



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA BATATA-DOCE ADUBADA COM FÓSFORO  
E SILÍCIO EM SOLO ARENOSO**

**DAIVYD SILVA DE OLIVEIRA**

**AREIA, PB**  
**FEVEREIRO - 2018**

**DAIVYD SILVA DE OLIVEIRA**

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA BATATA-DOCE ADUBADA COM FÓSFORO  
E SILÍCIO EM SOLO ARENOSO**

**AREIA, PB  
FEVEREIRO - 2018**

**DAIVYD SILVA DE OLIVEIRA**

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA BATATA-DOCE ADUBADA COM FÓSFORO  
E SILÍCIO EM SOLO ARENOSO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, Área de concentração Agricultura Tropical, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

**ORIENTADOR: Prof. Dr. ADEMAR PEREIRA DE OLIVEIRA**

**AREIA, PB  
FEVEREIRO – 2018**

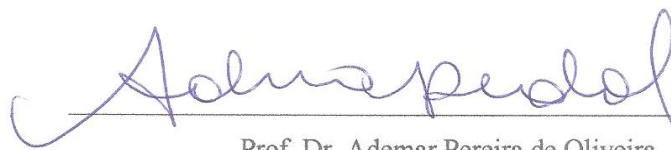
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

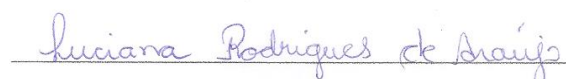
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

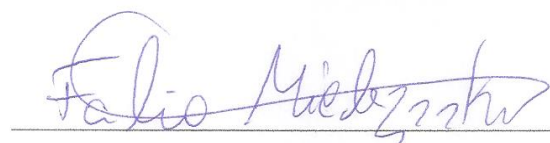
**TÍTULO:** PRODUÇÃO E QUALIDADE DA BATATA-DOCE ADUBADA COM FÓSFORO E SILÍCIO EM SOLO ARENOSO

**AUTOR:** DAIVYD SILVA DE OLIVEIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão examinadora:

  
Prof. Dr. Ademar Pereira de Oliveira  
Orientador

  
Profa. Dra. Luciana Rodrigues de Araújo  
Examinadora

  
Prof. Dr. Fábio Mielezrski  
Examinador

Data de realização: 23/02/2018

Presidente da Comissão Examinadora  
Dr. Ademar Pereira de Oliveira

## **DEDICO**

...Aos meus pais **Jucilene da Silva Oliveira** e **Manoel Pereira de Oliveira**, pelo amor, coragem, incentivo, persistência, sabedoria e condução para a honestidade e amor a Deus.

...Ao meu sobrinho Davi Salustino Oliveira.

“Não tenha medo, porque eu o redimi e o chamei pelo nome. Você é meu”.

Isaias 43:1

## AGRADECIMENTOS

A **Deus** pelo dom da vida e oportunidade de realização dos meus sonhos, me direcionando sempre com sua infinita bondade e sabedoria. Por ser a mão que me sustenta, a companhia que nunca permite que me sinta só e por me dar a fortaleza necessária para seguir nos caminhos que Ele planejou.

Aos meus pais, **Jucilene da Silva Oliveira** e **Manoel Pereira de Oliveira**, que sempre me incentivaram e orientaram para seguir os melhores caminhos.

Ao meu irmão **Dejair Silva de Oliveira**, por todos os ensinamentos de irmão mais velho.

A minha noiva **Edvania Oliveira**, pela compreensão, companheirismo, paciência, e por sempre me ajudar quando necessitei.

A todos os meus familiares, pelo apoio e incentivo.

À Universidade Federal Paraiba, em especial ao Centro de Ciências Agrárias, por proporcionar as condições para execução deste trabalho, e oportunidade de cursar o Mestrado em Agronomia.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa, a qual foi fundamental na condução do meu trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ademar Pereira de Oliveira, por toda dedicação, ensinamentos, incentivo, paciência e por ter sido um pai durante esse período de orientação.

Aos amigos da graduação Adailza Cavalcante, Alian Cássio e Robson Luis, por todo o incentivo e experiências vividas.

Aos novos amigos de Mestrado Mariana Lima, Edlania Maria, Luan Nunes, Natan Guerra, Raylson Melo e Samara Dayse, por todos os momentos de companheirismo e descontração.

Aos amigos do “Paraíso” Fernando José, Rodrigo Garcia, Francisco Romário e José Janielson, pelas hospedagens quando eu precisei.

Aos funcionários do Setor de Olericultura Francisco de Castro, Josivaldo dos Santos, Alexandre Paulino e Genival Gomes, por toda ajuda na condução da pesquisa em campo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, aos funcionários e a todos os professores, que com responsabilidade e dedicação, souberam transmitir os conhecimentos necessários para minha vida profissional.

## Sumário

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>11</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
2.1 A batata-doce e sua importância socioeconômica .....	14
2.2 Fósforo .....	16
2.3 Silício (Si) .....	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 Características avaliadas.....	21
3.1.1 Massa média de raízes comerciais .....	21
3.1.2 Número e produção de raízes planta <sup>-1</sup> .....	21
3.1.3 Produtividades total e comercial de raízes .....	21
3.1.4 Massa fresca e seca da parte aérea.....	21
3.1.5 Teor de amido e cinza nas raízes .....	21
3.1.6 Teor de P e Si foliar.....	22
3.2 Análise estatística.....	22
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
4.1 Massa média de raízes .....	24
4.2 Número de raízes planta <sup>-1</sup> .....	25
4.3 Produção planta <sup>-1</sup> .....	26
4.4 Produtividade total .....	27
4.5 Produtividade comercial.....	29
4.6 Massa fresca da parte aérea .....	32
4.7 Massa seca da parte aérea.....	34
4.8 Teor de amido .....	35
4.9 Teor de cinzas .....	36
4.10 Teor de P foliar.....	37
4.11 Teor de Si .....	38
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>38</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Características químicas e físicas de solo, na camada de 20 cm. CCA-UFPB, Areia, 2018.....19
- Tabela 2.** Resumos das análises de variância e de regressão para a massa média de raízes comerciais (MM), número de raiz (NRP) e produção de raízes comerciais planta<sup>-1</sup> (PP), produtividade total (PT) e produtividade comercial de raízes (PC), em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na presença e ausência de silício, Areia, CCA-UFPB, 2018.....23
- Tabela 3.** Resumos das análises de variância para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) amido, cinza, fibra e fósforo em função de doses de fósforo e adubação foliar com silício. Areia, CCA-UFPB, 2018.....31



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Massa média de raízes de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença e ausência de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018. .... 25
- Figura 2.** Número de raízes planta-1 adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença e ausência de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018..... 26
- Figura 3.** Produção planta-1 de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença e ausência de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018..... 27
- Figura 4.** Produtividade total de raízes de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença e ausência de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018..... 28
- Figura 5.** Produtividade comercial de raízes de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença e ausência de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018..... 31
- Figura 6.** Massa fresca da parte aérea de plantas de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença e ausência de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018..... 33
- Figura 7.** Massa seca da parte aérea de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença e ausência de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018. .... 34
- Figura 8.** Teor de amido nas raízes de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença e ausência de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018. .... 35
- Figura 9.** Teor de cinza nas raízes de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença e ausência de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018. .... 36
- Figura 10.** Teor de P foliar na cultura da batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença e ausência de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018. .... 37

OLIVEIRA, D. S. **Produção e qualidade da batata-doce adubada com fósforo e silício em solo arenoso.** Areia - PB, 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Área de concentração: Agricultura Tropical. Universidade Federal da Paraíba.

## RESUMO

A cultura da batata-doce assume papel importante no agronegócio de hortaliças, e responde ao uso de adubos minerais. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses de  $P_2O_5$  e silício na produção e qualidade da batata-doce. O trabalho foi conduzido entre os meses de agosto e dezembro de 2016, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em Areia-PB, em delineamento experimental blocos casualizados em arranjo fatorial  $6 \times 2$ , com seis doses de  $P_2O_5$  (0, 60, 120, 180, 240 e 300 kg ha<sup>-1</sup>) e presença e ausência de silício, na forma de silicato de potássio (100 ml/20 litros de água), em quatro repetições. As variáveis analisadas foram a massa média de raízes comerciais, número e produção de raízes planta<sup>-1</sup>, produtividades total e comercial de raízes, massa fresca e seca da parte aérea, teores de amido e cinzas nas raízes e de P e Si foliar. A massa média de raízes, o número e produção de raízes planta<sup>-1</sup>, as produtividades total e comercial, e a massa fresca e seca foliar foram superiores com o uso de fósforo e silício. As características de qualidade, amido e cinzas foram adequadas para a batata-doce. O teor de P foliar aumentou com as doses de  $P_2O_5$  na presença do silício e o teor de silício foliar não foi alterado pelos tratamentos.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas*, adubação mineral, rendimento, qualidade

OLIVEIRA, D. S. **Production and quality of sweet potato fertilized with phosphorus and silicon in sandy soil.** Areia - PB, 2018. 48 f. Dissertation (Masters in Agronomy). Graduate in Agronomy program. Concentration Area: Tropical Agriculture. Federal University of Paraíba.

## **ABSTRACT**

The sweet potato crop assumes an important role in the agribusiness of vegetables, and responds to the use of mineral fertilizers. The objective of this work was evaluated by the effect of  $P_2O_5$  and silicon in the production and quality of sweet potatoes. A randomized block design in a 6 x 2 factorial arrangement with six  $P_2O_5$  doses (0, 60, 120, 180, 240 and 300 kg ha<sup>-1</sup>) at the Federal University of Paraíba, Areia-PB, Brazil, and presence and absence of silicon in the form of potassium silicate (100 ml/20 liters of water) in four replicates. The variables analyzed were the average commercial root mass, number and production of plant<sup>-1</sup> roots, total and commercial root yields, fresh and dry shoot mass, starch and ash content in the roots, and leaf P and Si. The average root mass, number and production of plant<sup>-1</sup> roots, as total and commercial yields, and fresh and dry leaf mass, with the use of phosphorus and silicon. As quality characteristics, starch and ash were suitable for sweet potatoes. Foliar P content increased with  $P_2O_5$  doses in the presence of silicon and leaf silicon content was not altered by treatments.

**Key-words:** *Ipomoea batatas*, mineral fertilization, yield, quality

## 1. INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma hortaliça pertencente à família Convolvulácea, originária da América Tropical com ampla adaptação às condições climáticas do Brasil, é considerada uma espécie rústica, uma vez que exibe grande resistência a pragas, fácil manutenção e ampla adaptação às condições adversas de solo e clima. Além disso, armazena reservas nutritivas em suas raízes, constituindo uma fonte de carboidratos, vitaminas e minerais (DELAZARI et al., 2017).

O Brasil é o principal produtor de batata-doce no continente latino americano, com produtividade média de 12,4 t ha<sup>-1</sup> e área plantada de 43.879 ha, sendo as regiões Sul e Nordeste as maiores produtoras, com destaque, respectivamente para os estados do Rio Grande do Sul (ECHER, 2015), e Sergipe (CONAB, 2013).

Essa hortaliça se constitui numa fonte de energia e nutrientes de grande importância social e econômica, principalmente para a população mais carente da Região Nordeste, com grande produção oriunda da agricultura familiar (OLIVEIRA et al., 2013). É usada na alimentação humana e animal (raízes e parte aérea), possuindo grande potencial para produção de álcool no Brasil (GONÇALVES NETO et al., 2011). Na alimentação animal, as raízes são utilizadas essencialmente como fonte de energia, em virtude do baixo teor de proteína. As ramas pelo grande volume produzido possuem em média 11,4% de proteína na matéria seca (MASSAROTO, 2008).

A maioria dos solos brasileiros caracteriza-se por apresentar alta taxa de intemperização e, no geral, contém baixa disponibilidade de fósforo, isto se deve à alta capacidade de retenção desse nutriente pelo solo, ficando parte indisponível para as plantas (NOVAIS & SMYTH, 2007). Isto é algo preocupante porque o fósforo é um nutriente insubstituível para aumento na produção de hortaliças tuberosas, por participar de diversos processos metabólicos na planta, como por exemplo, na transferência de energia celular, respiração e fotossíntese (ROSEN et al., 2014).

