molibdato de potássio.

Lana e outros (2009) também constataram efeitos positivos na combinação da aplicação de Kelpak e Stimulate®, aplicados via semente e foliar no feijão, houve maior produtividade da cultura em relação à aplicação somente via semente ou via foliar.

Ávila e outros (2008) concluíram que o tratamento de sementes de soja com ST10X promoveu a melhoria na qualidade das sementes oriundas destas plantas e incrementou a produtividade em 92% por meio da aplicação foliar do produto.

Battistus e outros (2013), entretanto, ao avaliarem o desempenho da cultura do trigo tratado com enraizador e bioativador de plantas aplicados nas

sementes, verificaram que essas substâncias não exerceram qualquer influência sobre variáveis biométricas e agrônômicas relacionadas com a produtividade.

4.3 Massa seca foliar, altura de planta, diâmetro da haste, número de vagens por planta e produtividade.

O resumo da análise de variância para as características massa seca foliar, altura de planta, diâmetro da haste, número de vagens por planta, produtividade, os coeficientes de variação e as médias de cada parâmetro estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Resumo das análises de variância dos dados relativos à massa seca foliar (MSF), altura de planta (AP), diâmetro da haste (DH), número de vagens por planta (NVP), produtividade (PROD), os coeficientes de variação e as médias da cultivar de feijão BRS Ametista submetidos à presença e ausência de bioestimulante e cinco doses de silício em Vitória da Conquista – BA, 2015.

| FV | GL | QM | | | | |
|---------------------------|----|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
| | | MSF (g) | AP (cm) | DH (mm) | NVP | PROD (Kg ha ⁻¹) |
| Bloco | 2 | 0,5 ^{NS} | 49,6 ^{NS} | 1,4 ^{NS} | 1,3 ^{NS} | 110.133 ^{NS} |
| Bioestimulante (B) | 1 | 28,5* | 1.456* | 0,5 ^{NS} | 4,6 ^{NS} | 9.853 ^{NS} |
| Doses | 4 | 3,5 ^{NS} | 81,1 ^{NS} | 1,8 ^{NS} | 1,7 ^{NS} | 44.669 ^{NS} |
| B x D | 4 | 8,7* | 296* | 3,1* | 19,8* | 257.145* |
| Erro | 18 | 2,3 | 79,4 | 0,6 | 3,6 | 66.598 |
| CV(%) | | 27,8 | 16,5 | 15,1 | 22,1 | 18,67 |
| Média | | 3,6 | 45,7 | 3,60 | 6,5 | 1.047 |

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo “teste F”.

Foi observado efeito significativo do bioestimulante para as características massa seca foliar e altura de planta. Observou-se também efeito significativo da interação bioestimulante x doses para todas as características analisadas.

Na Figura 2 estão apresentadas as equações de regressão para os valores da massa seca foliar em função das doses de silício na presença e na ausência do bioestimulante. Verificou-se efeito quadrática para a presença do bioestimulante e linear positiva para a ausência, nas cinco doses de silício. Os coeficientes de determinação foram 84,2% para a presença e 66,9% para a ausência do bioestimulante.

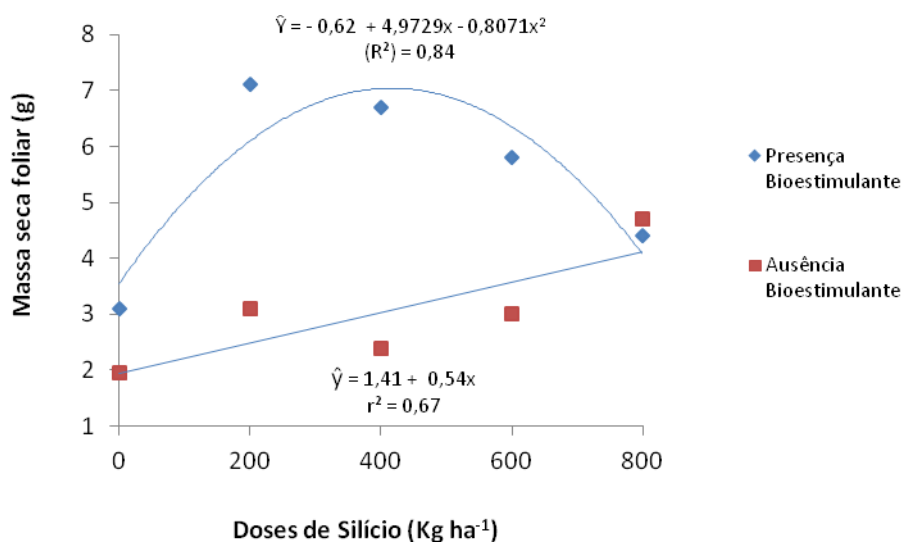


Figura 2: Equação de regressão estimada para os resultados da massa seca foliar que expressam o efeito médio da presença e ausência do bioestimulante nas cinco doses de silício. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2015.

