



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

QUALIDADE FISIOLÓGICA EM SEMENTES DA CULTIVAR BRS SEDA SOB
DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SILÍCIO

HALINNA CAVALCANTE DA NÓBREGA NEVES

AREIA - PB
SETEMBRO DE 2013

HALINNA CAVALCANTE DA NÓBREGA NEVES

**QUALIDADE FISIOLÓGICA EM SEMENTES DA CULTIVAR BRS SEDA SOB
DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SILÍCIO**

Trabalho de graduação apresentado ao curso de
Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento
às exigências para obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Leossávio César de Souza

**AREIA – PB
SETEMBRO DE 2013**

HALINNA CAVALCANTE DA NÓBREGA NEVES

**QUALIDADE FISIOLÓGICA EM SEMENTES DA CULTIVAR BRS SEDA SOB
DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SILÍCIO**

Aprovado em: / /

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. Leossávio César de Souza
(Orientador)**

**Eng. Agro M.Sc. Antônio Alves de Lima
(Examinador)**

**Prof. Dra. Maria do Socorro Rocha
(Examinadora)**

**AREIA – PB
SETEMBRO DE 2013**

Aos meus pais, Hélió da Nóbrega Neves e Zélia Cavalcante da Nóbrega Neves por me ensinarem muito sobre a vida.

Ao meu marido Manoel Fausto de Oliveira Neto pelo incentivo e apoio durante todo o curso.

Ao meu filho Davi pela felicidade e força que ele me proporciona.

Aos meus irmãos Halanna, HamandaHittler, e aos meus sobrinhos Luca, Lícia e Ana Livia.

DEDICO

AGRADECIMENTOS:

A DEUS, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia e minha força.

Aos meus pais Hélio da Nóbrega Neves e Zélia Cavalcante da Nóbrega Neves que sempre me apoiaram nos estudos e nas horas difíceis e não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Ao meu marido Manoel Fausto de Oliveira Neto por estar presente em todos os momentos de minha vida acadêmica, e por ter acreditado em mim.

Ao meu filho (Davi) pela felicidade e vontade de viver.

Aos meus irmãos Hamanda, Halanna e Hittler que torceram muito por min.

Aos meus sobrinhos Lícia, Luca e Ana Livia pelos momentos alegres por estarem sempre ao meu lado.

Aos meus sogros Roberto e Cleide, pela presença e apoio.

À minha avó, Dona Francisca.

Aos meus amigos Givanildo, Lúcia, Valéria, Maria Sueli, Leandro e Beatriz pelas dicas durante o experimento deste trabalho, vocês foram fundamentais, dentre outros amigos que sempre me desejaram o bem.

Aos funcionários do laboratório de análise de sementes e da Universidade, em especial Rui Barbosa e Antonio Alves que lutaram juntamente comigo para que esse trabalho fosse realizado.

Ao Professor Dr. José Ferreira da Costa Filho, ao qual foi meu orientador de monitoria da disciplina Meteorologia e Climatologia.

Ao professor Dr. Valter pela ajuda na estática do trabalho.

Ao meu orientador, professor Dr. Leossávio César de Souza, pelo apoio, dedicação, consideração, amizade e muita paciência na orientação deste trabalho.

A todos os funcionários do CCA/UFPB.

A todos os professores do Centro de Ciências Agrárias que foram fundamentais para a minha formação profissional.

Obrigada a todas as pessoas que contribuíram para meu sucesso e para meu crescimento como pessoa. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês.

MINHA ETERNA GRATIDÃO!

SUMÁRIO

	Pág
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. A História e origem do gergelim.....	3
2.2. Cultura do gergelim e sua importância.....	4
2.3. Qualidade fisiológica das sementes.....	6
2.4. Adubação mineral e o Silício (Si).....	6
2.5. Tratamento de sementes com silício (Si).....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Localização do experimento.....	11
3.2. Condução do experimento.....	11
3.3. Delineamento e análise estatística.....	12
3.4. Variáveis avaliadas.....	12
3.4.1. Germinação (G).....	12
3.4.2. Primeira contagem de germinação (PCG).....	12
3.4.3. Índice de velocidade de germinação (IVG).....	13
3.4.4. Comprimento de plântulas (CP).....	13
3.4.5. Matéria seca de plântulas (MS).....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1. Germinação.....	15
4.2. Primeira contagem.....	17
4.3. Índice de velocidade de germinação.....	17
4.4. Comprimento de plântula.....	18
4.5. Matéria seca de plântulas.....	19
5. CONCLUSÕES.....	21
6. REFERÊNCIAS.....	22

LISTA DE TABELAS

	Pág
Tabela 1. Resumo da análise de variância dos dados referentes Germinação (G - %), Primeira contagem (PC - %), Índice de velocidade de germinação (IVG - %), Comprimento de plântulas (CP - cm) e Matéria Seca (MS - g).....	15

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Tratamento das sementes com diferentes doses de silício.....	11
Figura 2. Primeira contagem de germinação.	13
Figura 3. Medição do comprimento de plântulas.	14
Figura 4. Germinação em função das doses de Si.....	16
Figura 5. Índice de velocidade de germinação em função das doses de Si.....	18
Figura 6. Comprimento de plântulas em função das doses de Si.....	19

NEVES, Halinna Cavalcante da Nóbrega. **Qualidade fisiológica em sementes da cultivar BRS Seda sob diferentes concentrações de silício**. Areia – PB: CCA/UFPB, 2013. 26f.: il.

Resumo – O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma das espécies mais antigas cultivada pelo homem, pertencente à família *Pedaliaceae*. É a nona oleaginosa mais cultivada no mundo. A produção mundial é estimada em 3,16 milhões de toneladas, com produtividade de 481,40 kg/ha. Seu cultivo apresenta grande potencial econômico, em virtude da diversificada forma de exploração, seja no mercado interno quanto no externo. Um dos entraves enfrentados pelos agricultores do Nordeste brasileiro é além de outros fatores, a baixa qualidade das sementes adquiridas, que acarreta prejuízos para os agricultores e para a economia nacional. O gergelim ainda é pouco estudado sobre sua qualidade fisiológica. Este trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes doses de silício sobre a germinação de sementes de gergelim. O experimento foi conduzido no município de Areia - PB no LAS/UFPB. As sementes de gergelim cultivar BRS Seda foram submetidas aos tratamentos (0 mL; 0,3 mL; 0,55 mL; 1,05 mL; 1,55 mL) com o produto Sifol[®] e semeadas. As variáveis analisadas foram germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântula e matéria seca de plântulas. O experimento foi realizado em DIC, com 5 tratamentos e 5 repetições. Os dados foram analisados por análise de variância e ajustados por equações de regressão por meio do programa estatístico SAS. Ocorreu ajuste linear para a variável comprimento de plântulas e quadrático para germinação e índice de velocidade de germinação. Estudos sobre a qualidade fisiológica e uso do silício na cultura do gergelim ainda são escassos necessitando, portanto, de novas pesquisa para comprovação dos resultados aqui obtidos.

Palavras chaves: *Sesamum indicum*, micronutrientes, vigor.

NEVES, Halinna Cavalcante da Nóbrega. **Physiological quality BRS Seda under different concentrations of silicon**. Areia – PB: CCA/UFPB, 2013. 26f.:il.

Abstract - Sesame (*Sesamum indicum* L.) is one of the oldest species cultivated by man, belonging to the family Pedaliaceae. It is the ninth most widely grown oilseed in the world. World production is estimated at 3,16 million tons, with a productivity of 481,40 kg / ha. Its cultivation has great economic potential, due to the diverse forms of exploitation, whether domestically and externally. One of the barriers faced by farmers in Northeast Brazil is among other factors, the low quality of seeds acquired, which is detrimental to farmers and to the national economy. Sesame has been little studied on physiological quality. This study aimed to evaluate the influence of different doses of silicon on the germination of sesame seeds. The experiment was conducted in Areia - PB in LAS / UFPB. Sesame seeds BRS Seda were treated (0 mL, 0,3 mL, 0,55 mL, 1,05 mL, 1,55 mL) with the product Sifol ® and seeded. The variables analyzed were germination, first count, rate of germination, seedling length and seedling dry. The experiment was performed in CRD with five treatments and five replications. Data were analyzed by analysis of variance and adjusted by regression equations using the SAS statistical program. Occurred linear fit to the variable length of seedlings and quadratic for germination and germination speed index. Studies on the physiological quality and use of silicon in the culture of sesame are scarce thus, a new search for proof of the results obtained here.