Quando o fósforo é fornecido em quantidade adequada, promove o rápido crescimento da parte aérea e fechamento do dossel da lavoura de batata, devido ao maior desenvolvimento do caule e folhas. Por ser um nutriente importante para a divisão celular, o fósforo também tem efeito no crescimento e desenvolvimento radicular dessa espécie tuberosa (FERNANDES & SORATTO, 2012).

O silício é o segundo elemento mineral mais abundante no solo após o oxigênio e compreende 28% da crosta terrestre, no entanto, é difícil provar que o mesmo é

essencial para todas as plantas, embora os seus efeitos tenham sido observados em muitas espécies vegetais (LIANG et al., 2007). O silício possui a capacidade de aumentar a taxa fotossintética foliar, reduzir a transpiração, aumentar a resistência a pragas e doenças, diminuir o efeito tóxico do Mn, Fe e outros metais pesados e aumentar a absorção de alguns nutrientes em diversos vegetais (CARRE-MISSIO et al., 2010).

A inclusão do silício como fertilizante agrícola ainda é uma prática pouco usual na horticultura, porém, seus benefícios têm sido cada vez mais reconhecidos por pesquisadores do mundo todo (LUDWIG et al., 2015). Portanto, o seu fornecimento via foliar proporciona incrementos na produção de batata (GONÇALVES et al., 2008), com aumento da altura de plantas, menor acamamento das hastes, maior produtividade e teor de matéria seca dos tubérculos (PULZ et al., 2008; SORATTO et al., 2012a), e na cenoura promove incremento no tamanho de raízes (LUDWIG et al., 2015), além de proporcionar maior disponibilidade de P e Si no solo (PULZ et al., 2008).

Estudos têm apontado algumas interações importantes entre o fósforo e silício, existem aspectos comuns envolvidos na dinâmica desses dois no solo, como fosfato e silicato são adsorvidos pelos óxidos de ferro e de alumínio da fração argila, podendo silicato deslocar fosfato previamente dissolvido ou vice e versa, das superfícies oxidadas. É comum a aplicação de silicato de cálcio antes da fosfatagem, visando entre outros benefícios corrigir a acidez do solo e promover a competição entre fósforo e silício com o intuito de melhorar a disponibilidade de fósforo para as plantas (CARVALHO et al., 2001).

Para que haja uma melhor eficiência do fósforo aplicado é necessário que se utilize uma adubação silicatada, que além de interagir com o mesmo no solo, afeta o metabolismo do fósforo na planta (TAKAHASHI, 1995).

Diante dessas considerações, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da adubação com doses de  $P_2O_5$  e silício na produção e qualidade da batata-doce.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A batata-doce e sua importância socioeconômica**

Atualmente a batata-doce é cultivada em todas as zonas tropicais, subtropicais e temperadas do mundo (ROESLER et al., 2008), e devido a sua rusticidade, facilidade de cultivo, baixo custo de produção e ampla utilização, é plantada em mais de 100 países, por se adaptar a diversos ambientes (FOLONI et al., 2013). Com grande potencial de utilização na alimentação humana, e uma das mais saudáveis do planeta (NAZAROV, 2014), esta hortaliça é de fácil digestão, suas raízes são ricas em carboidratos, cálcio, potássio, carotenoides (DOMENE, 2014), vitaminas C e do complexo B e minerais (BERNI et al., 2015), mas varia conforme a espécie, idade e condições de cultivo (COUTINHO, 2007).

De maneira geral, se comparada a outras hortaliças, a batata-doce tem baixa perecibilidade (KOBELITZ, 2011), no entanto, é suscetível a danos fisiológicos durante armazenamento a baixas temperaturas, sendo ideais, temperaturas variando entre 13° e 16° C e umidade relativa entre 80-85% (ISHIGURO et al., 2007). Em Condições ambientais, o armazenamento deve ser realizado em local seco, fresco, arejado e protegido da luz (DOMENE, 2014).

Segundo dados da FAO (2013), 76,1% da produção mundial de batata-doce é obtida na Ásia, 19,5% na África, apenas 3,5% nas Américas e 0,9% no restante do mundo. Contudo, a China é o maior produtor e consumidor com mais de 70 milhões de toneladas do vegetal produzidos no ano de 2013 (FAO, 2013; MCGEE, 2014). O Brasil se destaca como maior produtor da América Latina com 43.879 hectares de área plantada, produção de 505.350 toneladas e um rendimento médio de 13.091 kg ha<sup>-1</sup>. (IBGE e FAO, 2013)

A batata-doce é a quarta hortaliça mais consumida no Brasil (PERESSIN & FELTRAN, 2014), tendo a região Sul como a mais produtora, e dentre os estados se destaca o Rio Grande do Sul que concentra 30% da produção nacional. A região Nordeste é a segunda maior produtora do país (35%), e sua produtividade segundo o IBGE (2013) foi estimada em 9,4 t ha<sup>-1</sup>, tendo o estado de Sergipe como maior produtor. A região Sudeste está localizada em 3º lugar no ranking nacional das regiões mais produtoras, e o estado de São Paulo se destaca como maior produtor desta região (IBGE, 2013; ECHER, 2015).

Na região Nordeste, essa hortaliça é utilizada na alimentação das famílias, principalmente na primeira refeição, no entanto, este hábito não é comum às outras regiões do país, sendo isto devido às características culturais de cada região. Com o crescente êxodo rural, grande parte do consumo de batata-doce foi e ainda vem sendo substituído por produtos de preparo facilitado e com maior atratividade (FELTRAN & FABRI, 2010).

Embora seja menos consumida que a batata, a batata-doce é muito apreciada e cultivada no Nordeste do Brasil, nesta região brasileira, geralmente essa cultura é plantada visando à subsistência dos produtores e o excedente é comercializado em mercados locais ou exportado para estados não produtores. Nesse contexto, apresenta relevante importância socioeconômica, porque contribui para a geração de emprego, renda e fixação do homem no campo, além de ser uma boa fonte de alimento energético (NUNES et al., 2012).

As raízes da batata-doce são ricas em potássio e apresentam carboidratos na sua composição (OLIVEIRA et al., 2006). O amido é considerado o principal componente da raiz da batata-doce, seguido dos açúcares mais simples, sacarose, glicose, frutose e maltose. Na indústria de alimentos é utilizado para melhorar as propriedades funcionais, sendo empregados em sopas, molhos de carne, como formador de gel em balas e pudins, estabilizante em molhos de salada na elaboração de compostos farmacêuticos, na produção de resinas naturais e na elaboração de materiais termoplásticos biodegradáveis (CEREDA et al., 2001).

O cultivo desta hortaliça é prioritariamente realizado tendo em vista suas raízes, que são a principal parte de interesse comercial (ECHER, 2015). Estas são amplamente empregadas na alimentação humana, de animais domésticos e produção de etanol, onde seu uso é bastante conhecido. Porém, a utilização de outras partes das plantas é bastante incomum, sendo na maioria das vezes descartadas, embora suas folhas e ramas possam ser utilizadas com êxito na alimentação animal (SOARES et al., 2014).

Uma variedade de produtos pode ser elaborada a partir do processamento da raiz da batata-doce, incluindo farinha, batatas fritas secas (chips), doces e alimentos infantis (ROESLER et al., 2008). O amido e fécula desta tuberosa são amplamente utilizados na indústria de alimentos como matéria-prima na produção de diversos produtos processados, tais como molho, doces enlatados, macarrão, sopa, produtos de confeitaria e pães (PERESSIN & FELTRAN, 2014).

## 2.2 Fósforo

A adubação adequada e eficiente ocupa lugar de destaque, tanto em termos econômicos e quantitativos, como da qualidade dos produtos agrícolas. A nutrição mineral apresenta importância fundamental, proporcionando aumento da produtividade e influenciando a qualidade dos produtos colhidos. O equilíbrio dos macro e micronutrientes é um dos fatores de maior influência nas características sensoriais e nutritivas, na resistência ao transporte e ao armazenamento dos produtos hortícolas, porque esses elementos regulam os processos fisiológicos e bioquímicos dos tecidos vegetais (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Com isso, Oliveira et al. (2002) constataram que às hortaliças produtoras de tubéras, necessitam do fornecimento de nutrientes minerais, pois são importantes para a obtenção de altas produtividades, principalmente quando estão disponíveis em todos os estágios de crescimento e em quantidades adequadas. Neste sentido, necessita-se de uma nutrição equilibrada, com macro e micronutrientes, para que se obtenha aumento na produção e melhor qualidade do produto em vários aspectos (MALAVOLTA, 2006).

Entre os nutrientes mais exigidos na produção agrícola destaca-se o fósforo, como sendo um dos mais limitantes na produção (ULIANA, 2013), e apesar dos solos agrícolas conterem grandes quantidades de fósforo total, a sua disponibilidade para as plantas é muito pequena devido à sua tendência em formar compostos de baixa solubilidade, dificultando assim sua absorção pelas plantas (BISSANI et al., 2008), havendo a necessidade de se fazer uma complementação nutricional através da adubação fosfatada. Ele é um importante nutriente para as plantas e sua presença na solução do solo promove um adequado desenvolvimento, elevando a produção das hortaliças (KOETZ et al., 2012).

As hortaliças apresentam de maneira geral rápido crescimento, intensa produção e, independente da espécie, são cultivadas sob condições de cultivo intensivo, existindo a necessidade de suprimento adequado de nutrientes desde o estágio de plântula até a colheita, isso porque o desequilíbrio nutricional, seja por carência ou excesso de nutrientes, torna-se fator estressante para a planta (FURLANI & PURQUERIO, 2010).

O fósforo favorece o desenvolvimento do sistema radicular das hortaliças aumentando a absorção de água e de nutrientes e, conseqüentemente, aumenta a qualidade e o rendimento dos produtos colhidos. Nas hortaliças tuberosas é bastante significativo o fornecimento de nutrientes em quantidade ideais para promover o



crescimento da parte aérea e do produto principal (a raiz), e para repor a fertilidade perdida devido ao uso intensivo do solo (BATISTA, 2011; FILGUEIRA, 2013).

Nesse sentido alguns autores verificaram respostas de hortaliças produtoras de raízes com o uso de fósforo. Oliveira et al. (2006) observaram aumento de produtividade comercial em batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) com o fornecimento de doses equilibradas de  $P_2O_5$ . Nascimento (2013) e Dumbuya et al. (2016) relataram que o rendimento foi afetado positivamente pela aplicação de fósforo, havendo retorno favorável na produção e produtividade, obtendo-se uma dose ótima econômica de fertilização fosfatada entre 60 e 104 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$ .

Conforme relatos de Fernandes et al. (2016), a batata (*Solanum tuberosum* ssp.) cultivada em condição de baixa disponibilidade de fósforo, tem crescimento limitado desde os estádios iniciais, havendo menor desenvolvimento das raízes, menor crescimento da parte aérea e expansão da área foliar, conseqüentemente, menor produtividade. No inhame (*Colocasia esculenta*) Oliveira et al. (2011) também observaram aumento de produtividade com o fornecimento equilibrado das doses  $P_2O_5$ .

Avalhaes et al. (2009) observaram que a aplicação de fósforo de forma adequada promoveu incremento no crescimento, teor foliar de fósforo e massa fresca de raízes tuberosas da beterraba (*Beta vulgaris*). Em rabanete (*Raphanus sativus*), Andreani Junior & Lourenço (2003), constataram que doses superiores à 50 g m<sup>2</sup> de superfosfato simples promovem um aumento na produtividade, e a partir de 100g m<sup>2</sup> ocorre uma estagnação em seu desenvolvimento.

### **2.3 Silício (Si)**

O Silício é um elemento benéfico para as plantas (BISSANI et al., 2008), e conforme Epstein & Bloom (2005), aquelas que crescem em ambiente que contem este nutriente devem diferir daquelas cultivadas em ambientes deficientes desse elemento. Assim, esse nutriente pode ser considerado agronomicamente essencial, porque propicia vários efeitos positivos em mais de 30 espécies vegetais (KORNDORFER & OLIVEIRA, 2010).