Na presença do bioestimulante, verificou-se aumento na quantidade de massa seca até a dose ótima de 410,6 kg ha⁻¹ de silício, alcançando média de 7,1 g de massa seca por planta, um incremento de 32,3% em relação à dose zero. A partir da qual se observou decréscimo dos teores de MSF, até a dose máxima estudada.

Na ausência do bioestimulante, as plantas apresentaram aumento na MSF de forma crescente, a partir da dose zero até a dose máxima, observada de 800 kg ha⁻¹, quando alcançaram média de 6,0 g de massa seca por planta, 32,5% a mais que a obtida na dose zero, quando a média foi de 1,95 g por planta, o que representa um acréscimo de 0,51 g para cada 100 kg de silício.

Maiores valores de MSF em resposta a doses de Si na presença do bioestimulante pode ser explicada pelo fato do elemento silício (Si), presente na folha, apresentar funções no metabolismo celular. O Si pode ativar enzimas como a peroxidase, quitinase, 1,3-glucanase, polifenoxidase, proteinase, fenilalanina amônia-liase e lipoxigenases (INBAR e outros, 2001; CORREA e outros, 2005). Essas enzimas desempenham um importante papel no metabolismo celular e, dessa forma, há maior acúmulo de massa seca (AGUIRRE e outros, 2007).

Resultados semelhantes foram verificados por Fernandes e outros (2009) ao estudarem a influência de silicato no feijoeiro. A massa seca da parte aérea das plantas foi favorecida pela aplicação de silicato de cálcio, sendo as doses de 2,31 e 6,95 as que apresentaram maior eficiência.

Na cultura do sorgo, Hattori e outros (2005) também verificaram que a aplicação de Si promoveu elevação da taxa fotossintética, aumento da taxa de crescimento e acúmulo de massa seca, devido ao incremento de sólidos nos tecidos vegetais.

Entretanto, já foram relatados alguns casos do efeito prejudicial desse elemento para as plantas. Na cultura do feijão, Korndörfer e outros (2002) verificaram efeito deletério de altas doses de Si, bem como sua interação com outros nutrientes presentes no solo. Essa pode ter sido a causa da redução nos teores de matéria seca foliar na presença do bioestimulante a partir da dose de 410,6 kg ha⁻¹ de Si, observados neste estudo.

Alovisi e outros (2014), ao estudarem a interação entre silício e fósforo em solos cultivados com plantas de feijão, verificaram que a aplicação de Si não influenciou a massa seca de produção da parte aérea ou da matéria seca de grãos e o acúmulo de P na parte aérea das plantas de feijão. Porém, constataram que altas doses de Si aumentou seu acúmulo na parte aérea da planta.

A eficiência dos bioestimulantes, no entanto, possui diferentes relatos em várias culturas, que mudam de acordo com a forma, época de aplicação e cultura (ALMEIDA e outros 2014).

Klahold e outros (2006), ao estudarem a resposta da soja (*Glycine max* L.) à ação de bioestimulante, via tratamento de sementes e foliar, verificaram respostas positivas, obtendo-se acréscimo na massa seca de flores (67,3%), massa seca de raízes (35,2%), razão raiz parte aérea (35,9%) e número de flores por planta (62,5%).

Entretanto, doses elevadas desses produtos podem provocar danos fisiológicos ao desenvolvimento vegetal. Ávila e outros (2008), Klahold e outros (2006) e Vieira (2001) concordam que pode existir um possível desequilíbrio hormonal no vegetal que altere as suas funções metabólicas normais, quando há excesso de nutrientes disponíveis.

Para a característica altura de plantas, verificou-se efeito quadrático para a presença do bioestimulante e linear positiva para a ausência nas cinco doses de silício (Figura 3). Os coeficientes de determinação foram 76% na presença do bioestimulante e 74% na ausência.