Key words: *Sesamum indicum*, micronutrients, force.

1. INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma das espécies mais antigas cultivada pelo homem, pertencente à família *Pedaliaceae*. É a nona oleaginosa mais cultivada no mundo. É originária do continente africano e asiático, de onde disseminou para os países de clima quente. No Brasil, foi introduzido pelos portugueses, na região Nordeste, no século XVI, sendo cultivada tradicionalmente para consumo local, em quintais (BELTRÃO; VIEIRA, 2001; BARROS; SANTOS, 2002).

Essa oleaginosa é cultivada em 65 países, especialmente na Ásia e na África. O Japão usa a semente de gergelim como alimento medicinal, constituindo-se em um dos principais países importadores, seguido da China (ARRIEL et al., 2009). A produção mundial é estimada em 3,16 milhões de toneladas, obtidas em 8 milhões de hectares, com produtividade de 481,40 kg/ha (QUEIROGA et al., 2007). Myanmar, Índia e China são os maiores produtores mundiais (FAO, 2011). O Brasil é um pequeno produtor, com 15 mil toneladas produzidas em 25 mil hectares e rendimento em torno de 600,0 kg/ha (QUEIROGA et al., 2007).

O gergelim é uma oleaginosa adaptada às condições semiáridas em diversos países, sendo de alto valor protéico e econômico. Na indústria alimentar é usado principalmente na panificação, na indústria de biscoitos e doces, além de outras realizações na culinária caseira. Na indústria química o óleo apresenta diversos constituintes secundários de suma importância na definição de suas qualidades, em especial a estabilidade química, podendo ser usado ainda na fabricação de margarinas, cosméticos, perfumes, remédios, lubrificantes, sabão, tintas e inseticidas (BARROS et al., 2001).

Segundo Lima (2011), por ser uma alternativa de renda e fonte de proteína para consumo e enriquecimento de outros produtos, aliado aos segmentos fitoterápicos e fitocosméticos, seu cultivo apresenta grande potencial econômico, em virtude da diversificada forma de exploração, seja no mercado interno quanto no externo. Em decorrência da elevada qualidade do óleo, com aplicações nas indústrias alimentícias e óleo-química, o gergelim se encontra em plena ascensão, com aumento anual de aproximadamente 15% na quantidade de produtos industrializáveis para consumo, gerando demanda por produtos *in natura* e mercado potencial capaz de absorver quantidades superiores à oferta atual (BELTRÃO e VIEIRA, 2001).

Um dos entraves enfrentados pelos agricultores do Nordeste brasileiro é, além da escassez de água e da qualidade das terras, a baixa qualidade das sementes adquiridas, que acarreta prejuízos para os agricultores e para a economia nacional. Essa qualidade é fator de extrema importância para que se obtenha a produtividade esperada (AZEVEDO et al., 2003).

No Nordeste, onde a semente é produzida para atender os programas de agricultura familiar, existem poucos trabalhos avaliando a qualidade fisiológica das sementes de gergelim e a aplicação de silício. Este elemento, além de proteger as sementes, quando absorvido podem favorecer o desenvolvimento da planta (ROSOLEM E BOARETTO, 1989). Desta forma, estudos sobre o controle de qualidade de suas sementes são de suma importância para a utilização da cultura.

O procedimento atualmente utilizado para avaliar a qualidade de sementes de gergelim é o teste de germinação, disposto nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Esse teste fornece condições favoráveis ao processo, o que possibilita que o lote expresse sua máxima germinação. Esse tipo de informação pode ajudar na tomada de decisões internas das empresas produtoras de sementes quanto ao destino de determinado lote, quanto à região de comercialização ou à conveniência de armazená-lo ou vendê-lo num curto espaço de tempo. Assim, esses testes são componentes essenciais de um programa de controle de qualidade de sementes (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

Recentemente alguns trabalhos têm sido desenvolvidos objetivando avaliar a influência do silício, na qualidade fisiológica de diferentes espécies (RUFINO, 2010; HARTER e BARROS, 2011; LEITZKE et al., 2012; BOHN et al, 2013).

Este trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes doses de silício sobre a qualidade fisiológica de sementes de gergelim.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. História e origem do gergelim

O gergelim (*Sesamum indicum* L.), planta da família Pedaliácea, é originário da Índia, sendo uma das oleaginosas mais antigas utilizadas pela humanidade, havendo registro de seu cultivo há mais de 4.300 anos antes da era cristã nos países do Oriente Médio, Egito, Irã, Índia e China, sendo classificado, também, como *S. orientale* L. Possui 16 gêneros e 60 espécies, mencionando-se 49 espécies do gênero *Sesamum*, podendo suas cultivares, serem diferenciadas por vários atributos, como altura, ciclo, coloração do caule, das folhas e das sementes, tipo de ramificação e resistência a pragas e doenças (BELTRÃO et al., 2001).

Foi introduzido no Brasil pelos portugueses no século XVI, era plantado tradicionalmente para consumo local, sendo utilizada como "cultura de fundo de quintal" ou em pequenas áreas, e o produto obtido era consumido em nível de fazendas e havia raros excedentes para comercialização. Atualmente, é explorado comercialmente no Centro-Oeste e Sudeste, especialmente no Estado de São Paulo há mais de 60 anos para atender ao segmento agroindustrial de óleos e de alimentos *in natura* (ARAÚJO et al, 2006; EPISTEIN, 2000).

No Nordeste sua exploração comercial teve início em 1986, após a drástica redução do cultivo do algodão. Os maiores produtores do Brasil, em ordem decrescente, são os Estados de Goiás, Mato Grosso e São Paulo, o Triângulo Mineiro e o Nordeste. Como é uma cultura perfeitamente adaptada aos solos e climas brasileiros, a sua produção agrícola deve ser estimulada, não só em função da projeção de aumento do novo mercado energético, baseado no Programa Brasileiro de Biodiesel, mas da possibilidade de exportação de sementes e derivados para países ricos, que parece ser alternativa mais viável para exploração da cultura, devido ao alto valor comercial das sementes e óleo (BELTRÃO; VIEIRA, 2001). Além disso, há um mercado nacional crescente para exploração de seus grãos e óleo, que podem ser usados em vários produtos alimentícios, fitocosméticos e fitoterápicos (QUEIROGA et al., 2008).

O gergelim é uma opção de cultivo rentável, tradicionalmente explorado em pequenas e médias propriedades agrícolas nordestinas, principalmente por ser tolerante à seca, de fácil cultivo e ampla adaptabilidade às condições edafoclimáticas. O maior diferencial da cultura do gergelim ocorreu no final de 2007 com o lançamento da variedade BRS Seda, com frutos deiscentes e com sementes de cor branca, pela Embrapa Algodão (QUEIROGA et al., 2009). Segundo Mazzani e Layrisse (1998), esta variedade atende aos padrões mínimos internacionais de mercado de 50 a 52% de óleo das sementes e de 21% de proteínas nas sementes descascadas,

cujas características intrínsecas da nova cultivar permitindo maior aceitabilidade nos mercados nacional e internacional.

2.2. Cultura do gergelim e sua importância

É uma planta do metabolismo C_3 , denominada assim pelo fato do primeiro produto estável da fotossíntese ser um composto de 3 átomos de carbono. Pode ser considerada anual ou perene, e em função da cultivar, a altura pode variar de 0,5 a 3 m, seu caule é ereto, com ou sem ramificações. Como dicotiledônea, a planta apresenta sistema radicular pivotante. A cultura é extremamente sensível à falta de oxigênio no solo. É considerada por vários autores como autógama. Porém, a polinização cruzada entre plantas, pelos insetos é comum, chegando a ultrapassar 10% de taxa de alogamia, podendo, ocasionalmente atingir 50% (BELTRÃO e VIEIRA, 2001).