Por ser um elemento capaz de reduzir os efeitos negativos dos estresses abióticos em plantas, o silício vem despertando o interesse na área da produção vegetal. Os seus efeitos benéficos podem estar relacionados ao seu acúmulo na parede celular das plantas, formando uma barreira física para redução da perda de água, melhorando a sua arquitetura (KORNDORFER et al., 2002).

Segundo Ma & Yamaji (2006), a maioria dos efeitos benéficos do silício em reduzir o estresse hídrico é atribuída à deposição na parede celular de raízes, folhas e caules, e seus benefícios fisiológicos estão relacionados com aumento da atividade fotossintética, resistência ao ataque de fitopatógenos e pragas, e da tolerância das plantas à seca, devido ao silício induzir uma série de reações metabólicas nas plantas resultando na formação de compostos como fitoalexinas, ligninas, e também proporciona aumento da rigidez estrutural dos tecidos e diminui a fitotoxidez de Fe, Al, Mn e Na (POZZA et al., 2004).

O acúmulo do silício na folha também provoca redução na transpiração e faz com que a exigência de água pelas plantas seja menor, devido à formação de uma dupla camada de sílica, o que causa redução da transpiração por diminuir a abertura dos estômatos limitando a perda de água (OLIVEIRA & CASTRO 2002).

Efeitos positivos de fontes de silício em batata foram observados por PILON (2011), onde constatou que o fornecimento desse nutriente via solo foi mais eficiente em manter a produtividade de tubérculos da cultura da batata (*Solanum tuberosum* ssp.) sob deficiência hídrica, e via foliar aumentou o teor de prolina e a atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD). Nesse sentido, a aplicação de 50 mg dm<sup>-3</sup> de silício ao solo, na forma de fertilisilica, gerou pequenos acréscimos nos teores de fósforo disponível no solo e proporcionou aumento na produtividade de tubérculos da classe especial. Em cenoura, Figueiredo et al., (2007) relataram que a aplicação de silício melhora a arquitetura das folhas deixando-as mais eretas, o que promove uma melhor interceptação de luz, refletindo na fotossíntese, produção de carboidratos e produtividade.

Quanto a interação entre silício e fósforo, ele tem sido associado ao aproveitamento e deslocamento do fósforo, que ao saturar os sítios de adsorção dos óxidos de Fe e Al da fração argila, impede ou dificulta a adsorção do P, tornando-o mais disponível em solução (CARVALHO et al., 2001), bem como associado, indiretamente, ao aumento no teor de clorofila e da capacidade fotossintética, a redução na transpiração e aumento na absorção de nutrientes (ÁVILA et al., 2010).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido entre os meses de agosto e dezembro de 2016, na unidade experimental Chã do Jardim na cidade de Areia-PB e em laboratório do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), localizado na microrregião do Brejo Paraibano, com altitude de 574,62 m, latitude 6°58" S e longitude 35° 42" W. De acordo com a classificação bioclimática de Gaussem, o bioclima predominante na área é sub-seco, com precipitação pluviométrica média anual em torno de 1.147 mm. Pela classificação de Köppen, o clima é do tipo "As", que se caracteriza como quente e úmido, com chuvas de outono-inverno (MENEZES et al., 2014).

**Tabela 1.** Características químicas e físicas de solo, na camada de 20 cm. CCA-UFPB, Areia, 2018.

Características químicas do solo		
Variáveis	Valores obtidos	Interpretação
pH em água (1:2,5)	6,2	--
P (mg/dm <sup>3</sup> )	46,55	Médio
K <sup>+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	90,41	Alto
Na <sup>+</sup> (cmol/dm <sup>-3</sup> )	0,08	Médio
H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> (cmol/dm <sup>-3</sup> )	0,50	Baixo
Al <sup>+3</sup> (cmol/dm <sup>-3</sup> )	0,10	--
Ca <sup>+2</sup> (cmol/dm <sup>-3</sup> )	0,88	Baixo
Mg <sup>+2</sup> (cmol/dm <sup>-3</sup> )	0,30	Baixo
SB (cmol/dm <sup>-3</sup> )	1,54	--
CTC (cmol/dm <sup>-3</sup> )	2,04	Baixo
V (%)	76,5	--
Material orgânica (g/dm <sup>3</sup> )	11,24	Baixo
Características físicas do solo		
Areia grossa (g/kg)		672
Areia fina (g/kg)		125
Silte (g/kg)		126
Argila (g/kg)		77
Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )		1,28
Porosidade total (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )		0,51
Densidade Total (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )		2,61
Classe textural		Areia Franca

Fonte: Análises realizadas, segundo metodologia da EMBRAPA (2013), pelo Laboratório de Química e Fertilidade de Solo do DSER – CCA – UFPB.

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Regolítico Psamítico típico (EMBRAPA, 2013), textura franca-arenosa, cujas características químicas (na camada de 0-20 cm) e física do solo estão contidas na tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em arranjo fatorial 6 x 2, correspondente a seis doses de  $P_2O_5$  (0, 60, 120, 180, 240 e 300 kg ha<sup>-1</sup>) e presença e ausência de silício na forma de silicato de potássio, em quatro repetições. A parcela experimental foi composta de 40 plantas distribuídas em quatro leirões de dez plantas, espaçadas 0,40 m entre plantas e 0,80 m entre fileiras, sendo todas consideradas úteis, porque as raízes de batata-doce estando em ambiente nutrido se desenvolvem sem precisar competir com as plantas dos canteiros vizinhos.

O solo foi preparado por meio de aração, gradagem e confecção de leirões com auxílio de enxadas. Na adubação de plantio foi fornecido 15 t ha<sup>-1</sup> esterco bovino conforme disponibilidade na análise de solo, com 5% de umidade, 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) e doses de  $P_2O_5$  (superfostato simples) descritas no delineamento experimental. Na adubação de cobertura foi aplicado 100 kg ha<sup>-1</sup> nitrogênios na fonte sulfato de amônio parcelado em partes iguais, aos 30 e 60 dias após o plantio. As pulverizações com silício foliar foram feitas utilizando-se pulverizador costal (capacidade de 20 litros) e utilizou-se silicato de potássio na concentração de 100 ml/20 litros aos 20, 40, 60 e 80 dias após o plantio, em cada parcela foi aplicado 2 litros da solução. A fonte de silício utilizada foi o Quimifol<sup>®</sup> cujas garantias são 10% de Si (131 g L<sup>-1</sup>) e 10% de K<sub>2</sub>O (131 g L<sup>-1</sup>).

No plantio foram utilizadas ramas da variedade Campina, retiradas de plantio jovem (entre 70 e 80 dias), em uma área próxima ao experimento, cortadas com um dia de antecedência para facilitar o manejo e seccionado em pedaços de aproximadamente 40 cm de comprimento, contendo em média oito entrenós e enterrado pela base na profundidade de 10 a 12 cm.

Durante a condução do trabalho em campo foram executadas capinas manuais com o auxílio de enxadas, visando manter a área livre de plantas daninhas e fornecimento de água pelo sistema de gotejamento (fita gotejadora), com turno de rega de dois dias, no período de ausência de precipitação. A colheita foi realizada aos 110 dias após o plantio, e as raízes colhidas foram transportadas para um galpão, para determinação das características de produção.

Não foi realizado controle fitossanitário devido as plantas não terem apresentado nenhum sintoma de ataque de pragas ou doenças.

### **3.1 Características avaliadas**

#### **3.1.1 Massa média de raízes comerciais**

Quantificada pela relação entre a produção da parcela e os números de raízes colhidas comerciais, com os resultados expressos em gramas. Foram consideradas raízes comerciais aquelas com massa de 80 a 400 g (EMBRAPA, 2008).

#### **3.1.2 Número e produção de raízes planta<sup>-1</sup>**

Foram obtidos, respectivamente, pela contagem e pesagem de todas as raízes comerciais, dividido pelo número de plantas de cada parcela.

#### **3.1.3 Produtividades total e comercial de raízes**

Obtidas através da pesagem de todas as raízes colhidas, a produtividade comercial correspondeu a produção de raízes com massa variando entre 0,80 a 400g (EMBRAPA 2008.), sendo os dados transformados em t ha<sup>-1</sup>.

#### **3.1.4 Massa fresca e seca da parte aérea**

Aos 85 dias após o plantio foi determinada a massa fresca da parte aérea, através da pesagem de duas plantas por parcela experimental, pesadas em balança com capacidade de 5 kg. Após a pesagem, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e transportadas para o Laboratório de Análise de Sementes para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C durante quatro dias, tempo necessário para atingir peso constante, e em seguida foram pesadas em balança de precisão, para obter massa seca.

#### **3.1.5 Teor de amido e cinza nas raízes**

Para o amido a polpa foi removida com o auxílio de uma faca inoxidável homogeneizada para subseqüentes análises de glicose e amido, de acordo com o método descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). A cinza foi determinada pela combustão da matéria seca em mufla a uma temperatura constante de 550 °C durante 2 horas e a após esse período as amostras foram colocadas em dessecador e pesadas (AOAC, 1995).

### 3.1.6 Teor de P e Si foliar

Foram coletadas 20 folhas de cada parcela, aos 80 dias após o plantio, e acondicionadas em sacos de papel e transportadas para o Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Paraíba, as quais foram secas em estufa com circulação de ar forçada, regulada a 60-65 °C por um período de 72 horas, e posteriormente, moídas para determinação dos teores de fósforo (TEDESCO et al., 1995) e silício conforme metodologia de Furlani & Galo (1978).

### 3.2 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e de regressão. Dentro de cada forma de aplicação, foram testados diversos modelos polinomiais para os efeitos de doses de  $P_2O_5$  e aplicação de silício foliar. O critério para escolha do modelo foi a significância pelo teste F a 5% de probabilidade e que tenha apresentado valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), acima de 0,5. O programa utilizado foi o SAS versão 9.2 (SAS, 2010).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os resumos das análises de variância, a massa média, número de raízes, e a produção de raízes comerciais por planta<sup>-1</sup> foram alteradas apenas pela interação entre as de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e silício, enquanto as produtividades total e comercial de raízes foram influenciadas pelas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e silício, e pela interação entre ambas. De acordo com o desdobramento da interação, a massa média de raízes, o número e a produção de raízes planta<sup>-1</sup> e produtividade total de raízes se ajustaram a modelos quadráticos de regressão na presença e ausência de silício. O número de raízes planta<sup>-1</sup> se enquadrou a modelos quadrático na presença de silício e linear na sua ausência, e a produtividade comercial se ajustou melhor ao modelo quadrático de regressão na presença e ausência de silício (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumos das análises de variância e regressão para a massa média de raízes comerciais (MM), número de raízes (NRP), produção de raízes comerciais planta<sup>-1</sup> (PP), produtividade total (PT) e produtividade comercial de raízes (PC), em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na presença e ausência de silício. Areia, CCA-UFPB, 2018.

Fonte de variação	Quadrado médio					
	GL	MM	NRP	PP	PT	PC
<b>Blocos</b>	3	550.52 <sup>ns</sup>	0.225 <sup>ns</sup>	216.77 <sup>ns</sup>	552.00 <sup>ns</sup>	150.95 <sup>ns</sup>
<b>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (P)</b>	5	66.69 <sup>ns</sup>	0.011 <sup>ns</sup>	180.25 <sup>ns</sup>	466.44 <sup>**</sup>	7.74 <sup>**</sup>
<b>Silício (Si)</b>	1	372.62 <sup>ns</sup>	0.032 <sup>ns</sup>	346.56 <sup>ns</sup>	490.66 <sup>*</sup>	7.86 <sup>*</sup>
<b>P x Si</b>	5	293.82 <sup>*</sup>	0.075 <sup>*</sup>	270.91 <sup>*</sup>	263.97 <sup>*</sup>	21.78 <sup>**</sup>
<b>Doses/presença</b>						
<b>Linear</b>	1	82.97 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	20.11 <sup>ns</sup>	896.93 <sup>ns</sup>	4.11 <sup>*</sup>
<b>Quadrática</b>	1	956.67 <sup>*</sup>	0.248 <sup>**</sup>	121.09 <sup>*</sup>	203.34 <sup>**</sup>	19.44 <sup>*</sup>
<b>Doses/ausência</b>						
<b>Linear</b>	1	173.71 <sup>ns</sup>	0.112 <sup>*</sup>	107.14 <sup>ns</sup>	118.87 <sup>ns</sup>	19.56 <sup>n*</sup>
<b>Quadrática</b>	1	0.14 <sup>*</sup>	0.020 <sup>ns</sup>	271.68 <sup>*</sup>	52.44 <sup>*</sup>	5.88 <sup>**</sup>
<b>Resíduo</b>	20					
<b>CV (%)</b>		14.08	15.59	19.65	22.72	21.00

<sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo.