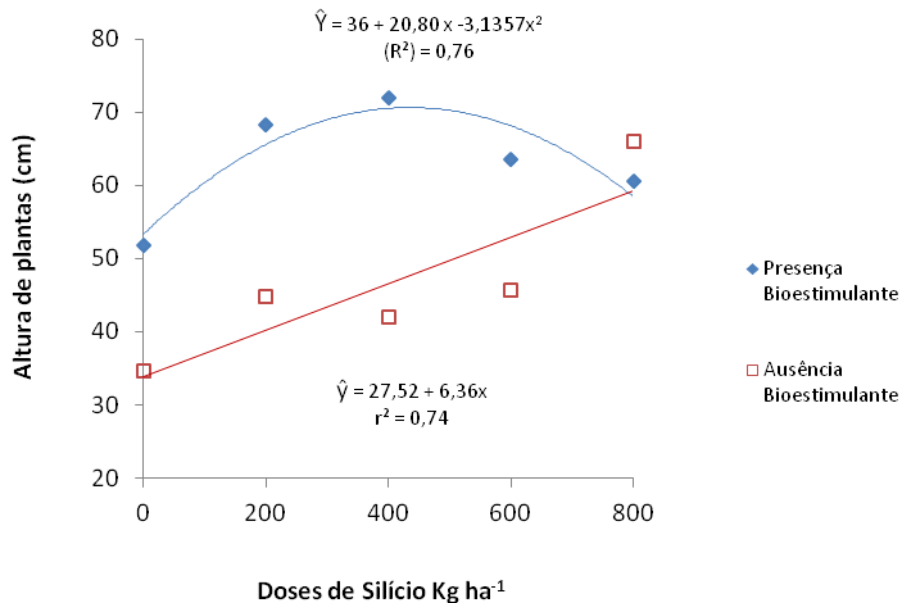


Figura 3: Equação de regressão estimada para os resultados da altura das plantas que expressam o efeito médio da presença e ausência do bioestimulante e das cinco doses de silício. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2015.

Os resultados demonstram que na presença do bioestimulante, houve crescimento das plantas até a dose ótima de 442,3 Kg ha⁻¹ de silício. Nessa dose, as plantas alcançaram média de 70,5 cm de altura, 26,5% a mais, se comparadas àquelas com a dose zero. A partir da dose ótima, verificou-se redução do crescimento, observada até a última dose em estudo.

Na presença apenas do silício, o desempenho das plantas ocorreu de forma linear. Na dose zero, a altura média foi de 34,6 cm, enquanto na dose máxima, alcançaram 66 cm de altura, incremento de 52,42%, ou seja, incremento de 3,92 cm para cada 100 Kg de silício.

Resultados semelhantes foram verificados por Pilon (2011) que, ao avaliar a aplicação de silício solúvel via solo e foliar na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), verificou que a aplicação do silício aumentou a matéria

seca das hastes e a área foliar em comparação àquelas que não receberam tratamento com silício.

Também Pulz e outros (2008), ao avaliarem a influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata, sob deficiência hídrica, verificaram que fornecimento de Si à cultura, mediante a aplicação de silicato, proporcionou maior altura de plantas, menor acamamento das hastes e maior produção de tubérculos comercializáveis.

Como o cálcio (Ca) é um nutriente constituinte da parede celular, presente na composição do Agrosilício, e altera sua resistência à extensão (TAIZ e ZEIGER, 2009) poder-se-ia sugerir que a elevação do conteúdo do silicato de Ca induziu maior resistência à deformação da parede celular, o que explicaria a restrição no crescimento a partir da dose 442,3 Kg ha⁻¹.

O Si, assim como o Ca, também pode afetar diretamente o desenvolvimento vegetal. Como a maior parte do Si na raiz é constituinte da parede celular e a lignificação e suberização são aumentadas com a presença de Si, uma provável explicação para o menor crescimento, em altas doses, seria a ocorrência de alterações nas características mecânicas que afetam a expansão celular (FLECK e outros, 2010).

Além disso, doses combinadas desses produtos podem provocar um efeito limitante ao desenvolvimento vegetal, provavelmente em função do desequilíbrio hormonal provocado pela interação de nutrientes (ÁVILA e outros, 2008; KLAHOLD e outros, 2006; VIEIRA, 2001), que também observaram efeitos desfavoráveis no uso de altas doses de nutrientes.

Na figura 4, estão apresentadas as equações de regressão para os valores do diâmetro da haste em função das doses de silício, na presença e na ausência do bioestimulante. Verificou-se relação quadrática para a presença do bioestimulante e linear positiva para a ausência nas cinco doses de silício. Os

coeficientes de determinação foram 84% na presença do bioestimulante e 91% na ausência.

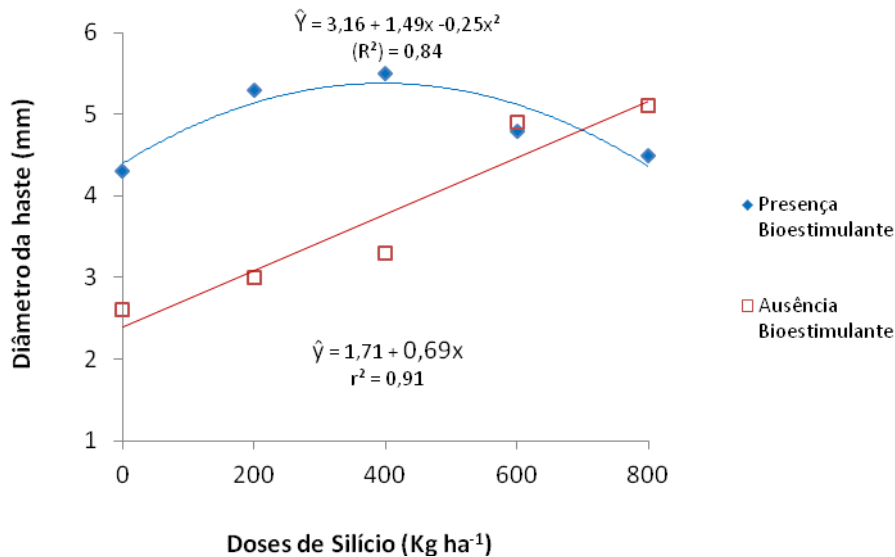


Figura 4. Equação de regressão estimada para os resultados do diâmetro da haste que expressam o efeito médio da presença e ausência do bioestimulante e das cinco doses de silício. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2015.