Ocupando uma área cultivada em torno de 8 milhões de hectares, o gergelim é uma excelente opção para o semiárido nordestino, podendo servir como alternativa de renda e fonte protéica para os pequenos e médios produtores. Além de que, uma melhoria no sistema de produção que ofereça maior rendimento à cultura nos diferentes ecossistemas onde possa ser plantada, contribuirá para o seu aumento produtivo e redução da necessidade de importação do grão ou óleo (FIRMINO, 2001; FIRMINO et al., 2003).

Conhecido e apreciado pelo povo na antiga Grécia (MOLLER, 2006), tanto que Hipócrates, considerado o pai da medicina, recomendava o gergelim em suas prescrições curativas. As pesquisas atuais revelam que o hábito de comer constantemente o gergelim pode trazer benefícios para a saúde humana, auxiliando na prevenção de várias doenças: depressão, osteoporose (por ser rico em cálcio), colesterol (lecitina) e arteriosclerose. Além disso, o gergelim desempenha importantes funções no organismo humano, tais como: atividade mental, afrodisíaco, laxante e de retardar o envelhecimento das células (QUEIROGA et al., 2007)

O cultivo desta oleaginosa apresenta grande potencial econômico, devido às possibilidades de exploração, tanto no mercado nacional quanto no internacional, visto que suas sementes contêm cerca de 50% de óleo de excelente qualidade que pode ser usado nas indústrias alimentar, química e farmacêutica. A semente pode ser consumida *in natura*, no entanto, o óleo é a principal razão do seu cultivo (BELTRÃO e VIEIRA, 2001).

O óleo é extraído da semente, semelhante ao de oliva, muito rico em ácidos graxos insaturados, como o oléico (47%) e linoléico (41%), que são utilizados na indústria alimentar e química, além de vários constituintes secundários como sesamol, sesamina, sesamolina e gama

tocoferol que determinam sua elevada qualidade, em especial sua estabilidade química devido à resistência à rancificação por oxidação, propriedade atribuída ao sesamol. Além dessas características, o óleo de gergelim apresenta também elevado valor nutricional, devido a quantidades significativas de vitaminas, principalmente do complexo B e constituintes minerais como cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, sódio, zinco e selênio (ARAÚJO et al., 2006).

A torta de gergelim, subproduto da extração do óleo pode ser destinada à alimentação humana e animal, sem quaisquer restrições em virtude de seu alto teor de proteína (39,77%) e baixo teor de fibras (4,7%). Obtida por prensagem dos grãos a torta possui ainda 8,2% de umidade, 12,8% de óleo, 22,8% de carboidratos e 11,8% de cinzas (ARAÚJO et al., 2006).

Apesar de seu grande valor econômico, pelas inúmeras utilidades que sua semente oferece, tanto na parte comestível como, na produção de óleo, o cultivo se restringe a pequenas lavouras com pouco interesse comercial e baixo nível tecnológico (BELTRÃO et al., 1994). No nordeste, a exploração permanece em níveis de subsistência, com poucos excedentes comercializáveis, apesar da boa adaptabilidade da cultura (ANDRADE, 2009).

Nos últimos anos o gergelim tem despertado o interesse de novos produtores e empresários brasileiros que buscam uma cultura alternativa para alimentação e exploração agrícola viável. É um alimento de alto valor nutricional, rico em óleo (50 %) e proteínas (18,6 %), conforme Weiss (1983).

Queiroga et al. (2007), afirmaram que as particularidades agrônômicas, facilidade de cultivo, versatilidade na aplicação industrial e elevado valor nutricional com agregação de renda ao produtor, tem despertado o interesse para utilização do gergelim como alternativa para diversificação agrícola economicamente viável em diversas localidades brasileiras, em função disso, o interesse pelo gergelim vem crescendo anualmente. Entretanto, em razão do nível sociocultural do trabalhador do Nordeste ser bastante avesso às mudanças técnicas, principalmente quando se referem à escolha da espécie a ser plantada, mas no caso particular do gergelim não ficaria difícil sua expansão na região semi-árida se comparada com a introdução de outra cultura absolutamente desconhecida pelo produtor. Além disso, constata-se que a sua expansão no Nordeste é também favorecida pelas seguintes condições: existência de mercado, capacidade ociosa na indústria oleaginosa e por ser considerada uma cultura adaptável em diversos tipos de condições ecológicas da região.

2.3. Qualidade fisiológica das sementes

Um dos fatores limitantes para o sucesso de qualquer cultura é a dificuldade de se obter sementes de qualidade física, fisiológica e sanitária, capazes de proporcionarem o estabelecimento da cultura com população ideal, com plântulas uniformes e vigorosas. Dentre as necessidades, para os agricultores está a obtenção de sementes de alta qualidade, que possibilitem uma emergência rápida e um estande uniforme no campo (KIKUTI et al., 2002).

Segundo Almeida et al. (1997), a análise de sementes é um instrumento de fundamental importância para o produtor de sementes, na aferição empregadas nas diversas etapas do processo de produção, evidenciando falhas ocorridas nas vistorias de campo, nas regulagens das máquinas, no beneficiamento, na secagem ou nas condições de armazenamento, que podem comprometer a qualidade das sementes.

A qualidade fisiológica está relacionada à capacidade da semente desempenhar funções vitais, como a germinação, vigor e longevidade. As pesquisas com gergelim, especialmente sobre o controle de qualidade de suas sementes são fundamentais para a utilização da cultura e se justificam pela potencialidade da espécie e pela escassez de informações referentes à qualidade fisiológica e sanitária com que suas sementes são produzidas, notadamente na região do Nordeste, onde a semente de gergelim é produzida para atender os programas de agricultura de base familiar (QUEIROGA et al., 2010).

Conforme Martins et al. (2002), a avaliação do vigor de sementes, como rotina pela indústria sementeira, tem evoluído à medida que os testes disponíveis vêm sendo aperfeiçoados, permitindo a obtenção de resultados consistentes e reproduzíveis. Alguns testes de vigor podem ser realizados conjuntamente com o teste de germinação. Dentre eles a primeira contagem de germinação, realizada para facilitar a condução do teste de germinação, pode ser considerada um teste de vigor, pois se sabe que no processo de deterioração a velocidade da germinação é um dos primeiros parâmetros a ser afetado.

2.4. Adubação mineral e o silício (Si)

Um correto planejamento da adubação é o primeiro passo para uma alta produtividade com qualidade. O produtor tem a sua disposição vários métodos de fornecer os nutrientes para as plantas, pode-se citar a adubação verde ou orgânica, a adubação mineral de solo, a fertirrigação e

a adubação foliar. A escolha do método mais adequado ou a combinação dos mesmos vai depender da situação e é parte integrante do planejamento da adubação (BRAKEMEIER, 1999).

Os elementos essenciais, para as plantas, são classificados como macro ou micronutrientes, de acordo com a sua concentração relativa no tecido ou de acordo com a concentração requerida para o crescimento adequado da planta. Em geral, as concentrações dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) são maiores do que as dos micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B, Cl, Ni, Na e Si). Os elementos minerais que estimulam o crescimento, porém, não são essenciais (não atendem a todos os critérios de essencialidade) ou os que são essenciais somente para certas espécies ou sob condições específicas, são denominados de benéficos. Entre eles pode-se citar o cobalto, o sódio, o silício, o selênio e o alumínio (LACERDA et al., 2007).

