

**QUALIDADE DOS FRUTOS E COMPOSIÇÃO MINERAL DE
ABACAXIZEIRO EM FUNÇÃO DO FORNECIMENTO DE
NUTRIENTES MINERAIS**

JÉSSICA MORAIS CUNHA FÉRES

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO - 2020**

**QUALIDADE DOS FRUTOS E COMPOSIÇÃO MINERAL DE
ABACAXIZEIRO EM FUNÇÃO DO FORNECIMENTO DE
NUTRIENTES MINERAIS**

JÉSSICA MORAIS CUNHA FÉRES

“Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal”.

Orientadora: Prof.^a Marta Simone Mendonça Freitas

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO - 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

F349 Féres, Jéssica Morais Cunha.

Qualidade dos frutos e composição mineral de abacaxizeiro em função do fornecimento de nutrientes minerais / Jéssica Morais Cunha Féres. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2020.

107 f. : il.

Inclui bibliografia.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2020.

Orientadora: Marta Simone Mendonça Freitas.

1. Ananas *comosus* var. *comosus*. 2. nutrição mineral. 3. fruticultura. 4. sólidos solúveis. 5. acidez titulável. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

**QUALIDADE DOS FRUTOS E COMPOSIÇÃO MINERAL DE
ABACAXIZEIRO EM FUNÇÃO DO FORNECIMENTO DE
NUTRIENTES MINERAIS**

JÉSSICA MORAIS CUNHA FÉRES

“Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal”.

Aprovada em 20 de Fevereiro de 2020.

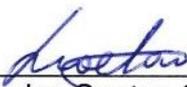
Comissão Examinadora



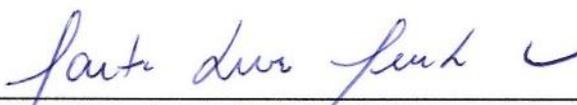
Dr. Paulo Cesar dos Santos (D.Sc., Fruticultura) - UENF



Prof. Marcelo Vivas (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) - UENF



Dr. Luiz Carlos Santos Caetano (D.Sc., Fruticultura) - INCAPER



Prof.ª Marta Simone Mendonça Freitas (D.Sc., Nutrição de Plantas) - UENF
Orientadora

Aos meus pais, Raquel e Sebastião,
meus irmãos, Juliana e Lucas,
minhas sobrinhas, Larissa, Letícia e Carolina
e ao meu amado esposo Júlio,
por toda paciência, incentivo e carinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, Raquel e Sebastião por todo incentivo.

À FAPERJ, pela bolsa concedida.

À minha orientadora, professora Marta Simone, pelos ensinamentos e pela disponibilidade em sempre ajudar.

Aos técnicos José Accacio e Detony, Prof. Almy e Paulo Cesar, pela enorme colaboração.

Ao meu Coorientador Luiz Caetano, por todas orientações e sugestões.

Ao Júlio por todo companheirismo, paciência e amor.

À minha família de Campos, Júlio, Célia, Carolina e Raísa.

Aos meus irmãos Juliana e Lucas pela amizade e momentos de descontração.

Às minhas queridas sobrinhas Larissa e Letícia.

Às minhas madrinhas Mary e Maria das Graças, e ao Padre Elias pelos conselhos e orações.

Aos meus tios queridos e meus avôs Sebastião (*in memoriam*) e Assis (*in memoriam*).

Às minhas amigas de longa data, Paôla, Laíssa, Natália, Mirla, Drielle e Tamaris.

Aos professores Julián, Virgina, Juanjo e Marco, pelos ensinamentos e pelas orientações durante o doutorado sanduíche na Universidad de Almería.

À professora Rosana Rodrigues e Cláudia Pombo, pelos ensinamentos e amizade.

Ao Heraldinho e Antônio, por todos ensinamentos e disponibilidade no experimento.

Aos amigos que a UENF me trouxe, Thaísa, Diego, Marlene, Luciana, Diesily, Assis, Ygor, Rodolpho, Júlio, Renato, Renatinho, Milena, Bebeth, Alexandra, Ramon, Luana, Thâmara, Ana Kesia, Rafael, Deyse, Kely, Marcio, Jovi, Vívian, Ligia, Diego Rocha e Fernando.

À CAPES, pela bolsa concedida para cursar o Programa Doutorado Sanduíche no Exterior (Processo PDSE: PDSE 88881.189057/2018-01).

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, pela oportunidade e aos professores, por toda dedicação em transmitir os conhecimentos.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 O abacaxizeiro	4
2.2 Caracterização das cultivares	6
2.3 Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Diagnose Foliar e Visual	09
2.4 Nutrição mineral e qualidade dos frutos	12
3. TRABALHOS	19
3.1 ARTIGO 1. QUALIDADE DE FRUTOS DE ABACAXIZEIRO ‘VITÓRIA’ SOB DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES E BORO ¹	19
3.2 ARTIGO 2: TEORES FOLIARES E SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM ABACAXIZEIRO ‘VITÓRIA’	39
3.3 ARTIGO 3: ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA QUALIDADE DE FRUTOS DE ABACAXIZEIRO ‘VITÓRIA’	64
4. RESUMO E CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
APÊNDICE	93

RESUMO

FÉRES, Jéssica Morais Cunha; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2020. Qualidade dos frutos e composição mineral de abacaxizeiro em função do fornecimento de nutrientes minerais. Professora Orientadora: Dr.^a Marta Simone Mendonça Freitas. Coorientador: Dr. Luiz Carlos Santos Caetano.