Para a característica diâmetro da haste, observou-se que, na presença do bioestimulante, houve desenvolvimento do diâmetro da haste a partir da dose zero até a dose de 397,3 kg ha⁻¹, quando a média chegou a 5,38 mm de diâmetro. A partir desse ponto, houve decréscimo no diâmetro das hastes à medida que aumentou as doses de silício.

Na ausência do produto, verificou-se crescimento linear até a dose máxima, cuja média foi de 5,1 mm, 51% a mais que a média verificada na dose zero, quando a média foi de 2,6 mm por planta, o que representa um acréscimo de 0,31 mm para cada 100 kg de silício.

Oliveira e outros (2013), avaliando a aplicação de fontes e modos de aplicação do Si no girassol ornamental produzido em vasos, em casa de vegetação, verificaram que a aplicação do Si aumentou o diâmetro do caule, característica importante que influencia de forma positiva a comercialização do girassol ornamental.

Resultados diferentes, entretanto, foram verificados por Freitas e outros (2011) ao avaliarem adubação foliar com silício na cultura do milho. Esses autores verificaram que o diâmetro da haste não foi influenciado por diferentes doses de Si, nem por diferentes épocas de aplicação.

Como verificado para a característica altura de plantas, o decréscimo dos valores do diâmetro da haste nas plantas, observados na presença do bioestimulante a partir da dose $397,3 \text{ kg ha}^{-1}$, também sugere um desequilíbrio nutricional nas plantas, causado pela grande quantidade de nutrientes disponíveis, que competem no solo pelos mesmos sítios de absorção (KORNDÖRFER e outros, 2002 e FERNANDES e outros, 2009). Além disso, há ocorrência de alterações nas características mecânicas que afetam a expansão celular e o desenvolvimento vegetal (FLECK e outros, 2010).

Estão apresentadas, na Figura 5, as equações de regressão para os valores do número de vagens em função das doses de silício, na presença e na ausência do bioestimulante. Verificou-se relação quadrática para a presença do bioestimulante e linear positiva para a ausência nas cinco doses de silício. Os coeficientes de determinação foram 85% na presença do bioestimulante e 70% na ausência.

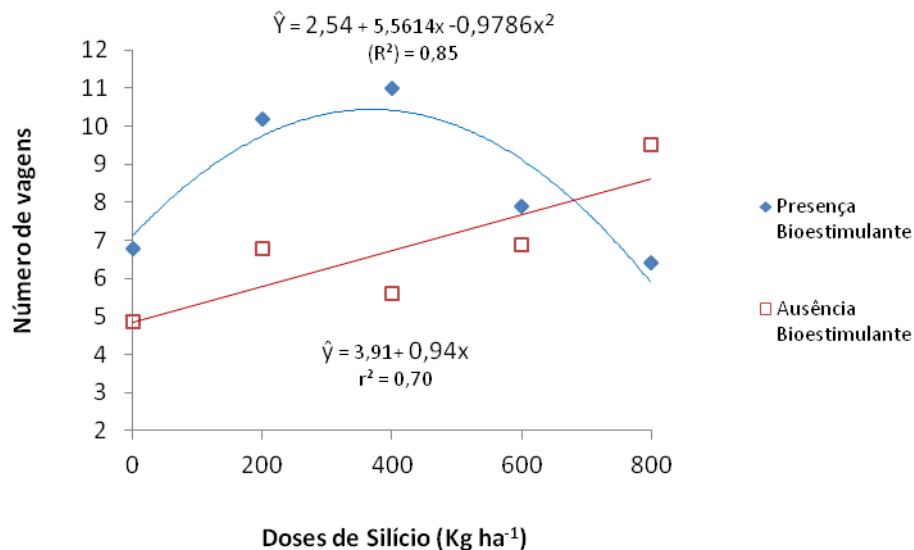


Figura 5. Equação de regressão estimada para os resultados do número de vagens que expressam o efeito médio da presença e ausência do bioestimulante e das cinco doses de silício. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2015.

Para a característica NVP, observou-se que, na presença do bioestimulante, houve aumento do número de vagens até a dose ótima de 378,7 kg ha⁻¹, nesse ponto, foram contabilizadas 10,4 vagens por planta. A partir desta dose, aumentos na concentração de silício provocaram redução no número de vagens.

Na ausência do bioestimulante, o número médio de vagens variou de 4,85 na dose zero para 9,5 na dose 800 kg ha⁻¹, aumento de 51%.