O manejo dos macro e micronutrientes é o que a maioria dos técnicos considera como essencial para a produtividade das culturas. Contudo, em determinadas condições de solo existem elementos chamados “não essenciais”, como o silício (Si), que podem aumentar o rendimento de algumas culturas promovendo vários processos fisiológicos ainda pouco estudados, sendo chamado de benéfico. Devido ao fenômeno da dessilicificação dos solos, o Si é continuamente perdido pelo processo de lixiviação. Os solos tropicais e subtropicais possuem, geralmente, baixos teores de Si disponíveis para as plantas. Estes solos, em determinadas circunstâncias, podem se beneficiar da adubação com Si. Em algumas regiões, o elemento Si pode estar limitando a produção e a sustentabilidade da agricultura. O manejo intensivo e a monocultura são sistemas que podem levar rapidamente ao esgotamento do Si disponível no solo e em consequência reduzir a sustentabilidade da lavoura de cana-de-açúcar (JUO E SANCHEZ, 1986).

O silício é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre e componente majoritário de minerais do grupo dos silicatos. Em solos ocorre principalmente no mineral inerte das areias, o quartzo (SiO_2), bem como na caulinita e outros minerais de argila. O elemento ocorre na solução do solo, como ácido monossilícico, Si(OH)_4 (RAIJ, 1991). Depois do O_2 , é o elemento mais abundante da crosta terrestre, sendo o maior componente de minerais do grupo dos silicatos. Ocorre em altos teores em solos minerais, principalmente na forma de silicatos (MALAVOLTA et al., 1997).

De acordo com os conceitos de essencialidade dos nutrientes minerais, o Si não seria considerado um nutriente essencial, pois as plantas conseguem completar o seu ciclo de vida sem a sua presença, e também porque o Si não participa da constituição de nenhuma molécula essencial à planta (MALAVOLTA et al., 1997). Porém, Epstein (1999) ressaltou que plantas crescendo em ambiente rico em Si diferem daquelas presentes em ambientes deficientes nesse nutriente, principalmente quanto à composição química, resistência mecânica das células,

características de superfície foliar, tolerância ao estresse abiótico, e ao ataque de patógenos e pragas. Assim, a ausência do Si pode ocasionar uma diminuição da capacidade biológica da planta em resistir às condições adversas do meio ambiente onde vive.

Embora a essencialidade do silício tenha sido comprovada apenas para algumas espécies, segundo Lima Filho (2006), o silício é absorvido pelas plantas, em grandes quantidades, inclusive em muitas espécies, os teores encontrados nos tecidos superam aqueles existentes para nitrogênio e potássio, nutrientes que as plantas necessitam em maior quantidade. Estudos científicos têm mostrado que plantas bem supridas com silício, apresentam melhorias na arquitetura da folha e de outros processos no metabolismo vegetal, tendo como consequência maior produção e qualidade. Estresses causados por veranicos, temperaturas extremas, metais pesados, podem ter seus efeitos minimizados com o uso do silício e ainda diminui a suscetibilidade de plantas ao ataque de fungos.

O Si na planta é pouco móvel. Devido à ausência de carga elétrica, acredita-se que a absorção do H_4SiO_4 (ácido monossilícico) é de natureza não seletiva e energeticamente passiva. O transporte do Si da raiz até a parte aérea se dá através do xilema e depende da taxa de evapotranspiração. Suspeita-se que o transporte do Si se dê principalmente através do movimento ascendente da água no interior da planta (JONES; HANDRECK, 1965). Plantas adubadas com Si possuem as folhas mais eretas e, em consequência disso, mais eficientes quanto a capacidade de absorção da luz solar e de realizar fotossíntese. Além disso, pode aumentar a resistência das plantas ao estresse hídrico (FARIA, 2000). Quanto maior o teor de Si na planta, maior a capacidade das plantas em tolerar a falta de água no solo.

No Brasil, o Si foi recentemente incluído como micronutriente benéfico na Legislação para Produção e Comercialização de Fertilizantes e Corretivos, conforme o Decreto Lei nº. 4.954, de 14 de janeiro de 2004, autorizando a sua comercialização de forma isolada ou em mistura com outros nutrientes (SENA e CASTRO, 2010). Pela Instrução Normativa nº. 5, de 23 de fevereiro de 2007, no Anexo II, foram aprovados para comercialização os produtos fertilizantes minerais contendo Si (MAPA, 2011).

Embora não seja um elemento essencial, o Si é considerado, pela Instrução Normativa nº 4 de 17/05/2004/MAPA, um micronutriente benéfico para várias plantas. (BERTALOT et al., 2008).

Os benefícios do silício conferidos às plantas são devidos a sua contribuição para a estruturação da parede celular de raízes e folhas. Portanto, este elemento não tem papel metabólico definido nas plantas e sua ação, segundo Malavolta et al. (1997), provoca efeitos indiretos, os quais, no conjunto contribuem para uma maior produtividade. Conforme Teixeira

etal. (2008), o silício é considerado um elemento benéfico para as plantas, pois pode melhorar a arquitetura das plantas, contribuindo para melhor utilização dos raios solares, podendo ainda reduzir a incidência de pragas e doenças, o que pode possibilitar o aumento da produtividade das culturas.

Segundo Epstein (1999), esse elemento se acumula nos tecidos de todas as plantas e representa de 0,1% a 10% da matéria seca das mesmas, concentrando-se nos tecidos-suporte do caule e das folhas.

De acordo com Raij (1991), o Si tem sido considerado como nutriente essencial para certas culturas, principalmente gramíneas, nas quais os teores do elemento chegam a ser de 10 a 20 vezes maiores do que em dicotiledôneas. Deficiências do elemento tem sido constatadas em solos ricos em óxidos hidratados de ferro e alumínio, e pobres em sílica. Como fontes de silício podem ser citados as escórias de alto-fornos, constituídas de silicatos de cálcio e outros minerais, o silicato de sódio e o termofosfato sílico-magnésiano.

Alguns trabalhos em campo têm demonstrado o efeito benéfico da utilização do silício em diversas culturas. A sua função estrutural na parede celular pode elevar os conteúdos de hemicelulose e lignina, aumentando a rigidez da célula. (CAMARGO et al., 2007).

O silício tem um papel importante na relação planta-ambiente, pois favorece a cultura melhores condições para suportar adversidades edafoclimáticas e biológicas, tendo como resultado final um maior incremento na produção, bem como maior qualidade desta (LIMA FILHO, 2005).

2.5. Tratamento de sementes com silício (Si)

Tratamentos de sementes com micronutrientes já vem sendo testado em algumas culturas, como exemplo disso, Brakemeier (1999b), destaca a importância dos micronutrientes Molibdênio e Cobalto, na cultura da soja que, em geral, os solos brasileiros são muito pobres. A Embrapa recomenda para a cultura da soja a utilização destes dois micronutrientes para todas as regiões do país, independente do pH do solo. O fornecimento pode ocorrer através do tratamento das sementes de soja e/ou via foliar

A tecnologia baseada no uso de silício é limpa e sustentável, com enorme potencial para diminuir o uso de agroquímicos e aumentar a produtividade através de uma nutrição mais equilibrada e fisiologicamente mais eficiente, o que significa plantas mais produtivas, com menos doenças e mais vigorosas. Trigo suplementado com silício pode apresentar maior altura, área foliar, matéria seca, massa de grãos e número de espiguetas em relação a uma planta de trigo com deficiência do elemento. Em condições de estresse hídrico, plantas suplementadas com silício

mantêm maior teor e potencial hídrico e área foliar, além disso, apresentam folhas grossas e densas (Lima Filho, 2005).

Conforme Rosolem e Boaretto (1989) citam o silício como um dos minerais utilizados como tecnologia para formar a barreira branca (filme de partícula hidrofóbica), que além da proteção, ainda são absorvidos e possuem funções fisiológicas no desenvolvimento da planta.

Dentre os efeitos benéficos do silício se destacam o baixo coeficiente de transpiração, com melhor aproveitamento da água, maior teor de clorofila, maior rigidez estrutural dos tecidos com aumento da resistência mecânica das células, folhas mais eretas, área fotossintética maior e maior absorção de CO₂. Somam-se a isto, a diminuição do autossombreamento e redução no acamamento, aumento no número de folhas e peso da matéria seca, atraso na senescência e proteção contra estresses abióticos (Adata e Besford, 1983).