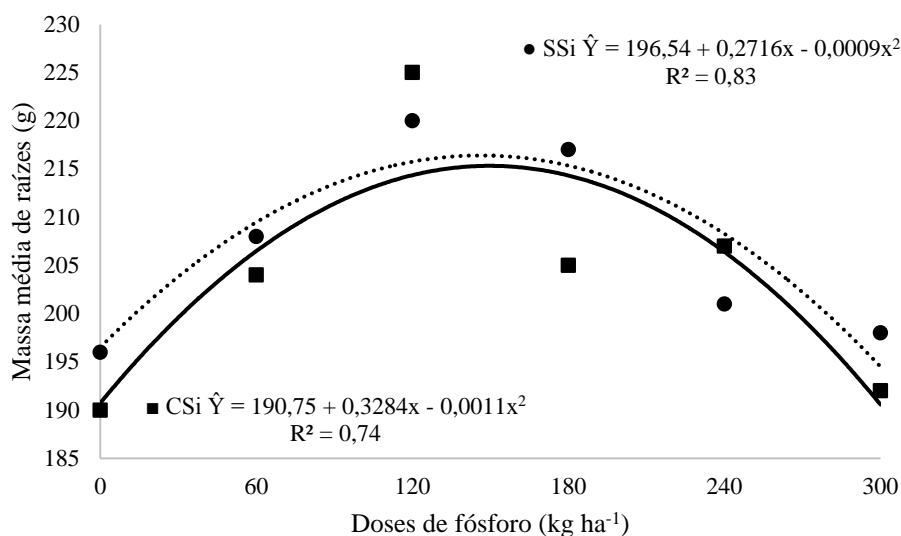
#### 4.1 Massa média de raízes comerciais

A maior massa média de raízes comerciais de batata-doce foi de 215 g nas doses de 149,2 e 150,8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na presença e ausência do silício, respectivamente (Figura 1), a qual se situa dentro do padrão para as raízes comerciais entre 80 e 400 g, conforme EMBRAPA (2008), e demonstra que o fósforo associado ou não ao silício desempenhou papel importante nessa característica, porque esse nutriente fornecido em quantidades adequadas, desde o início do desenvolvimento vegetal, estimula o desenvolvimento radicular, é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas e, em geral, incrementa a produção nas culturas (MARQUES et al., 2014). Com isto, observa-se que doses menores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e massa média dentro dos padrões exigidos, possivelmente poderão ter maior viabilidade econômica e ambiental, uma vez que a massa média obtida nesse trabalho (215 g) encontra-se dentro deste padrão.

Nas mesmas condições edafoclimáticas onde realizou-se o presente trabalho, Silva (2004) trabalhando com fósforo em batata-doce observou que a massa média de raízes aumentou linearmente com as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e dos espaçamentos entre plantas, com massa média superior a obtida nesse estudo, 490 g com o fornecimento de quantidade elevada de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 400 kg ha<sup>-1</sup>.

Provavelmente, o silício melhorou a arquitetura das folhas, deixando-as mais eretas, o que possivelmente incrementou a interceptação de luz, refletindo no aumento da fotossíntese, da produção de carboidratos, consequentemente na melhoria do produto colhido (FIGUEIREDO et al., 2007). Soratto et al. (2012a) avaliando a aplicação de silício na cultura da batata obtiveram aumento na massa média de tubérculos, enquanto Pulz et al. (2008), verificaram aumento do peso dos tubérculos com a aplicação no solo de silicato de cálcio e magnésio.





**Figura 1.** Massa média de raízes de batata-doce adubada com doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e presença (■) e ausência (●) de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018.

#### 4.2 Número de raízes planta<sup>-1</sup>

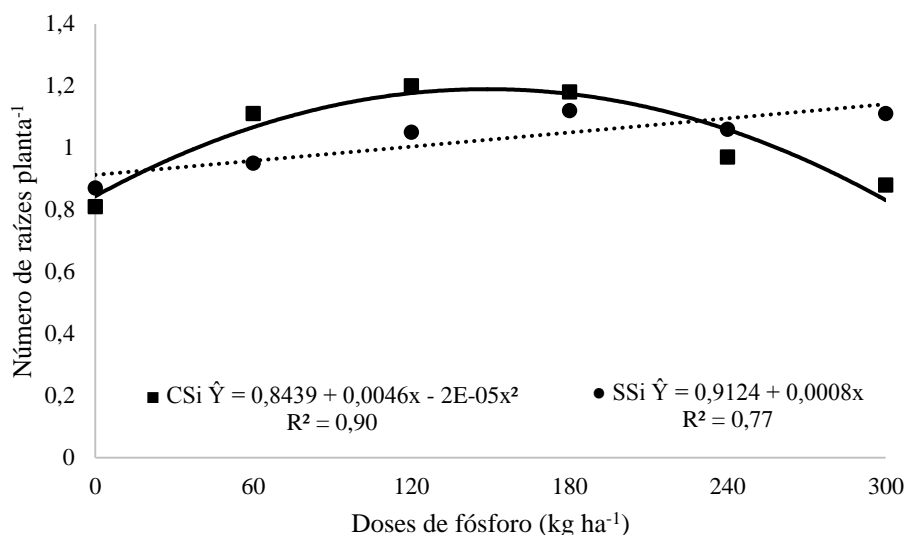
O número de raízes planta<sup>-1</sup> na batata-doce atingiu valor máximo de 1,2 raízes na dose de 115 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e presença do silício, quando o fósforo foi aplicado sem o silício, o número de raízes aumentou linearmente, com valor máximo de 1,2 na dose de 300kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 2). Esses números podem ser considerados adequados para espécie, isso porque Oliveira et al. (2005b) trabalhando com fósforo obteve número médio de 1 a 2 raízes comerciais, nas mesmas condições desse estudo. Com isto, observa-se que ao aplicar o silício houve redução na quantidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Desta forma, o uso de silício poderá reduzir os custos com a aquisição de adubos e reduzir impactos ambientais, tendo em vista que o mineral fósforo, é proveniente de rocha em escassez na natureza (ASHLEY et al., 2011).

Quanto ao efeito do fósforo sobre essas características, isto se deve ao fato de que o mesmo é um nutriente essencial para as hortaliças, e sua presença na solução do solo promove um adequado desenvolvimento, favorece o crescimento do sistema radicular elevando a sua produção e qualidade (FILGUEIRA, 2013; KOETZ et al., 2012).

Estes resultados se assemelham aos de Silva (2004) que trabalhando com doses de fósforo e espaçamentos entre plantas obteve aumento no número de raízes com máximo de 2,4 na dose de 140 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Na batata em solos com baixa

disponibilidade de fósforo, Fernandes et al. (2016), observou aumento no número de tubérculos produzidos por planta, quando aplicou fósforo em quantidade equilibrada.

Esses resultados diferem dos obtidos por Soratto et al. (2012b) que estudando a aplicação do silício na cultura da batata não observaram influência do silício no número de tubérculos por planta.



**Figura 2.** Número de raízes planta<sup>-1</sup> adubada com doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e presença (■) e ausência (●) de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018.

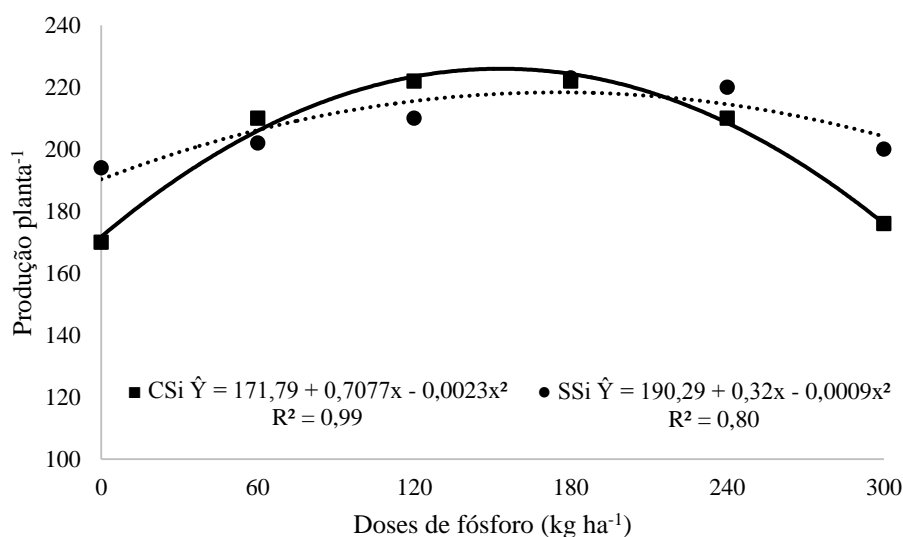
#### 4.3 Produção planta<sup>-1</sup>

O comportamento quadrático da produção de raízes comerciais planta<sup>-1</sup> na batata-doce permitiu a obtenção de produções de 226,2 e 218,7 g planta<sup>-1</sup> com uso de 153,8 e 177,7 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, na presença e ausência de silício (Figura 3). Provavelmente, durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, as doses de fósforo responsáveis pelas máximas produção planta<sup>-1</sup>, juntamente com as aplicações de silício via foliar, supriram de forma equilibrada as necessidades nutricionais da batata-doce.

Resultados de Silva (2004), testando doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nas mesmas condições desta pesquisa, alcançou a maior produção de raízes planta<sup>-1</sup> de 321 g, obtida com a dose estimada de 254 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Porém, os resultados dessa pesquisa são superiores aos

obtidos por Oliveira et al. (2006) estudando  $P_2O_5$  na batata-doce, no mesmo local do presente do estudo.

Essa superioridade pode ser devido ao fato de que o aumento do número de raízes comerciais planta<sup>-1</sup> em função das doses de  $P_2O_5$ , se deve provavelmente a elevação da massa média de raízes comerciais. Esse, ocorreu possivelmente até um ponto ótimo de equilíbrio nutricional, onde a planta expressou melhor seu potencial produtivo e passou a decrescer, provavelmente pelo desequilíbrio nutricional, devido ao excesso de  $P_2O_5$ , em relação aos outros nutrientes (OLIVEIRA et al., 2006).



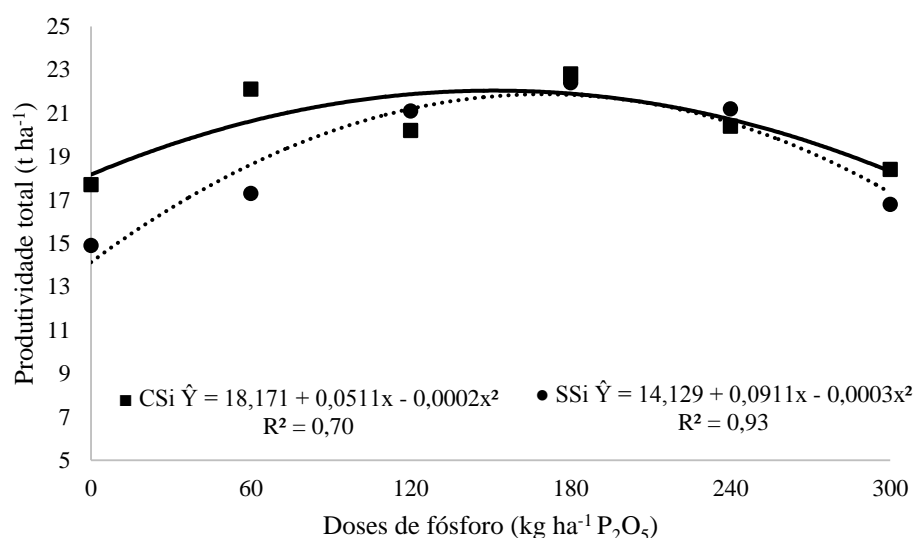
**Figura 3.** Produção planta<sup>-1</sup> de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença (■) e ausência (●) de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018.