Também Crusciol e outros (2013), ao realizar aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim, verificaram resultados semelhantes, houve aumento no número de vagens por planta, com incremento da ordem de 11%.

Teixeira e outros (2008), ao avaliarem fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca, verificaram que o rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de cem grãos

foi influenciado pela adubação silicatada. Além disso, observou-se que as plantas foram menos suscetíveis às enfermidades, sendo este fator de grande relevância para a diminuição do número de aplicações de fungicidas, o que repercute em menores custos na produção final.

O Si colabora para uma melhor eficiência fotossintética da planta, além de reduzir a transpiração celular, devido à baixa funcionalidade dos estômatos e da camada de cera epicuticular, resultando em maior acúmulo de sólidos nos tecidos foliares. Estes fotoassimilados podem ser translocados para os frutos, que são fortes drenos metabólicos e podem ser um dos fatores responsáveis pelo aumento da produtividade (SILVA, 2007).

Quanto à utilização de bioestimulantes, Neto e outros (2014), em pesquisa realizada com soja, verificaram que o uso de bioestimulantes, nas diferentes doses e formas de aplicação, aumentou o número de grãos por planta e a produtividade dessa cultura.

Alleoni e outros (2000) verificaram que a aplicação foliar de fitohormônios favoreceu o número de vagens por planta, número de internódios, peso de 1000 grãos e produtividade, enquanto que a aplicação nas sementes e via foliar aumentou o stand final de plantas, o número de grãos por vagem e o peso seco das mesmas por ocasião do florescimento.

Entretanto, como verificado para as demais características altas elevadas, promovem desequilíbrio hormonal (ÁVILA e outros, 2008 e KLAHOLD e outros, 2006) que afeta consequentemente o bom funcionamento fisiológico das plantas.

Na figura 6, estão apresentadas as equações de regressão para os valores da produtividade em função das doses de silício, na presença e na ausência do bioestimulante. Verificou-se relação quadrática para a presença do bioestimulante e linear positiva para a ausência nas cinco doses de silício. Os

coeficientes de determinação foram 90% na presença do bioestimulante, 86% na ausência.

Verifica-se que a característica produtividade seguiu o mesmo padrão observado para as demais características estudadas: matéria seca foliar, altura de plantas, diâmetro da haste e número de vagens.

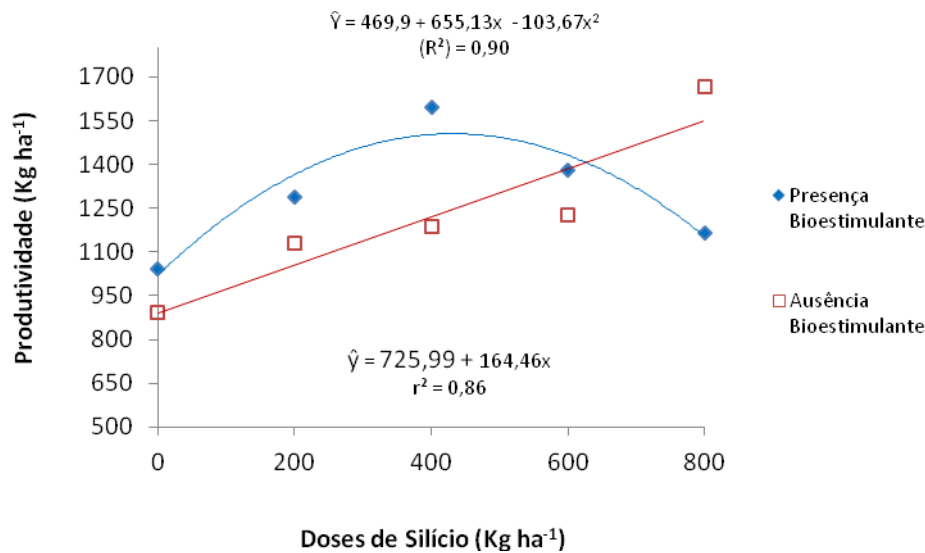


Figura 6. Equação de regressão estimada para os resultados da produtividade que expressam o efeito médio da presença e ausência do bioestimulante e das cinco doses de silício. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2015.

Na presença do bioestimulante, a produtividade foi crescente até a dose ótima de 421,3 kg ha⁻¹ de silício, alcançando média de 1594,9 kg ha⁻¹, incremento de 32,3% em relação à dose zero. Posteriormente, observou-se decréscimo na produtividade.

Na ausência do bioestimulante, a produtividade cresceu linearmente, até a dose máxima estudada, como observado para as demais características. Na dose zero, verificou-se produtividade média de 890,45 kg ha⁻¹. Na dose máxima

de 800 kg ha⁻¹, a média foi de 1.664 kg ha⁻¹, um incremento de 774,05 Kg ha⁻¹ de feijão.