A maioria dos solos tem quantidades consideráveis de silício, mas os plantios consecutivos podem reduzir este elemento necessitando suplementação para aumentar as produtividades (DATNOFF et al., 2001). A aplicação pode aumentar o crescimento e produtividade de diversos cereais e muitas outras plantas dicotiledôneas (BELANGER et al., 1995; SAVANT et AL., 1997).

O tratamento de sementes é uma forma de se alcançar um estande uniforme no campo, e mais vigoroso, sendo o tratamento com micronutrientes uma alternativa. Com isso, o tratamento de sementes com micronutrientes baseia-se no princípio da translocação dos mesmos, da semente para a planta. (RIBEIRO & SANTOS, 1996).

A aplicação do silício através do tratamento de sementes deve ser melhor estudado, visto que esta é uma tecnologia promissora e de baixo custo, e que pode aumentar o valor agregado do produto (BOHN et al., 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido no município de Areia - PB no Laboratório de Análise de sementes pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais da Universidade Federal da Paraíba durante o mês de julho de 2013.

3.2. Condução do experimento

As sementes de gergelim cultivar BRS Seda foram fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPQ/EMBRAPA).

As sementes passaram por uma análise de pureza física, para a partir disso, serem submetidas aos tratamentos e semeadas (Figura 1).



Figura 5. Tratamento das sementes com diferentes doses de silício. (Areia - PB, 2013).

A análise de pureza foi realizada a partir de uma quantidade de 8 g de sementes, que foi examinada e separada criteriosamente em sementes puras, outras sementes e material inerte. Foram realizadas as pesagens e determinados as percentagens de sementes puras e o total de impurezas, sendo os resultados expressos com uma casa decimal. O valor percentual de sementes puras foi de 97,3%.

Os tratamentos utilizados foram à base de um adubo foliar (Sifol[®] - Silício Foliar) com as seguintes características físicas: líquido, viscoso, atóxico e inodoro; apresenta: Si – 12%,

K₂O – 15%, índice salino 26, condutividade elétrica 2,93mS cm⁻¹, natureza física: fluido, densidade: 1,40gL⁻¹ e pH – 10,96. As sementes foram submetidas a cinco tratamentos (testemunha; 0,3mL; 0,55 mL; 1,05 mL; 1,55mL), calculados para 50 mL de água destilada, onde passaram 1 hora em cada tratamento, com exceção da testemunha, que não foi submetida ao tratamento.

3.3 Delineamento e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos e 5 repetições, num total de 25 unidades experimentais, sendo o primeiro tratamento a testemunha.

Os dados foram analisados por análise de variância e ajustados por equações de regressão por meio do programa estatístico SAS versão 9.3 (SAS, 2011).

3.4 Variáveis avaliadas

3.4.1 Germinação (G)

Foram utilizadas 50 sementes de cada repetição, empregando-se como substrato papel umedecidos com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel e colocados em gerbox. Após o semeio, os gerbox foram colocados em câmara de germinação do tipo Biochemical oxygen demand (B.O.D), contendo lâmpadas fluorescentes tipo luz dia (4x 20 W) ajustadas a temperatura alternada de 20° e 30° graus com fotoperíodo de 8 a 6 horas de luz e escuro, respectivamente. As contagens diárias das plântulas normais foram realizadas do 3° até o 6° dia, sendo consideradas normais aquelas plântulas que apresentaram características de acordo com as descritas pela Regra para Análise de Sementes, RAS (BRASIL, 2009).

3.4.2 Primeira contagem de germinação (PC)

A avaliação do teste de primeira contagem foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, contabilizando-se a porcentagem de plântulas normais do terceiro dia após a semeadura, conforme Martins et. al (1992) [Figura 2].



Figura 6. Primeira contagem de germinação(Areia - PB, 2013).

3.4.3 Índice de velocidade de germinação (IVG)

Este teste foi estabelecido juntamente com o teste padrão de germinação. As avaliações das plântulas normais foram realizadas diariamente, sempre no mesmo horário, a partir da primeira contagem de germinação.

O índice de velocidade de germinação foi calculado através da fórmula proposta por Popinigis (1985):

$$IVG = \frac{\sum Gn}{Nn}$$

Onde:

IVG = Índice de Velocidade de Germinação;

Gn = Número de plântulas normais do 3º até o 6º dia de contagem;

Nn = Número de dias da contagem.

3.4.4 Comprimento de plântulas (CP)

No final do teste de germinação, foram realizadas as medições do comprimento de plântula com régua graduada em centímetros (Figura 3).



Figura 7. Medição do comprimento de plântulas (Areia - PB, 2013).

3.4.5 Matéria seca de plântulas (MS)

Após as medições do comprimento das plântulas, as mesmas foram colocadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada, a 65°C ($\pm 5^\circ\text{C}$), onde permaneceram o tempo necessário até obter peso constante, para em seguida serem pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo resumo da análise de variância (Tabela 1) verificou-se que ocorreu ajuste linear para a variável comprimento de plântulas e quadrático para germinação e índice de velocidade de germinação (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos dados referentes Germinação (G - %), Primeira contagem (PC - %), Índice de velocidade de germinação (IVG), Comprimento de plântulas (CP - cm) e Matéria Seca (MS - g).

Fontes de variação	Quadrados Médios					
	G.L.	G	PC	IVG	CP	MS
Doses	(4)	87,3600	49,6000	1,9613	0,9167	0,0003
Linear	1	6,4233	2,0053	0,0445	2,6662**	0,0007
Quadrática	1	277,3958*	181,0912	6,8397*	0,3607	0,0005
Desvios da regressão	2	61,2250	10,6913	0,9565	0,3555	0,0001
Resíduo	20	34,8800	48,0800	0,9771	0,1355	0,0002
C,V, %		7,14	8,80	7,32	9,41	10.75

* e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

4.1. Germinação (G)

Observou-se, na Figura 4, que o percentual de germinação variou ($P < 0,05$) em função das dosagens. Sendo descrita em uma regressão onde a linha de tendência que se ajustou foi a quadrática.

A variável germinação apresentou um efeito quadrático, com um decréscimo até a dosagem intermediária de 0,55 mL. A melhor germinação atingida ocorrida foi justamente na maior dosagem (1,55 mL), indicando que o adubo foliar apresenta influência na germinação, contribuindo para uma maior eficiência desta variável. A testemunha foi a que apresentou a germinação mais próxima da máxima atingida, isso pode ser justificado pelo fato de não ter sido submetido à embebição.

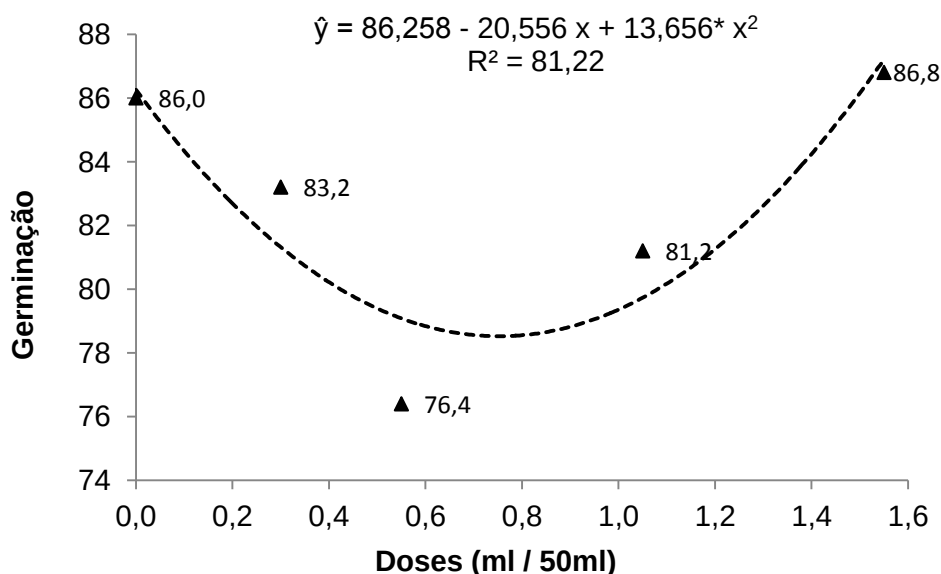


Figura 8. Germinação em função das doses de Si.