#### 4.4 Produtividade total

A produtividade total de raízes alcançou o máximo de 21,4 t ha<sup>-1</sup> na dose de 127,7 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  na presença do silício, e na ausência deste insumo, a produtividade ótima foi 21 t ha<sup>-1</sup> com dose de 151,8 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  (Figura 4), com pequena superioridade para a presença do silício, e com menos quantidade de  $P_2O_5$ , (24,1 kg ha<sup>-1</sup>), demonstrando que a aplicação de silício reduziu a dose de  $P_2O_5$  e consequentemente diminuirá os custos com a adubação, embora seja considerada uma espécie não acumuladora de silício uma vez que possui teores foliar entre 0,5 a 1 g kg<sup>-1</sup> (MA et al., 2001).

Alguns estudos afirmam que as reservas globais de fosfato comercial serão esgotadas em 50 - 100 anos (SATTARI et al., 2012), e provavelmente as reservas restantes tenham cada vez mais baixa qualidade e seja mais dispendioso para extrair, o que significa que o fornecimento de fertilizantes fosfatados de alta qualidade também se tornará progressivamente mais restrita (CORDELL et al., 2009). Dessa forma, o uso do silício irá contribuir para redução do fósforo utilizado, reduzindo os custos de produção e o impacto ambiental, já que a disponibilidade deste nutriente se tornará mais restrita.

Na planta, o fósforo tem muitas funções, como armazenar energia na fotossíntese e respiração, assim como energia para reações de síntese de proteínas, fixação biológica de nitrogênio, absorção iônica e outras (MALAVOLTA, 2006). O fornecimento de doses adequadas de fósforo estimula o desenvolvimento radicular, é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas, é vital para os processos metabólicos, florescimento e desenvolvimento de raiz da batata-doce e, em geral, incrementa a produção nas culturas (HAMEDA et al., 2011).



**Figura 4.** Produtividade total de raízes de batata-doce adubada com doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e presença (■) e ausência (●) de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018.

Portanto, Oliveira et al. (2005b) obtiveram produtividade total de raízes, e 23,5 t ha<sup>-1</sup> com 259 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nascimento (2013) obteve produtividade de 24,4 t ha<sup>-1</sup>, adquirida com a dose estimada de 190 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com incremento de 116% em relação a ausência do insumo. Doses maiores que 190 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionaram menores produtividades.

Quanto a interação de fósforo e silicato, Melo (2005), relata que essa interação, demonstrou que a aplicação de doses de silício semelhantes as do nosso estudo (100 ml/20 litros de água) reduziu a aplicação de fósforo. Possivelmente isso pode ocorrer com batata-doce, porque na presença do silício foi necessário 127,7 kg ha<sup>-1</sup> e na sua ausência 151,8kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>.

Com relação ao efeito isolado do silício, Gonçalves et al. (2008) verificaram que a sua aplicação foliar proporcionou maior produtividade total e comercial de tubérculos na batata, além de observar folhas mais eretas das plantas, comercial e maior percentagem de tubérculos sem defeitos.

#### **4.5 Produtividade comercial**

As doses de 169,8 e 187,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram responsáveis pelas máximas produtividades de raízes comerciais de batata-doce, 19,5 e 19,1 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente na presença e ausência de silício (Figura 5), com superioridade no uso do silício, indicando redução na aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sobre essa característica. Estes resultados superam as produtividades média da região Nordeste, estimada em 9,4 t ha<sup>-1</sup> IBGE (2013), e média para o estado de Sergipe, considerado o maior produtor nordestino de 14,4 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2013). Essas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> são superiores aquela recomendada por Filgueira (2013) para espécie, nas condições de solo e clima da região Sudeste.

Esse resultado pode indicar que o fósforo incrementou a produtividade comercial da batata-doce por atender as suas necessidades nutricionais. De acordo com relatos de Avalhaes et al. (2009) e Oliveira et al. (2011), o fornecimento de doses adequadas de fósforo, desde o início do desenvolvimento vegetal, estimula o desenvolvimento radicular, é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas e, em geral, incrementa a produção nas culturas. É possível que a matéria orgânica fornecida juntamente com as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em adubação de plantio (15 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino) auxiliaram na resposta da batata-doce à aplicação do fósforo, conforme já verificaram Oliveira et al. (2006). Aliado a isso, é provável que a adubação com material orgânica ajudou na formação de um ambiente menos oxidativo com menor interação do P com os óxidos de Al e Fe, reduzindo os sítios de fixação e favorecendo o maior aproveitamento do fósforo pela planta (CUBILLA et al., 2007).

Portanto, resultados de pesquisas demonstram que o fósforo proporciona boas produtividades de batata-doce. Nascimento (2013) produziu 16,7 t ha<sup>-1</sup> fornecendo 191

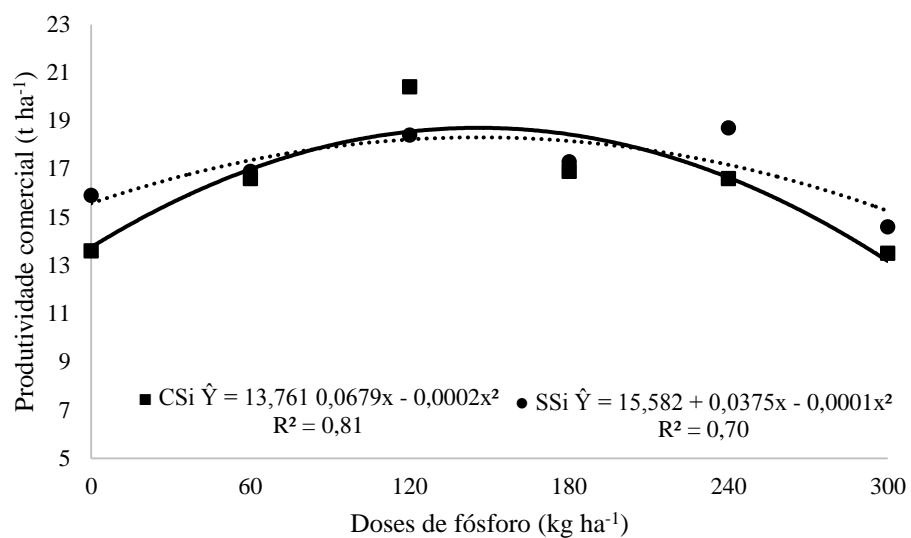
kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Gomes (2010), avaliando duas cultivares de batata-doce observou resultados positivos de fósforo na produtividade de raízes 16,3 t ha<sup>-1</sup> com 188,13 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e Oliveira et al. (2005b e 2006), avaliando a resposta da batata-doce a doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, também observaram ajuste quadrático da produtividade de raízes comerciais mediante aumento na dose, sendo as máximas produtividades de 23,5 e 18,7 t ha<sup>-1</sup> alcançadas com 259 e 210 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

Com relação ao silício, a resposta da batata-doce a sua aplicação foliar com aumento de produtividade, pode ser atribuído ao fato de que o seu fornecimento pode melhorar a nutrição fosfatada e aumentar o crescimento das culturas (TAKAHASHI, 1995), e apesar das espécies tuberosas não serem plantas acumuladoras de silício, já existem evidências de que seu fornecimento em hortaliças tuberosas, além de aumentar seu teor e a disponibilidade de fósforo no solo, também promove a sua maior absorção de fósforo pela planta, e conseqüentemente, aumenta a produtividade comercial (CRUSCIOL et al., 2013; FERNANDES, 2013).

Possivelmente, a sua ação no aumento da capacidade fotossintética das plantas, desenvolvimento de plantas, redução da transpiração, contribuição para melhor aproveitamento da água fornecida, aumento da resistência mecânica das células, e a insetos e doenças, bem como a atuação na diminuição do efeito tóxico do Mn, Fe e outros metais pesados, e aumento da absorção e metabolismo do fósforo (SOUSA et al., 2010), contribuíram para esses resultados.

Portanto, Pilon (2011) observou efeitos positivos de fontes de silício em algumas tuberosas. Em batata, cultivada sob disponibilidade hídrica adequada em casa de vegetação, a aplicação de 50 mg dm<sup>-3</sup> de silício ao solo, na forma do produto fertilisilica, gerou pequenos acréscimos nos teores de fósforo disponível no solo e proporcionou aumento na produtividade de tubérculos da classe especial.

Voogt & Sonneveld (2001) observaram que existem culturas hortícolas que absorvem quantidades significativas de silício, como por exemplo, a alface, onde verificaram que a absorção de Si pela cultura foi pequena, e o conteúdo de silício nas plantas que receberam o tratamento foi maior em comparação as do tratamento sem silício.



**Figura 5.** Produtividade comercial de raízes de batata-doce adubada com doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e presença (■) e ausência (●) de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018.

De acordo com os resumos das análises de variância, as massas fresca e seca da parte aérea foram influenciadas apenas pela interação entre doses de  $P_2O_5$  e silício, enquanto os teores de amido e cinza nas raízes de batata-doce e o teor de P foliar foram alteradas pelas doses de  $P_2O_5$  e silício e pela interação entre eles. Desdobrando as interações verificou-se que as médias da massa fresca e seca da parte aérea, o teor de cinza e fósforo ajustaram-se a modelos quadráticos de regressão na presença e ausência de silício, enquanto o teor de amido ajustou-se a modelos linear e quadrático na presença e ausência de silício (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumos das análises de variância para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) amido, cinza, fibra e fósforo em função de doses de fósforo e adubação foliar com silício. Areia, CCA-UFPB, 2018.

Fonte de variação	Quadrado médio					
	GL	MFPA	MSPA	Amido	Cinza	Fósforo
<b>Blocos</b>	3	195.19 <sup>ns</sup>	560.19 <sup>ns</sup>	0.503 <sup>ns</sup>	0.138 <sup>ns</sup>	0.075 <sup>ns</sup>
<b>Doses de <math>P_2O_5</math> (P)</b>	5	276.77 <sup>ns</sup>	401.96 <sup>ns</sup>	1.246 <sup>*</sup>	0.096 <sup>*</sup>	0.854 <sup>*</sup>
<b>Silício (S)</b>	1	103.11 <sup>ns</sup>	191.36 <sup>ns</sup>	0.469 <sup>*</sup>	1.048 <sup>**</sup>	0.230 <sup>**</sup>
<b>P x S</b>	5	525.11 <sup>*</sup>	794.22 <sup>*</sup>	0.926 <sup>*</sup>	0.046 <sup>*</sup>	0.144 <sup>*</sup>
<b>Doses/C</b>						
<b>Linear</b>	1	2283.57 <sup>ns</sup>	422.87 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>*</sup>	0.006 <sup>ns</sup>	0.327 <sup>ns</sup>
<b>Quadrática</b>	1	2172.57 <sup>*</sup>	304.48 <sup>*</sup>	1.651 <sup>**</sup>	0.392 <sup>*</sup>	0.304 <sup>*</sup>
<b>Doses/S</b>						
<b>Linear</b>	1	921.90 <sup>ns</sup>	18.90 <sup>ns</sup>	0.576 <sup>*</sup>	0.151 <sup>ns</sup>	0.326 <sup>ns</sup>
<b>Quadrática</b>	1	2051.25 <sup>*</sup>	260.57 <sup>*</sup>	0.019 <sup>*</sup>	0.610 <sup>**</sup>	0.243 <sup>*</sup>
<b>Resíduo</b>	20					
<b>CV (%)</b>		15,31	14,00	9,40	11,12	9,46

<sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente; <sup>ns</sup> Não significativo.