Resultados positivos também foram verificados por Moreira (2010) que, ao avaliar a produtividade da soja submetida a três aplicações de silicato de potássio via foliar, relatou aumento de produtividade da ordem de 19 sacas por hectare, justificando o incremento pela maior produção de matéria seca das plantas.

Crusciol e outros (2013), ao avaliarem a aplicação via foliar de Si na soja, feijão e amendoim, constataram elevação nos teores de Si, proporcionando aumento na produtividade de grãos das três culturas, na ordem de 14, 15 e 9,6%, respectivamente, para as culturas da soja, feijão e amendoim.

Marodin e outros (2014), ao estudarem a produtividade do tomateiro em função de fontes e doses de silício, observaram ganho na produtividade até a dose 401 ton. ha⁻¹, a partir da qual observou-se queda na produtividade. Segundo esses autores, essa queda deve-se, provavelmente, ao desequilíbrio nutricional provocado pela disputa do Si com outros íons que competem pelos mesmos sítios de absorção no solo (KORNDÖRFER e outros, 2002) e (FERNANDES e outros, 2009).

Lopes (2006) constatou que o silício pode estimular o crescimento e a produção vegetal por meio de várias ações indiretas. Dentre essas ações, a diminuição do autossombreamento, decréscimo na suscetibilidade ao acamamento, maior rigidez estrutural dos tecidos, a proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxidez de Al, Mn, Fe e Na, a diminuição na incidência de patógenos e o aumento na proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos.

Com relação ao uso de bioestimulantes, Neto e outros (2014), trabalhando com soja, verificaram que o uso de bioestimulantes, nas diferentes

doses e formas de aplicação, aumentou o número de grãos por planta e a produtividade.

Lana e outros (2009), ainda na cultura da soja, concluíram que a combinação da aplicação do bioestimulantes via semente e via foliar resulta em maior produtividade da cultura em relação à aplicação somente via semente ou via foliar.

Alleoni e outros (2000), ao avaliarem o uso de bioestimulantes via foliar no feijão comum, verificaram que a aplicação foliar de fito-hormônios favoreceu a produtividade, enquanto que a aplicação nas sementes e via foliar aumentou o stand final de plantas, o número de grãos por vagem e o peso seco das mesmas por ocasião do florescimento.

Entretanto, é necessário que se tenha conhecimento das doses utilizadas, para que as mesmas não provoquem desbalanços hormonais e consequentes efeitos fisiológicos negativos ao crescimento e desenvolvimento vegetal (ÁVILA e outros, 2008; KLAHOLD e outros, 2006).

De forma geral, ao analisar o incremento nos valores das características agrônômicas estudadas, verifica-se efeito benéfico da utilização do bioestimulante e do silício na cultura do feijão.

O uso apenas do silício favorece um bom desempenho do feijoeiro, porém, são necessárias doses elevadas para que se tenham respostas satisfatórias. Considerando a utilização combinada da dose média de silício ($410,6 \text{ kg ha}^{-1}$ para matéria seca; $442,3 \text{ kg ha}^{-1}$ para a altura de plantas; $397,3 \text{ kg ha}^{-1}$ para o diâmetro da haste; $378,7 \text{ kg ha}^{-1}$ para o número de vagens; e $421,3 \text{ kg ha}^{-1}$ para a produtividade), com média geral de 410 kg ha^{-1} combinando com o bioestimulante, que é um produto de baixo custo e encontrado facilmente no mercado, o produtor pode aumentar a produtividade com um bom custo benefício e manter o solo em condições mínimas necessárias ao cultivo, já que a acidez do solo é neutralizada pela ação do silicato.

5. CONCLUSÕES

Para as condições em que foi realizada esta pesquisa, pode-se concluir que:

A cultivar de feijão BRS Ametista responde de forma positiva ao silicato de cálcio e magnésio.

Ao se associar o silicato de cálcio e magnésio com o bioestimulante, constatou-se que a maior produtividade foi verificada com quase a metade da dose do silicato.

O uso de silicato de cálcio e magnésio traz ganhos expressivos na produtividade, podendo ser recomendada para os produtores da região que não fazem calagem nem adubação.

6. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2014. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Informa Economics South America/FNP, 2014. 463 p.

AGUIRRE, C.; CHÁVEZ, T.; GARCÍA, P.; RAYA, J. C. El silício em los organismos vivos. **Interciência**, v.32, p.504–509, 2007.

ALOVISI, A. M. T.; NETO, A. E F.; CARNEIRO, L. F.; CURTI, N.; ALOVISI, A. A. Silicon-phosphorus interactions in soils cultivated with bean plants. *Acta Scientiarum*. v. 36, n. 1, p. 79-86, 2014.

ALMEIDA, A. Q.; SORATTO, R. P.; BROETTO, F.; CATANEO, A.C. Nodulação, aspectos bioquímicos, crescimento e produtividade do feijoeiro em função da aplicação de bioestimulante. **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 77-88, 2014.