Os valores de germinação desta pesquisa ficaram abaixo do encontrado por Queiroga et al. (2010), onde verificaram que a cultivar BRS Seda alcançou 97% de germinação, em trabalho que objetivava avaliar a qualidade fisiológica e física das sementes de 3 cultivares de gergelim com cores diferenciadas. Em contrapartida, Azevedo et al. (2003b), obtiveram 83,75% de média da germinação de 4 cultivares de gergelim, sendo a cultivar IAC-OURO que apresentou o menor percentual (48,5%), em trabalho que focava o estudo do efeito da salinidade na água de irrigação. Segundo Batista et al. (2000), onde pesquisaram meios de cultivo e assepsia de sementes de 3 cultivares de gergelim, e encontraram diferença significativa da variável germinação, sendo os valores de germinação entre 68,50% a 97% variando de acordo com a variedade e meio de cultivo (meio de cultivo x variedades).

Queiroga et al. (2012), encontraram valores de germinação da cultivar BRS Seda que variaram (98% à 89,5%) de acordo com a posição das cápsulas na planta e período de batadura dos feixes, onde o valor mínimo obtido aproxima-se do máximo percentual atingido neste trabalho. Diferente desse autor, Pacheco (2010), estudando temperatura, estresses hídrico e salino em duas cultivares de gergelim, obteve germinação de 75,32% para a temperatura alternada de 20-30°C, sendo inferior à mínima germinação, obtida nesse trabalho.

Pereira et al. (2010), em trabalho com arroz e testando diferentes doses de silício na adubação na produção de sementes, perceberam que no parâmetro germinação houve um acréscimo no seu percentual com o aumento das doses de Si aplicados até a dosagem de 1600 kg/ha, já a dosagem superior de 3200Kg/ha, houve um decréscimo. Porém, com relação às doses de Si no tratamento de sementes de arroz, Leitzke, et al. (2012), obtiveram uma equação de regressão com ajuste quadrático que apresenta o ponto de mínimo germinação na dosagem

intermediária do produto utilizado (a base de Si), se assemelhando a esta pesquisa que obteve o ponto de mínima na dose intermediária.

Harter e Barros (2011) obtiveram diferença significativa na germinação de soja testando doses de silício e cálcio na adubação foliar. Já Oliveira et al. (2010), apontaram o Mo e Fe como os micronutrientes que mais contribuíram para a germinação das sementes de mamona, obtendo germinação de 93 e 98%, respectivamente.

4.2. Primeira Contagem (PC)

Conforme os valores médios encontrados na Tabela 1, verificou-se que a primeira contagem não apresentou diferença significativa ($P>0,05$), corroborando com Tavares et al. (2011), que não obtiveram diferenças significativas na primeira contagem da germinação de sementes de trigo recobertas com silício. Ao contrário de Oliveira et al. (2012), que encontraram diferença significativa para primeira contagem, quando testando micronutrientes no tratamento de sementes, porém essa diferença estatística se deu de forma que a germinação reduziu linearmente à medida em que ocorreu o aumento das doses de zinco, boro e molibdênio. Já Ávila et al. (2006), encontraram diferenças significativas entre híbridos de milho com uso de micronutrientes e Harter e Barros (2011), obtiveram diferença significativa para a variável primeira contagem com doses de silício e cálcio, testando aplicação foliares na soja.

4.3 Índice de velocidade de germinação (IVG)

Com relação ao índice de velocidade de germinação, percebeu-se que houve diferença significativa ($P<0,05$) em função das dosagens de silício, sendo descrita em uma regressão polinomial ajustada com a linha de tendência quadrática (Figura 5).

O maior valor obtido de índice de velocidade de germinação são semelhantes aos encontrados por Pacheco (2010) que alcançou IVG de 15,8 e 14,2 para as cultivares G2 e G4, respectivamente, avaliando dentre outros aspectos, a temperatura alternada de 20-30°C.

Em estudo onde focava o uso de bioestimulante em pré-embebição de sementes de alface, Soares et al. (2012) alcançaram efeito significativo sobre o índice de velocidade de germinação, tanto com referência as cultivares quantos as doses do bioestimulante.

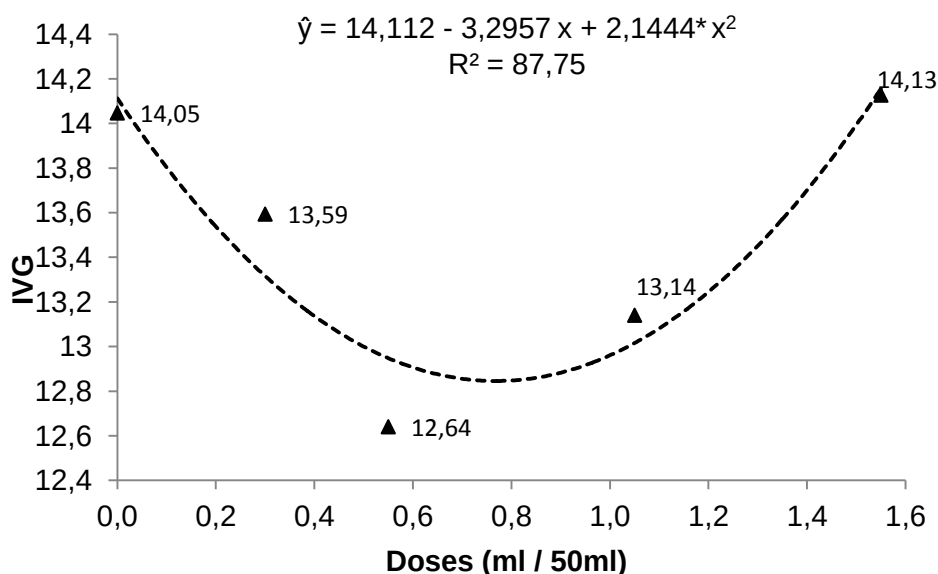


Figura 9. Índice de velocidade de germinação em função das doses de Si.

Semelhante a esta pesquisa, Oliveira et al. (2010) obtiveram uma diferença significativa no índice de velocidade de germinação para sementes de mamona (*Ricinus communis*) tratadas com os micronutrientes molibdênio (Mo), ferro (Fe) e Cobre (Cu), que apesar de mesmo não ter utilizado o silício, mas utilizaram-se de micronutrientes no tratamento de sementes.

4.4 Comprimento de plântulas (CP)

Para o comprimento de plântulas houve diferença significativa ($P < 0,01$) em função das dosagens de silício, sendo descrita em uma regressão polinomial ajustada com a linha de tendência linear, havendo um aumento no comprimento de plântula à medida que ocorreu um incremento na dosagem de silício (Figura 6).

Ao contrário de Pacheco (2010), que obteve uma diminuição linear no comprimento de plântula em função do potencial osmótico pesquisando o estresse hídrico e salino, este trabalho resultou em um efeito linear, havendo aumento do comprimento de plântula à medida que se houve um incremento nas dosagens de silício. Pode-se fazer um comparativo com a germinação e o índice de velocidade de germinação, que foram significativos com efeito quadrático, onde a partir da dosagem intermediária, houve aumento em função do incremento na dosagem de silício. Partindo desse comparativo, o comprimento de plântula vem a confirmar, em parte, a influência do silício na qualidade das sementes de gergelim.