#### 4.6 Massa fresca da parte aérea

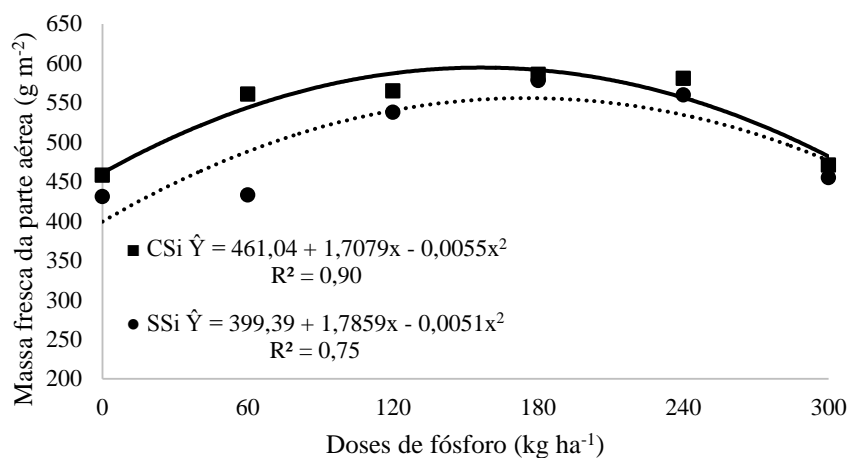
O valor máximo da massa fresca da parte aérea da batata-doce foi de 0,593 kg m<sup>-2</sup> obtida na dose de 155,3 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  com silício, e sem esse insumo, a massa fresca foi igual a 0,555 kg m<sup>-2</sup> adquirida na dose de 175 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  (Figura 6).



Esses resultados demonstram que houve redução de 12% na quantidade de  $P_2O_5$  quando se utilizou silício, e a produção de massa fresca foi superior a  $0,38 \text{ kg m}^{-2}$  em relação ao valor obtido sem a sua aplicação.

A cultivar Campina usada nesse experimento é considerada conforme Massaroto (2013), um material com potencial para a produção de massa verde visando à alimentação animal, devido ao grande volume produzido. De acordo com Monteiro (2007), as ramas de batata-doce, por possuírem alto teor de proteína bruta e boa digestibilidade, podem ser usadas, principalmente, na alimentação animal de forma *in natura*, trituradas em fragmentos menores, ou na forma de silagem. Porém, ocorre uma variação entre genótipos e preferencialmente as ramas devem ser colhidas ainda em estágio jovens, isso porque ramas maduras possuem menos umidade e nutrientes (ANDRADE JUNIOR et al., 2012).

Os resultados obtidos nesta pesquisa diferem dos encontrados por Abdissa et al. (2012) que ao estudar a aplicação de  $P_2O_5$  na batata-doce até a dose de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$ , observaram que não houve incremento na massa fresca da parte aérea. Medeiros et al. (1994), avaliando os efeitos de níveis crescentes de fósforo sobre a produção de cenoura, observaram que ocorre grande influência do fósforo sobre a produção de matéria fresca da parte aérea nessa hortaliça. Com relação ao silício, efeitos benéficos sobre o crescimento após a sua aplicação foram relatados para várias plantas hortícolas, como por exemplo, a batata (PILON et al., 2013).



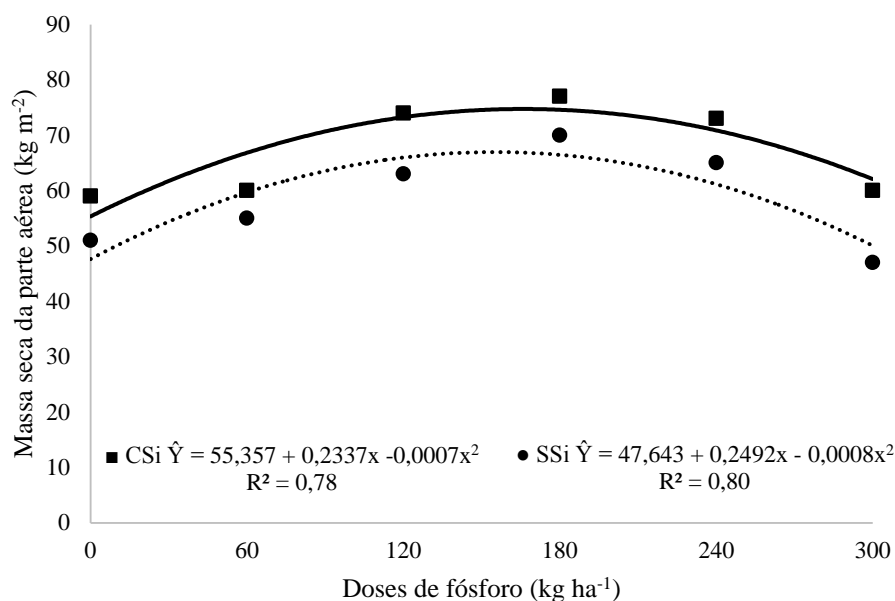
**Figura 6.** Massa fresca da parte aérea de plantas de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença (■) e ausência (●) de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018.

#### 4.7 Massa seca da parte aérea

A batata-doce produziu massa seca da parte aérea igual a  $0,75 \text{ kg m}^{-2}$  na presença do silício e de  $0,67 \text{ kg m}^{-2}$  na ausência deste nutriente, respectivamente nas doses de 166,9 e 155,8  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . A interação entre fósforo e silício incrementou a produção de massa em 14,9%. (Figura 7). A resposta positiva da batata-doce no que diz respeito a produção de massa seca, possivelmente ocorreu devido à rápida disponibilização dos nutrientes e absorção pela planta, conforme Prado (2008), que relata efeitos positivos do fósforo associado ao silício na produção de massa seca em solos tropicais. Portanto, nas hortaliças o acúmulo de nutrientes no solo ocorre em um padrão de crescimento de massa seca, variando com a espécie e cultivar (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Os resultados desta pesquisa diferenciam dos obtidos por Guimaraes (2016), que avaliou a produção de massa seca na batata-doce nos genótipos Rainha branca e Paraíba, onde obteve valores superior (137,75 e 131,75 g). Esses genótipos possivelmente são fotossinteticamente ativos e eficientes na absorção de nutrientes, em relação a cultivar Campina, isso porque a produção de matéria seca está diretamente relacionada aos processos de fotossíntese e de respiração durante as fases vegetativas e reprodutivas das culturas (TEKALIGN & HAMMES, 2005). Porém, Nascimento (2013) obteve produção de massa seca na batata-doce inferior a do presente estudo ( $0,36 \text{ kg m}^{-2}$ ), quando forneceu  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Mesmo não sendo considerado um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, o silício tem sido associado a diversos efeitos benéficos, dentre os quais se destacam: o baixo coeficiente de transpiração e a maior rigidez estrutural dos tecidos, somando-se a isto o aumento do número de folhas e da matéria seca da parte aérea (EPSTEIN, 1999).



**Figura 7.** Massa seca da parte aérea de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença (■) e ausência (●) de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018.

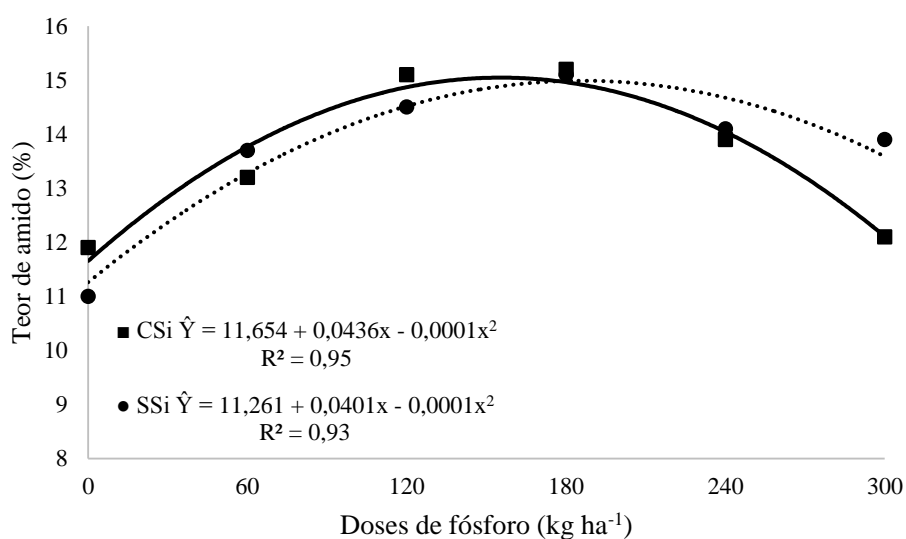
#### 4.8 Teor de amido

Os teores de amido na batata-doce em função das doses de  $P_2O_5$  na presença e ausência de silício via foliar foram de 16,4 e 14,3%, nas doses de 160,3 e 200,5 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$ , respectivamente (Figura 8). Desta maneira, observou-se que a aplicação do silício diminuiu a quantidade de fósforo e aumentou em 2% o teor de amido, provavelmente devido a influência do fósforo na formação e acumulação do amido nos tubérculos da batata-doce, isso porque conforme Taiz & Zeiger (2013), o amido é sintetizado a partir da triose fosfato via frutose-1,6-bifosfato, sendo o fósforo elemento indispensável nesse processo. A influência do fósforo no aumento do teor de amido em raízes, foi verificado por Perim et al. (1983) na cultura da mandioca, quando utilizaram doses de 50 a 400 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  em um solo de cerrado.

Os percentuais de amido obtidos nesta pesquisa situam-se dentro dos valores de referência para a espécie, 13,4% - 29,2% (EMBRAPA, 1995) e supera o teor mínimo tolerado, em 2,3%, indicando a influência do fósforo na sua formação e na acumulação na batata-doce, que pode ser explicada pelo fato dessa hortaliça ter sido colhida quando atingiu sua maturação fisiológica (110 dias). Oliveira et al. (2005b) relatam que a

maturidade influencia o conteúdo de amido nas raízes tuberosas, sendo que o seu máximo é alcançado na sua completa maturidade.

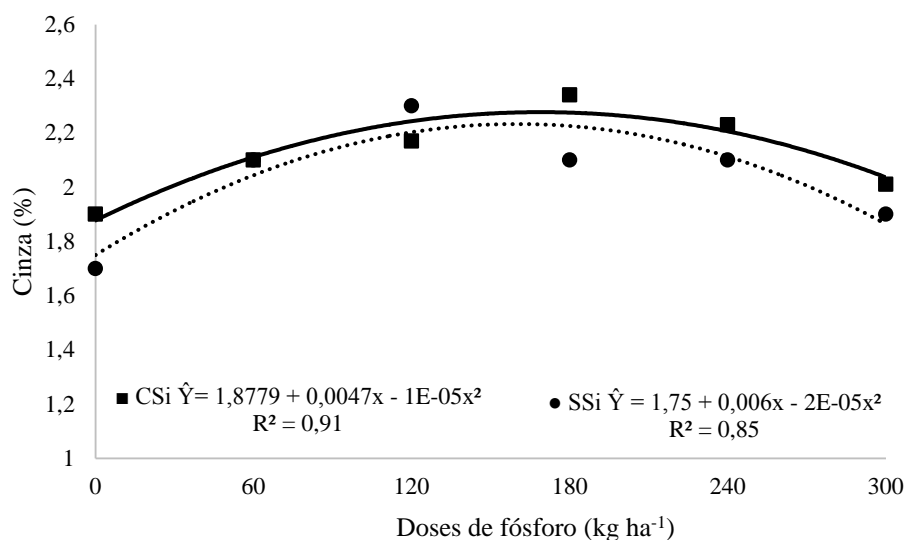
Alguns autores retratam efeitos do fósforo sobre o teor de amido, Oliveira et al., (2005b) verificaram que a aplicação 293 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionou teor de 15,7% de amido e Silva (2004) utilizando doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na batata-doce observa que o menor percentual de amido (14,9%), foi obtido na ausência de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e o maior (16,1%) com as doses de 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Esses tratamentos aumentaram em 1,2% o teor de amido na raiz da batata-doce em relação a ausência de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



**Figura 8.** Teor de amido nas raízes de batata-doce adubada com doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e presença (■) e ausência (●) de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018.