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Publicatio UEPG**, v. 06, n. 01, p. 23-35, 2000.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soy bean seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 604-612, 2008.

BATTISTUS, A. G.; KUHN, O. J.; STANGARLIN, J. R.; HOFFMANN, M. R. B.; STÜLP, J. L. S.; ADEMAR NOVAIS ISTCHUK, A. N. Comportamento da cultura do trigo tratado com enraizador e bioativador de plantas. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 12, n.1, p.17-29, 2013.

BRASIL. Decreto n. 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm. Data de acesso 26 de novembro de 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS. 395p. 2009.

CARVALHO, F. M. **Caracterização do sistema de produção (*Manihot esculenta* Crantz) em treze municípios da região sudoeste da Bahia**. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia) Vitória da Conquista-BA, 2008.

CARVALHO, R.; FURTINI NETO, A. E.; CURTI, N.; FERNANDES, L. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. C. Dessorção de fósforo por silício em solos cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 69-74, 2000.

CORREA, R.S.B.; MORAES, J.C.; AUAD, A.M.; CARVALHO, G.A. Siliconandacibenzolar-s-methyl as resistancenducers in cucumber, againstthefly*Bemisiatabaci*. **Neotropical Entomology**, v.34, p.429-433, 2005.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P., G. S.A. CASTRO.; COSTA C. H. M.; NETO J. F. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 404-410, 2013.

EMBRAPA. **Informações Técnicas para o Cultivo do Feijoeiro Comum na Região Nordeste Brasileira 2013-2014**. Disponível em http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2013/doc_181.pdf. Data de acesso: 16 de out. 2014.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados de conjuntura da produção de feijão (*Phaseolusvulgaris* L.) no Brasil**. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/apps/socioeconomia/index.htm>. Data de acesso: 13 julho de 2014.

EMBRAPA. **O Silício e a Resistência das Plantas ao Ataque de Fungos Patogênicos**. Disponível em: <http://terere.cpa0.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo1.html>. Data de acesso: 26 de novembro de 2014.

EMBRAPA. **BRS Ametista - cultivar de feijoeiro comum carioca com grãos graúdos e resistência a doenças**. 2012. Comunicado Técnico. Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/transferencia/informacoestecnicas/publicacoesonline/comunicadotecnico_206.pdf. Data de acesso: 17 de agosto de 2014.

FERNANDES, F. A.; BULL, L. T. CORRÊA, J. C. CRESPAM, D. R. Influência de silicato e calcário na decomposição de resíduos culturais e disponibilidade de nutrientes ao feijoeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 33, p. 935-945, 2009.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análise estatística para dados balanceados. SISVAR**.Lavras: UFLA/DEX, 2005.

FLECK, A.T.; NYE, T.; REPENNING, C.; STAHL, F.; ZAHN, M. & SCHENK, M.K.Silicon enhances suberization and lignification in roots of rice (*Oryza sativa*). **Journal of Experimental Botany**. 2010.Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3060683>. Data de acesso: 30 de setembro de 2014.

FERREIRA, D. F. SISVAR - **Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras - MG: UFLA, 2010.

FREIRE, F. M. et al. Fertilidade dos Solos. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1) Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/Cultivo doMilho_8ed/feranalise.htm>. Acessado em: 02/09/2013.

FREITAS, L. B.; COELHO, E. M.; MAIA, S. C. M.; SILVA, T. R B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 58, n.2, p. 262-267, 2011.

GANEM, E. L. O. **Caracterização dos sistemas de produção de milho no município de Vitória da Conquista – BA: estudo de caso**. 103 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia) Vitória da Conquista-BA, 2013.

GAO, X. Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. **Journal of Plant Nutrition**. v.29, p.1637–1647, 2006.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

HATTORI, T.; INANAGA, S.; ARAKI, H.; AN, P.; MORITA, S.; LUXOVÁ, M. & LUX, A. Application of silicone enhanced drought tolerance in sorghum bicolor. **Physiologia Plantarum**, v. 123, p. 459-466, 2005.

INBAR, M.; DOOSTDAR, H.; GERLING, D.; MAYER, R.T. Induction of systemic acquired resistance in cotton by BTH has a negligible effect on phytophagous insects. **Entomologia Experimental iset Applicata**, v.99, p.65–70, 2001.

KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R. L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E.; CORRÊA, G. F. Influence of silicon on grain discoloration and upland rice growth in four Savanna soils of Brazil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 1, p. 93-102, 1999.

KORNDÖRFER, G.H.; LEPSCH, I. Effect of silicone on plant growth and yield. In: DATNOFF, L.E.; KORNDÖRFER, H.K.; SNYDER, G.H. Silicon in Agriculture. 1. p.Elsevier. **Science B.V.**, Amsterdam, The Netherlands. 2001.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M.S.; **Silicato de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: UFU/ICIAG, 2002. (GPSI-ICIAG-UFU. Boletim técnico 01). 23 p.

LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GOZUEN, C. F.; BONOTTO, I.; TREVISAN, L. R. Aplicação de reguladores de crescimento na cultura do feijoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 13-20, 2009.

LIMA, M. de A.; CASTRO, V. F. de; VIDAL, J. B.; ENEAS, F. J. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica** [online]. 2011, vol.42, n.2, pp. 398-403. ISSN 1806-6690.

LOPES, F. C. A. **Efeito de Fontes de Silício no Controle de *Fusariumoxysporum* f. Sp. *Lycopersici* em Tomateiro (*Lycopersiconesculentum*. Mill.)**. 2006. 78 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Lavras, 2006.

LUZ, J. Q. M.; OLIVEIRA, G.; QUEIROZ, A. A. CARREON, R. Aplicação foliar de fertilizantes organominerais em cultura do alface. **Horticultura Brasileira**. Campinas. v. 28, n 3, p. 373-377, 2010.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALI, M.; AERY, N. C. Effect of silicon on growth, biochemical constituents, and mineral nutrition of cowpea. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 6, p. 1041-1052, 2009.

MARODIN, J. C. **Produtividade, qualidade físico-química e conservação pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes e doses de silício**. Guarapuava: UNICENTRO, 2011. 64p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).

MARODIN, J. C.; RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; SILVA, M. L. S.; GALVÃO, A. G.; ZANIM, D. S. Produtividade do tomateiro em função de fontes e doses de silício. **Horticultura Brasileira**. v. 32, n.2, p. 220-224. 2014.

MAUAD, M.; FILHO, G. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; CORRÊA, J. C. Teores de silício do solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 04, p. 867-873, 2003.

MOREIRA, A. R. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 3, p. 413-423, 2010.

NERI, D. K. P. GOMES, F. G.; MORAES, J. C.; GÓES, G. B. MARROCOS, S. T. P. Influência do silício na suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho. **Ciência Rural** [online]. 2009, vol.39, n.6, 2009.

NETO, D. D.; DARIO, G. J. A.; BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. N. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n1, p. 371-379, 2014.

NETO, H. P. **Efeito da adubação com diferentes formas e concentrações de fósforo disponíveis no substrato de mudas de cafeeiros**. 2008. 43 p. Trabalho de conclusão de curso (Monografia). Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, 2008.

NEVES, M. G.; Silva, J. N.; Silva, L. S.; Souza, L. C. **Teores de Prolina, Aminoácidos e Proteínas Solúveis Totais em Resposta a Deficiência Hídrica e Concentrações de Silício em Plantas de Milho**. Anais do XXIX Congresso Nacional de milho e sorgo - Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012.

OHSE, S.; GODOI, L. B.; REZENDE, B. L. A.; OTTO, R. F.; GODOY, A. R. Germinação e vigor de sementes de feijão-vagem tratadas com micronutrientes. **Visão Acadêmica**, v.15, n.1, p. 27-39, 2014.

OLIVEIRA, L. A. **Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição e tolerância ao cádmio**. 2009. 157 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, João T. L.; CAMPOS, Vinícius B.; CHAVES, Lúcia H. G. GUEDES F. D. H. Crescimento de cultivares de girassol ornamental influenciado por doses de silício no solo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. [online]. 2013, vol.17, n.2, p. 123-128.

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. 68p.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 134, p. 14-20, 2011.

ROCHA, L. C. M.; PRADO, R de M.; ALMEIDA, T. B. F. Efeito residual da escória de siderurgia como fonte de silício para a cultura do sorgo. **Revista da FZVA**, 2011, v.18, p. 101-115.

SILVA, D.J.H.; VALE, F.X.R. **Tomate: Tecnologia de produção**. Viçosa, MG. UFV; Brasília, DF, Ministério do Desenvolvimento Agrário. 2007.

SEI - Superintendência de estudos sociais e econômicos da Bahia. **Estatísticas dos Municípios Baianos EMB**, Salvador, v.4, n.1. 2013. Disponível em http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=76&Itemid=110. Data do acesso: 30 de agosto de 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
TEIXEIRA, I. R.; SILVA, R. P.; SILVA, A. G.; KORNDÖRFER, P. H. Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 562-568, 2008.

VIEIRA, E. I.; NASCIMENTO, E.J. do; PAZ, J.G da. **Levantamento ultradetalhado de solos do campus da UESB em Vitória da Conquista – BA.** Boletim técnico do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, 1998. 37p.

VIEIRA, E. L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja, feijoeiro e arroz.** 2001. 122 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ, Piracicaba, 2001.

VIEIRA, E.L.; SANTOS, C.M.G. **Estimulante vegetal no crescimento e desenvolvimento inicial do sistema radicular do algodoeiro em rizotrons.** In: “V” CRONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2005.

VIEIRA, L. V.; CASTRO, P. R. C. **Ação de bioestimulante na cultura da Soja** (*Glycine max* (L.) Merrill). Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004.