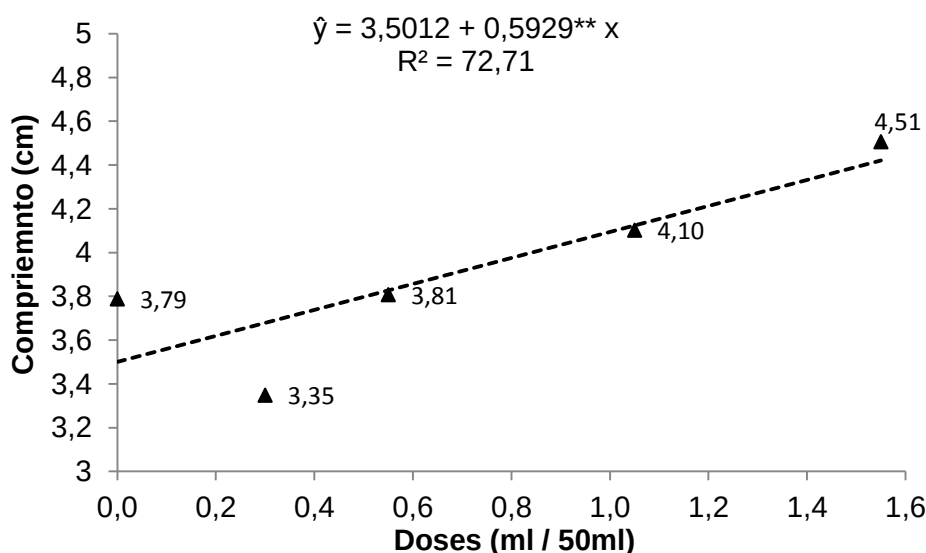


Figura 10 - Comprimento de plântulas em função das doses de Si.

A maior dose de silício utilizada nesta pesquisa foi a que proporcionou o maior comprimento de plântula, se aproximando daqueles valores encontrado por Azevedo et al. (2003b), que obtiveram comprimento de plântula da cultivar CNPA-G2 de 4,90 cm na concentração de NaCl de 0%, porém a cultivar IAC – Ouro alcançou comprimento de 2,12 cm para a mesma concentração de cloreto de sódio.

Fonseca et al. (2012), não constataram efeito significativo para as doses de silicato de alumínio em aplicação foliar no trigo, para as variáveis comprimento de parte aérea e comprimento de raiz, com relação a qualidade fisiológica de sementes. Corroborando com este autor, Leitzke et al. (2012), não encontraram efeito significativo para comprimento de plântula e raiz, quando estudando o desempenho fisiológico de sementes de arroz tratadas com diferentes fontes de silício. Assim como esses autores, Tavares et al. (2011) não obtiveram diferença significativa no comprimento de parte aérea e raiz com diferentes doses de silício.

Pacheco (2010), não obteve diferença significativa em comprimento de plântula no estudo de envelhecimento acelerado sob temperatura de 41°C do gergelim cultivar G4, porém para a cultivar G2 houve diferença significativa no período de 48 horas.

4.5 Matéria seca de plântulas (MS)

Igualmente a primeira contagem, os valores médios encontrados na Tabela 1, não diferiram significativamente ($P > 0,05$). Assim como esta pesquisa não houve diferença significativa, Pacheco (2010) não encontrou diferença significativa para matéria seca no teste de envelhecimento acelerado de 6 lotes de gergelim cultivar G2 no período de 48 horas, no entanto,

obteve diferença significativa no período de 72 horas. Já para cultivar G4 não houve diferença significativa para esta mesma variável.

5 CONCLUSÕES

Estudos sobre a qualidade fisiológica e uso do silício na cultura do gergelim ainda são escassos necessitando, portanto, de novas pesquisa para comprovação dos resultados aqui obtidos.

O silício influenciou a qualidade fisiológica das sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.), tendo em vista a significância das variáveis germinação, índice de velocidade de germinação e comprimento de plântula.

6 REFERÊNCIAS

- ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. The effect of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. **Annali Botanica**, v.58, n.3, p.343-351, 1983.
- ALMEIDA, F. de A. C.; MATOS, V. P.; CASTRO, J. R.; DUTRA, A. S. Avaliação da qualidade e conservação de sementes a nível de produtor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997. Campina Grande, **Armazenamento de grãos e sementes nas propriedades rurais**. Campina Grande, UFPB/SEA: 1997, p. 134-177.
- ARAÚJO, A. E. de; SOARES, J. J.; BELTRÃO, N. E. de M.; FIRMINO, P. de T. **Cultivo do Gergelim**. Embrapa Algodão - Sistemas de Produção, 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Gergelim/CultivodoGergelim/index.html>>. Acesso em: 22/07/2013.
- ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; FIRMINO, P. T. **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 209p.
- ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. de L. e; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHT, L. P.; FACIOLLI, F. S. Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 535-543, Oct./Dec., 2006
- AZEVEDO, M. R. de Q. A.; ALMEIDA, F. de A. C.; GOUVEIA, J. P. G. de; AZEVEDO, C. A. V. de; SILVA, M. M. da; PORDEUS, R. V. Germinação e vigor no desenvolvimento inicial do gergelim: efeito da salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.5, n.2, p.167-172, 2003b.
- AZEVEDO, M. R. Q.; GOUVEIA, J. P. G.; TROVÃO, D. M. M.; QUEIROGA, V. P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p.519-524, 2003.
- BARROS, A. L.; SANTOS, R. F. dos; BENATI, T.; FIRMINO, P. de T. Importância Econômica e Social. In: BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. (eds.). **O agronegócio do gergelim no Brasil**. EMBRAPA-SPI, 2001. p.21-35.
- BARROS, M. A. L.; SANTOS, R. F. dos. **Situação do Gergelim nos Mercados Mundial e Nacional, 1995 a 2002**. Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 2002, 8 p. (EMBRAPA – CNPA, Circular técnica, 67).
- BELANGER, R. R.; BOWEN, P. A.; EHRET, D. L.; MENZIES, J. G. Soluble silicon: its role in crop and disease management of greenhouse crops. **PlantDisease**. St, Paul, v.79, p. 329-336. 1995.
- BELTRÃO, N. E. M.; FREIRE, E. C.; LIMA, E. F. **Gergelim cultura no trópico semi-árido nordestino**. Campina Grande: Embrapa-CNPA (Circular Técnica, 18), 1994. 52p.
- BELTRÃO, N. E. M.; VIEIRA, D. J. (ed.). **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 348 p.

BERTALOT, M. J. A.; CARVALHO-PUPATTO, J. G.; RODRIGUES, E. M.; MENDES, R. D.; BUSO, D. **Controle alternativo de doenças no morango**. Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, 2008.

BOHN, A.; CUNHA, R. P. da; SUNÑE, A. dos S.; BRUNES, A. P.; MENDONÇA, A. O. de; OLIVEIRA, S. de; LEMES, E. S. **Efeito do tratamento de sementes de aveia branca com silício sobre o padrão eletroforéticoisoenzimático**. In: XXXIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia e CXXX Aniversário da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, 2013, Pelotas. Disponível em: < http://cgfufpel.org/aveia/trabalhos/206_3.pdf>. Acesso em: 11/08/2013.

BRAKEMEIER, C. Acertando no adubo. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, n.7, ago.1999b. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=46>>. Acesso em: 13/08/2013.

BRAKEMEIER, C. O adubo vem por cima. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, n. 2, 1999. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=15>>. Acesso em: 03/08/2013.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária- Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CAMARGO, M. S.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Solubilidade do silício em solos: influência do calcário e ácido silícico aplicados. **Bragantia**. v. 66, n. 4, p. 637-647. 2007.

DATNOFF, L. E.; SEEBOLD, W. K.; CORREA, V. F. J. The use of silicon for integrated disease management: reducing fungicide applications and enhancing host plant resistance. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (ed.). **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 171-183.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v. 50, n. 03, p. 641-664, 1999.

EPSTEIN, L. **Cultura Gergelim**. SEAGRI – BA. Salvador, 2000. 10p. <<http://www.seagri.ba.gov.br/gergelim.htm>>. Acesso em: 22/07/2013.