#### 4.9 Teor de cinzas

Com relação a cinzas, o fornecimento de 180 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com e sem silício foram capazes de acumular na batata-doce os teores 2,4 e 2,2%, respectivamente (Figura 9). Esses teores foram superiores ao registrado pela TACO-UNICAMP (2006) para a batata-doce em 0,9% e Abegunde et al., (2013), que avaliando o teor de cinzas em genótipos de batata-doce obtiveram médias variando de 0,10% a 0,47%, demonstrando que o fósforo independente do silício enriqueceu a batata-doce em minerais, uma vez que o teor de cinzas retrata o acúmulo de minerais nas espécies vegetais (RECH et al., 2006).



**Figura 9.** Teor de cinza nas raízes de batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença (■) e ausência (●) de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018.

#### 4.10 Teor de P foliar

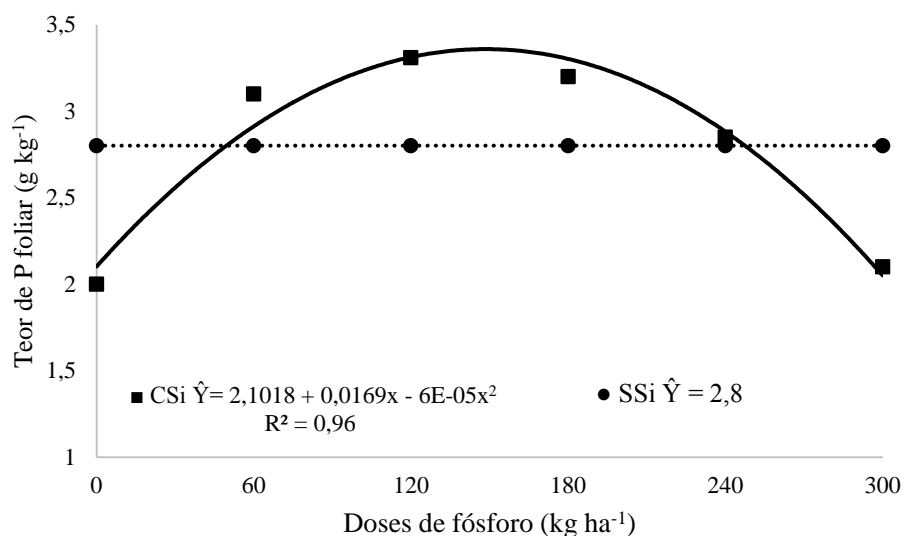
Quando foi aplicado silício, o teor de P foliar foi de  $3,29 \text{ g kg}^{-1}$  na dose de  $140,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Entretanto, na ausência do silício a batata-doce acumulou nas suas folhas teor médio  $2,8 \text{ g kg}^{-1}$  em função das doses de  $P_2O_5$  (Figura 10). Estes teores encontram-se dentro do intervalo de  $2,5$  a  $3,5 \text{ g kg}^{-1}$ , conforme Malavolta et al. (1997), para espécies tuberosas supridas com fósforo, e foram inferiores aos teores obtidos por Oliveira et al. (2005b), nas mesmas condições edafoclimáticas do presente estudo,  $3,7$  e  $4,7 \text{ g kg}^{-1}$  adubando a batata-doce com NPK.

Diversos autores retratam efeito do fósforo sobre o teores de P na batata-doce, entre eles Nascimento (2013) que obteve teores de  $3,8$  e  $4,6 \text{ g kg}^{-1}$  com  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ , e Cruz et al. (2016),  $3,7$  e  $4,7 \text{ g kg}^{-1}$  com adubação balanceada em fósforo.

A redução da concentração de fósforo na folha da batata-doce em doses acima de  $140,8 \text{ kg ha}^{-1}$ , ocorreu provavelmente em função do efeito diluição, decorrente de um maior crescimento vegetativo, não acompanhado de uma absorção suficiente do nutriente (OLIVEIRA et al., 2005a).

Quanto ao silício, Carvalho et al. (1999) afirmam que mesmo ele não sendo considerado um elemento essencial, quando colocado à disposição das plantas contribui para o melhor aproveitamento de outros nutrientes pelas planta, e refletindo sobre o

acumulo na folha. Nesse sentido Soratto et al. (2012a) observou aumento do teor P foliar na aveia, em função do fornecimento de Si na folha.



**Figura 10.** Teor de P foliar na cultura da batata-doce adubada com doses de  $P_2O_5$  e presença (■) e ausência (●) de adubação foliar com silício. Areia-PB, CCA-UFPB, 2018.

#### 4.11 Teor de Si

Não houve influência da aplicação de Si sobre o seu acúmulo nas folhas da batata-doce, pelo fato de que possivelmente a concentração aplicada (100 ml/20 litros) não foi suficiente para tanto. De acordo com Haynes (2014), concentrações baixas de Si, as vezes não é suficiente para seu acúmulo nas folhas. Nesse sentido, Matlou (2006) afirma que aplicação foliar de Si (Silicato de potássio) em baixa concentração, não aumenta significativamente as concentrações deste nutriente no tecido vegetal.

### 5. CONCLUSÕES

- ✓ Todas as características avaliadas foram alteradas pela interação doses de  $P_2O_5$  e silício, com exceção do teor foliar de P que aumentou apenas pelas doses de  $P_2O_5$ ;
- ✓ A aplicação de fósforo independente do silício melhorou a qualidade das raízes de batata-doce;
- ✓ Doses de  $P_2O_5$  entre 105 e 200,5 kg ha<sup>-1</sup> promoveram aumentos nas variáveis avaliadas;
- ✓ A aplicação de silício via foliar reduziu a quantidade de  $P_2O_5$  aplicado, exceto para as variáveis massa seca da parte aérea e teor de cinza.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEGUNDE, O. K.; MU, T. H.; CHEN, J. W.; DENG, F. M. Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. **Food Hydrocolloids**, v.33, n.12, p.169-177, 2013.

ABDISSA, T.; DECHASSA, N.; ALEMAYEHU, Y. Sweet potato growth parameters as affected by farmyard manure and phosphorus application at Adami Tulu, Centra Rift Valley of Ethiopia. **Agricultural Science Research Journal**, v. 2, n. 1, p.1-12, 2012.

ANDREANI JUNIOR, R.; LOURENÇO, E. A. Efeito de adubação fosfatada sobre o desenvolvimento de raízes de rabanete cv. Juliete. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 376, 2003.

ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA D. J. S.; PINTO N. A. V. D.; RIBEIRO K.G.; PEREIRA, R. C.; NEIVA, I. P.; AZEVEDO, A. M.; ANDRADE, P. C. R. Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. **Horticultura Brasileira**. v.30, n.3, p.584-589, 2012.

ASHLEY, K.; CORDELL, D.; MAVINIC, D. A brief history of phosphorus: From the philosopher's stone to nutrient recovery and reuse. **Chemosphere**. v.84, n.16, p. 737-746, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (method 958.06)**. Arlington: A. O. A. C. 1995, chapter 39. p. 21.

AVALHAES, C. C.; PRADO, R. M.; GONDI, A. R. O.; ALVES, A. U.; CORREIA, M. A. R. Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo. **Scientia Agrária**. v.10, n.3, p. 75-80, 2009.

ÁVILA, R. W.; RIBEIRO, R. A. K.; FERREIRA, V. L.; STRÜSMANN, C. Natural history of the coral snake *Micrurus pyrhocryptus* Cope 1862 (Elapidae) from Semideciduous Forests of Western Brazil. **South American Journal of Herpetology**. v. 5, n. 2, p. 97-101, 2010.

BATISTA, M. A. V. **Adubação verde na produtividade, qualidade e rentabilidade de beterraba e rabanete**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.123 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). 2011.

BERNI, P.; CHITCHUMROONCHOKCHAI, C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; MOURA, F. F.; FAILLA, M. L. Comparison of content and in vitro bioaccessibility of provitamin A carotenoids in home cooked and commercially processed orange fleshed sweet potato (*Ipomea batatas* Lam). **Plant Foods for Human Nutrition**. v. 70, n. 1, p. 1-8, 2015.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Editora Metrópole, 344 p, 2008.

CARRE-MISSIO, V.; RODRIGUES, F. A.; SCHURT, D.A.; REZENDE, D. C.; RIBEIRO, N. B.; ZAMBOLIM, L. Aplicação foliar de silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas na redução da mancha de *Pestalotia* em morango. **Tropical Plant Pathology**, v.35, n. 2, p.182-185, 2010.

CARVALHO, R.; FURTINE NETO, A. E.; NILTON, C. FERNANDES, L. A. Dessorção de fósforo por silício em solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 24, n.3, p. 69-74, 2001.

CARVALHO, S. P.; MORAES, J. P.; CARVALHO, J. G. Efeito do Silício na Resistência do Sorgo (*Sorghum bicolor*) ao Pulgão-Verde (*Schizaphis graminum*) (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, n.3, p.505-510, 1999.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, J. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, D. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. 221 p.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Editora: UFLA, ed. 2, 2005, 785 p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Conjuntura de produtos agropecuários, Recife-PE, 2013. [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_09\\_16\\_14\\_19\\_58\\_conjuntura\\_agropecuaria\\_de\\_pernambuco\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_16_14_19_58_conjuntura_agropecuaria_de_pernambuco_2016.pdf). Acesso: 27/06/2017, às 18h30.

CORDELL, D.; DRANGERT, J. O.; WHITE, S. The story of phosphorus: global food security and food for thought. **Global Environmental Chang**. v.19, n.5, p.292-305, 2009.

COUTINHO, A. P. C. **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce**. 2007. 137 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

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



CRUZ, S. M. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; NASCIMENTO, A. S.; VARGAS, P. F. Mineral nutrition and yield of sweet potato according to phosphorus doses. **Comunicata Scientiae**. v.7, n. 2, p. 183-191, 2016.

CUBILLA, M. M.; AMADO, J. T. C.; WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; MIELNICZUK, J. Calibração visando à fertilização com fósforo para as principais culturas de grãos sob sistema plantio diretas no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.31, n.10, p.1463-1474, 2007.

DELAZARI, F. T.; FERREIRA, M. G.; SILVA, G. H.; DARIVA, F. D.; FREITAS, D.S.; NICK, C. Eficiência no uso da água e acúmulo de matéria na batata-doce em função de lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 115-128, 2017.

DOMENE, S. M. A. **Técnica dietética: teoria e aplicações**. Editora: Guanabara Koogan, ed.1, 2014. 350 p.

DUMBUYA, G.; SARKODIE-ADDU, J.; DARAMY, M. A.; JALLOH, M. Growth and yield response of sweet potato to different tillage methods and phosphorus fertilizer rates in Ghana. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**. v.4, n.5, p. 475-483, 2016.

ECHER, F. R. **Nutrição e adubação da batata-doce**. Presidente Prudente: Universidade do Oeste Paulista, 2015. 94 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 2ª ed.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 306p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. **Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)**. Instruções técnicas do CNPH 7, 3ª edição, Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. 8p, 1995.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). Sistema de produção, 6. 2008. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTLM/Batata-doce/Batata-doce\\_Ipomoea\\_batatas/referencias.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTLM/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/referencias.html). Acesso em: 25/10/2017.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, n. 01, p. 641-664, 1999.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 400 p.

FELTRAN, J. C.; FABRI, E. G. Batata-doce uma cultura versátil, porém sub-utilizada. **Nosso Alho**, v, 2, n. 6, p. 28-31, 2010.

FERNANDES, A. M. **Adubação fosfatada em cultivares de batata** (*Solanum tuberosum* L.). 145 f. 2013, Tese (doutorado) Universidade estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômica – Butucatu. 2013.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. **Nutrição mineral, calagem e adubação da batateira**. Botucatu/Itapetininga: FEPAF/ABBA, 2012. 121 p.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; JOB, A. L. G. Influência do fósforo na qualidade e produtividade de tubérculos de cultivares de batata de duplo propósito. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 346-355, 2016.

FIGUEIREDO, F. C.; RODRIGUES, C. R.; BOTREL, P. P.; RODRIGUES, T. M. Benefícios do silício líquido solúvel em olerícolas. **Campo & Negócio**. v.3, n.36, p. 22, 2007.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª ed, 2013, 421p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/home/en/>. Acesso em: 22 out. 2017.