FARIA, R. J. de. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FIRMINO, P. de T. **Caracterização química de semente de gergelim (*Sesamum indicum* L.) BRS 196 (CNPA G-4)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 1-2. 2001. (Instrução Técnica n. 117).

FIRMINO, P. de T.; SANTOS, R. F.; BARROS, M. A. L.; OLIVEIRA, J. M. C. **Gergelim: opção para agricultura familiar do semi-árido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão. 2003. (Comunicado Técnico 198).

FONSECA, D. Â. R.; LEMES, E. S.; TUNES, L. M. de; TAVARES, L. C.; OLIVEIRA, S. de; BARROS, A. C. S. A. **Efeito da aplicação foliar de silicato de alumínio no rendimento e qualidade fisiológica de sementes de trigo**. In: XIV Encontro de Pós-Graduação UFPEL, 2012. Disponível em: < http://www.ufpel.edu.br/enpos/2012/anais/pdf/CA/CA_00188.pdf>. Acesso em: 29/08/2013.

HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 33, n. 1 p. 054 - 060, 2011.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Studies of silica in the oat plant. III. Uptake of silica from soils by plant. **Plant Soil** 23:79-95, 1965 .

JUO, A. S. R.; SANCHEZ, P. A. **Soil nutritional aspects with a view to characterize upland rice environment**. 1986. p.81-94. In: Upland Rice Res. International Rice Research Institute. Los Baños. Laguna. Philippines.

KIKUTI, A. L. P.; OLIVEIRA, J. A.; FILHO, S. M.; FRAGA, A. C. Armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas ao condicionamento osmótico. **Ciência Agrotécnica**, v. 26, n. 2, p. 439- 443, 2002.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de Sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. Comitê de Vigor de Sementes, 1999. Cap. 8, p. 4 – 8.

LACERDA, C. F. de; ENÉAS FILHO, J.; PINHEIRO, C. B. **Fisiologia vegetal**. Fortaleza, 2007. (Apostila).

LEITZKE, I.; OLIVEIRA, S.; LEMES, E.; BRUNES, A.; TAVARES, L.; BARROS, A. C. S. A. **Desempenho fisiológico de sementes de arroz tratadas com diferentes fontes de silício**. In: XXI Congresso de iniciação científica e IV Mostra científica, 2012. Pelotas. Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: < http://www.ufpel.edu.br/cic/2012/anais/pdf/CA/CA_01648.pdf>. Acesso em: 20/08/2013.

LIMA FILHO, O. F. O silício é um fortificante e antiestressante natural das plantas. **Revista Campo & Negócios**. p. 67-70, 01. out. 2005.

LIMA FILHO, O. F. Silício: combate estresses nutricionais. **Revista Campo & Negócios**. v. 4, n. 41, p. 25-27. Jul. 2006.

LIMA, J. C. R. **Crescimento e desenvolvimento do gergelim BRS Seda Irrigado com níveis de água residuária e de abastecimento**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2011.

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

MAPA - Ministério da Agricultura. Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/fertilizantes/legislacao>> Acesso: 16/08/2013.

MARTINS ORDER, M.P.; BORGES, R.Z; BASTOS.JÚNIOR, N. Fotoperiodismo e quebra de dormência em semente de acácia negra (*Acácia meamawilld.*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n 1, p 71-77, 1999.

MARTINS, C. C.; MARTINELLI-SENEME, A.; CASTRO, M. M.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de couve -brócolos (*Brassicaoleracea* L. var. *italica* Plenck). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p. 96-101, 2002.

MAZZANI, H.; LAYRISSE, H. Características químicas del grano de cultivares de ajonjoliseleccionados de la colección venezolana de germoplasma. **Agronomía Tropical**, v. 48, n. 1, p. 5-18, 1998.

OLIVEIRA, R. H. de; SOUZA, M. J. de L.; MORAIS, O. M.; GUIMARÃES, B. V. C.; PEREIRA JÚNIOR, H. de A. Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 701-707, 2010.

PACHECO, K. M. G. **Avaliação de testes de vigor e germinação de sementes de gergelim em função da temperatura e do potencial osmótico**. 2010. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal e Produção de Plantas, Departamento de Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2010.

PEREIRA, E. de M.; VIEIRA, A. R.; REIS, M. de S.; SOARES, A. A.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M. **Qualidade fisiológica e enzimática de sementes de arroz de terras altas produzidas com diferentes doses de silício**. In: XIX congresso de pós-graduação da UFLA, 2010. Disponível em: < <http://www.sbpnet.org.br/livro/lavras/resumos/420.pdf>>. Acesso em: 13/09/2013.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília-DF; AGIPLAN, 1985. 289 p.

QUEIROGA, V. de P.; FIRMINO, P. de T.; SILVA, A. C.; BORBA, F. G.; ALMEIDA, K. V. de; SOUSA, W. J. B. de; JERÔNIMO, J. F. Qualidade fisiológica e física das sementes de gergelim de diferentes cores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 4^o SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS. 1. 2010. João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 2149-2154.

QUEIROGA, V. de P.; FREIRE, R. M. M.; FIRMINO, P. de T.; MARINHO, D. R. F.; SILVA, A. C.; BARBOSA, W. T.; QUEIROGA, D. A. N. Qualidade de sementes de gergelim de diferentes posições na planta em comparação a colheita convencional. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.6, n.2, p.41-47, jun. 2012.

QUEIROGA, V. de P.; GONDIM, T. M. de S.; QUEIROGA, D. A. N. Tecnologias sobre operações de semeadura e colheita para a cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Agroambiente On-line**. v. 3, n. 2. p. 106-121, jul-dez. 2009.

QUEIROGA, V. P.; ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, O. R. R. da; GONDIM, T. M. de S.; FIRMINO, P. de T.; CARTAXO, W. V. **Cultivo Ecológico do Gergelim: Alternativa de Produção para Comunidades de Produtores Familiares da Região Semi-árida do Nordeste**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 53p. (Embrapa Algodão. Documentos. 171).

QUEIROGA, V. P.; GONDIM, T. M. de S.; VALE, D. G.; GEREON, P. H. G. M.; MOURA, J. A.; SILVA, P. J.; SOUZA FILHO, J. F. de. **Produção de gergelim orgânico nas comunidades de produtores familiares de São Francisco de Assis do Piauí**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 127p. (Embrapa Algodão. Documentos. 190).

RAIJ, Bernardo Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996.

ROSOLEM, C. A.; BOARETTO, A. E. A adubação foliar em soja. In: BOARETTO, A. E.; ROSOLEM, C.A. (Ed.). **Adubação foliar**. Campinas, SP: Fundação Cargill. 1989. 500p.

RUFINO, C. de A. **Aplicação de cálcio, magnésio e silício nas sementes de soja**. 2010. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

SAS. SAS/STAT 9.3 **User's Guide**. Cary. NC: SAS Institute Inc. 2011. 8621p.

SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. **Silicon management and sustainable rice production**. Belle Glade University of Florida, 1997. 199p.

SENA, M. C.; CASTRO, S. H. Legislação e fiscalização do uso de silício na agricultura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 5. 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, DFP, 2010. p. 183-202.

SOARES, M. B. B.; GALLI, J. A.; TRANI, P. E.; MARTINS, A. L. M. Efeito da pré-embebição em solução bioestimulante sobre a germinação e vigor de sementes de *Lactuca sativa* L. **Revista Biotemas**, 25 (2), junho de 2012.

TAVARES, L. C.; BRAZ, H. S.; TUNES, L. M. de; FONSECA, D. Â. R.; BARROS, A. C. S. A. **Desempenho de sementes de trigo recobertas com silício**. In: XX Congresso de Iniciação Científica e III Mostra Científica UFPEL, 2011. Disponível em: <http://ufpel.edu.br/cic/2011/anais/pdf/CA/CA_01471.pdf>. Acesso em: 30/08/2013.

WEISS, E. A. Sesame. In: WEISS, E. A. **Oilseed crops**, London, 1983, p. 282-340.