FOLONI, J. S. S.; CORTE, A. J.; CORTE, J. R. N.; ECHER, F. R.; TIRITAN, C. S. Adubação de cobertura na batata-doce com doses combinadas de nitrogênio e potássio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 117-126. 2013.

FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. Determinação de silício em material vegetal, pelo método colorimétrico do “azul-demolibdênio”. **Bragantia**. v.37, n.21, p.5-9, 1978.

FURLANI, P. R.; PURQUERIO, L. F. V. **Avanços e desafios na nutrição de hortaliças**. In: Nutrição de Plantas: diagnose foliar em hortaliças. PRADO, R. M.; CECILIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP, p.45-62, 2010.

GOMES, F. L. **Produção e qualidade de duas variedades de Ipomoea batatas Lan submetida a densidade de plantio e quantidades de fósforo**. 2010. 69f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

GONÇALVES, M. V.; LUZ, J. M. Q.; RODRIGUES, C. R.; QUEIROZ, A. A. Produtividade de batata cv. Atlantic sob diferentes doses de silicato de potássio via foliar. **Horticultura brasileira**, v.26, n.2, p. 694-698, 2008.

GONÇALVES NETO, A. C.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; GONÇALVES, R. J. S.; SILVA, V. F.; LASMAR, S. Aptidões de genótipos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.11, p.1513-1520, 2011.

GUIMARAES, L. M. **Avaliação de genótipos de batata-doce na região de Areia-PB**. 2016. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

HAMEDA, S. E. A.; DEAN, S. A.; EZZAT, S.; MORSY, A. H. A. Responses of productivity and quality of sweet potato to phosphorus fertilizer rates and application methods of the humic acid. **International Research Journal of Agricultural Science and soil Science**. v.1, n.9, p. 383-389, 2011.

HAYNES, R. J. A contemporary overview of silicon availability in agricultural soils. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.177, n.70, p.831-844, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 102 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 49-50.

ISHIGURO, K.; YAHARA, S.; YOSHIMOTO, M. Changes in Polyphenolic Content and Radical-Scavenging Activity of Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) during Storage at Optimal and Low Temperatures. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.22, p.10773-10778, 2007.

KOBLITZ, M. G. B. **Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade**. Editora: Guanabara Koogan, ed.1 2011. 301 p.

KOETZ, M.; CARVALHO, K. S.; BOMFIM-SILVA, E. M.; REZENDE, C. G.; SILVA, J. C. Rúcula submetida a doses de fósforo em Latossolo Vermelho do cerrado. **Enciclopédia Biosfera**. v.8, n.15, p. 1554-1562, 2012.

KORNDORFER G. H.; PEREIRA H. S.; CAMARGO M.S. **Silicato de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: UFU/ICIAG, 3p (GPSi-ICIG-UFU. Boletim Técnico, 01). 2002.

KORNDORFER, G. H.; OLIVEIRA, L. A. Uso de silício em culturas comerciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 5, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV/DFP, 2010. p. 3-25,

LIANG, Y.; SUN, W.; ZHU, Y. G.; CHRISTIE, P. Mechanisms of silicon mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. **Environ Pollut.** v.147, n.9, p. 422–428. 2007.

LUDWIG, F.; MAYER, R. H.; SCHMITZ, J. A. K. Silício via foliar na produção e qualidade da cenoura. **Revista Cultivando o saber.** v.8, n.4, p. 373-383, 2015.

MA, J. F. MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. **Studies in Plant Science.** v.8, n.2, p.17-39, 2001.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science.** v.11, n.3, p. 392-397. 2006.

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

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

MCGEE, H. Comida e Cozinha: Ciência e Cultura da Culinária. 2. ed. São Paulo, SP: WMF Martins Fontes, 2014. 922 p.

MARQUES, D. J; BIANCHINI, H. C.; ROEWER L. A. **Fosfito de potássio contribui para enchimento de grãos.** Campo & Negócios, Uberlândia, MG ed. 141, 2014.

MASSAROTO, J. A. **Características agronômicas e produção de silagem de clones de batata-doce.** 2008. 73f. Tese (Doutorado em agronomia) –Universidade Federal de Lavras. 2008.

MASSAROTO, J. A, KOGA, P. S, YAMASHITA, O. M, PERES, W. M, SERGIO, J. B, FURLAN. Avaliação de genótipos de batata doce para produção de raízes e ramas para alimentação animal. **Revista Varia Scientia Agrárias,** v.3, n.1, p. 77-86, 2013.

MATLOU, M. G. **A comparison of soil and foliar applied silicon on nutrient availability and plant growth and soil-applied silicon on phosphorus availability.** 60 p, 2006.MSc Thesis. University of KwaZulu - Natal, South Africa. 2006.

MEDEIROS, R. S.; ARAUJO, J. C.; DUARTE, J. M.; LEÃO, A. B.; DANTAS, J. P. **Níveis crescentes de nitrogênio, fósforo, potássio e efeito de micronutrientes sobre a produção de cenoura.** In: 21ª Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Petrolina, *Anais...*SBCS. P. 380-381, 1994.

MELO, S. P. **Silício e fósforo para estabelecimento do capim-marandu num Latossolo Vermelho-Amarelo**. 2005, 110p. Piracicaba, Tese de doutorado. 2005.

MENEZES, H. E. A.; MEDEIROS, R. M.; NETO, F. A. C.; CABRAL, D. E. C.; SILVA, L. L. Variabilidade da precipitação em Areia - Paraíba, Brasil, entre 1974 – 2013. 9º Congresso de educação agrícola superior. **Anais...** Areia-PB 2014.

MONTEIRO, A.B. Silagens de cultivares e clones de batata-doce para alimentação animal visando sustentabilidade da produção agrícola familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.2, n.1, p. 978-981, 2007.

NASCIMENTO, S. M. C. **Nutrição mineral e produtividade da batata-doce biofortificada em função de doses de fósforo e potássio**. 2013. Tese (Doutorado em agronomia – Ciências do solo). 51f. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013.

NAZAROV, A. M. Sweet potato: One Word or Two? 2014. Disponível em: <<http://cipotato.org/press-room/blogs/sweetpotato-one-word-or-two/>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

NOVAIS R. F.; SMYTH T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Editora: Viçosa, UFV. 2007, 399 p.

NUNES, M. U. C.; CRUZ, D. P.; FORTUNA, A. **Tecnologia para produção de farinha de batata-doce: novo produto para os agricultores familiares**. Circular técnica 65. Embrapa: Aracaju, SE, 2012.

OLIVEIRA, A. N. P.; OLIVEIRA, F. A.; SOUSA, L. C.; OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. A.; SILVA, D. F.; SILVA, N. V.; SANTOS, R. R. Adubação fosfatada em inhame em duas épocas de colheita. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.5, p.456-460, 2011.

OLIVEIRA, A. P.; GONDIM, P. C.; SILVA, O. P. R.; OLIVEIRA, A. N. P.; GONDIM, S. C.; SILVA, J. A. Produção e teor de amido da batata-doce em cultivo sob adubação com matéria orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.8, p.830-834, 2013.

OLIVEIRA, A. P.; CARDOSO, M. O.; BARBOSA, L. J. N.; SILVA, J. E. L.; MORAIS, M. S. Resposta do feijão-vagem a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em solo arenoso com baixo teor de fósforo. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p.128-132. 2005a.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L.; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. J. N. Produção de batata-doce e teor de amido nas raízes em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 747-745, 2005b.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L.; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. J. N.; OLIVEIRA, A. N. P. Características produtivas da batata-doce em função de doses de  $P_2O_5$ , espaçamento e de sistema de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.4, p 611-617, 2006.

OLIVEIRA, A. P.; FREITAS NETO, P. A.; SANTOS, E. S. Qualidade do inhame “Da Costa” em função das épocas de colheita e da adubação orgânica. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 115-118, 2002.

OLIVEIRA, L.A.; CASTRO, N.M. Ocorrência de sílica nas folhas de *Curatella americana* L. e de *Davilla elliptica* St. Hil. **Revista Horizonte Científico**, v.4, p.1-16, 2002.

PERESSIN, V. A; FELTRAN, J. C. **Batata-doce**. In: AGUIAR, A.T.E. et al. Boletim IAC, n.º 200. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. 452 p.7.<sup>a</sup> Ed. rev. e atual. p. 59-61.

PERIM, S.; LOBATO, E.; COSTA, I. R. S. Efeito de níveis de fósforo no rendimento de mandioca em solo sob vegetação de cerrados. **Revista Brasileira de Mandioca**. v. 2, n. 1, p. 25- 30, 1983.

PILON, C. **Aplicação de silício solúvel via solo e foliar na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) sob deficiência hídrica**. 2011. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. 2011.

PILON, C.; SORATTO, R. P.; MORENO, L. A. Effects of soil and foliar application of soluble silicon on mineral nutrition, gas exchange, and growth of potato plants. **Crop Science**. v.53, n.30, p.1605-1614. 2013.

POZZA, A. A. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; SANTOS, D. M. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**. v. 29, n.5, p. 185-188. 2004.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 407p. 2008.

PULZ, A. L.; CRUSCIOL, C. A. C.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, n.7, p.1651-1659, 2008.

RECH, C. L. S.; XAVIER, E. G.; DEL PINO, F. A. B.; ROLL, V. F. B.; RECH, J. L.; CARDOSO, H. B. P.; NASCIMENTO, P. V. N. **Análises Bromatológicas e**

**Segurança Laboratorial**. 01. ed. Pelotas - RS: Editora e Gráfica Universitária, 2006. v. 100. 130p.

ROESLER, P. V. S. O; GOMES, S. D.; MORO, E.; KUMMER, A. C. B.; CEREDA, M. P. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no Oeste do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**. v.30, n.4, p. 117-122. 2008.

ROSEN, C. J.; KELLING, K. A.; STARK, J. C.; PORTER, G. A. Optimizing phosphorus fertilizer management in potato production. **American Journal of Potato Research**, v. 91, n.6, p. 145-160, 2014.

SATTARI, S. Z.; BOUWMAN, A. F.; GILLER, K. E.; VAN ITTERSUM, M. K. Residual soil phosphorus as the missing piece in the global phosphorus crisis puzzle. **Proc. Natl. Academic Science**. v.109, n.50, p.6348–6353. 2012.

SILVA, J. E. L. **Características produtivas da batata-doce em função de doses de  $P_2O_5$ , de espaçamentos e de sistemas de plantio**. 2004, 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Areia: UFPB/CCA, 2004.

SOARES, I. M.; BASTOS, E. G. P.; PEIXOTO SOBRINHO, T. J. S.; ALVIM, T. C.; SILVEIRA, M. A.; ASCENCIO, S. D. Conteúdo fenólico e atividade antioxidante de diferentes cultivares de *Ipomoea batatas* (L.) Lam. obtidas por melhoramento genético para produção industrial de etanol. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**. v. 35, n. 17, p. 479-488, 2014.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; FERRARINETO, J. Leaf application of silicic acid to white at and wheat. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.20, p.1538-1544, 2012b.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Produtividade, qualidade de tubérculos e incidência de doenças em batata, influenciados pela aplicação foliar de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, p.1000-1006, 2012a.

SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; SOUSA, V. B. F.; CARVALHO, P. C.; RODRIGUES, T. M.; BRITO, C. H. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v.26, n.2, p.502-513, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 819p. 2013.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. **Science Rice Plant**, v.2, n.1, p.58-71, 1995.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p.

TEKALIGN, T. HAMMES, P. S. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. I. Stomatal conductance, rate of transpiration, net photosynthesis, and dry matter production and allocation. **Scientia Horticulture**. v.105, n.8, p. 13-27, 2005.

ULIANA, S. C. **caracterização fisiológica de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) e sua eficiência de uso e resposta quanto ao fósforo**. 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos** - TACO. 2 ed. Campinas, 2006. 113 p.

VOOGT, W.; SONNEVELD, C. Silicon in horticultural crops grown in soilless culture. **Studies in Plant Science**. v.8, n.2, p.115-131, 2001.