A correta avaliação do estado nutricional da planta e a correção de suas deficiências são fatores importantes para a obtenção de frutos com qualidade. Apesar de apresentarem semelhanças, as cultivares podem possuir particularidades quanto à absorção e translocação de nutrientes minerais. O estudo das respostas das plantas ao fornecimento de nutrientes é uma ferramenta importante para o adequado manejo da cultura. Verifica-se que informações a respeito da produção de frutos de abacaxizeiro 'Vitória', quando cultivado sob deficiência nutricional de macronutrientes e boro e suas exigências de adubação potássica a nível de campo, necessitam de estudos mais detalhados, notadamente no que se refere à qualidade dos frutos, teores nutricionais e caracterização dos sintomas de deficiências. Os experimentos foram desenvolvidos em casa de vegetação e a campo. Na casa de vegetação objetivou-se avaliar as deficiências de macronutrientes e boro, nos teores nutricionais das plantas, na caracterização de sintomas de deficiências e na qualidade dos frutos. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito tratamentos: Completo, Deficientes em: Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre e Boro, com seis repetições, e uma planta por parcela. As

mudas foram plantadas em vasos de 20 L, preenchidos com areia lavada. Foram avaliados os teores nutricionais de N, P, K, Ca, Mg, S e B, aos oito, nove e dezesseis meses após o plantio; os sintomas de deficiências nutricionais, e; as massas frescas do fruto e da coroa, diâmetro do fruto, comprimentos do fruto e da coroa, volume e massa do suco, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), vitamina C, pH do suco e relação SS/AT. Os teores foliares encontrados na folha 'D' do tratamento completo, aos nove meses, no momento da indução floral, foram: N: 12,5 g kg⁻¹; P: 1,67 g kg⁻¹; K: 29,7 g kg⁻¹; Ca: 2,83 g kg⁻¹; Mg: 2,60 g kg⁻¹; S: 1,30 g kg⁻¹ e B: 14,1 mg kg⁻¹. Apenas a deficiência de nitrogênio causou sintomas visuais foliares de deficiência nas plantas. As deficiências de Ca e B reduziram a firmeza da casca do fruto, e a deficiência de B causou pedúnculos tortos, o que aumenta as chances de tombamento dos frutos. As deficiências isoladas de cada um dos macronutrientes e de B reduziram a massa fresca do fruto inteiro e do fruto sem coroa. O nutriente que mais limitou o tamanho e a qualidade do fruto de abacaxizeiro 'Vitória' foi o nitrogênio. No campo, objetivou-se estudar a influência das doses de potássio aplicadas no solo na qualidade dos frutos de abacaxizeiro 'Vitória'. O experimento foi realizado de maio de 2017 a novembro de 2018, em Imburí, São Francisco do Itabapoana-RJ. O delineamento no campo foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, e os tratamentos foram constituídos de cinco doses de K₂O: 0; 222; 444; 666 e 888 kg ha⁻¹, aplicados na forma de cloreto de potássio, parcelados em duas aplicações, após a indução floral. As variáveis avaliadas foram: massas frescas do fruto e da coroa, diâmetros do fruto e do cilindro central, comprimentos do fruto e da coroa, acidez titulável, sólidos solúveis, vitamina C, pH do suco e relação sólidos solúveis/acidez titulável. A elevação das doses de K₂O promoveram maiores massa de fruto inteiro, diâmetro e comprimento do fruto. Os valores de acidez titulável, sólidos solúveis e vitamina C cresceram linearmente em função das doses de potássio.

ABSTRACT

FÉRES, Jéssica Morais Cunha; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro 2020. Quality of fruits and mineral composition of pineapple as a function of the supply of mineral nutrients. Advisor: Dr. Marta Simone Mendonça Freitas. Co-advisor: Dr. Luiz Carlos Santos Caetano.

The correct assessment of the nutritional status of the plant and the correction of its deficiencies are important factors for obtaining quality fruit. Despite having similarities, the cultivars may have particularities regarding the absorption and translocation of mineral nutrients. The study of plant responses to the supply of nutrients is an important tool for the proper management of the crop. It appears that information regarding the production of pineapple fruits 'Vitória', when grown under nutritional deficiency of macronutrients and boron and their requirements for potassium fertilization at field level, require more detailed studies, notably with regard to quality of fruits, nutritional levels and characterization of symptoms of deficiencies. The experiments were carried out in a greenhouse and in the field. In the greenhouse, the objective was to evaluate the deficiencies of macronutrients and boron, in the nutritional levels of the plants, in the characterization of symptoms of deficiencies and in the quality of the fruits. The design used was a randomized block, with eight treatments: Complete, Deficient in: Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, Magnesium, Sulfur and Boron, with six replications, and one plant per plot. The seedlings were planted in 20 L pots, filled with washed sand. Nutritional levels of N, P, K, Ca, Mg, S and B were evaluated at eight, nine and sixteen months after planting; the symptoms of nutritional

deficiencies, and; fresh fruit and crown masses, fruit diameter, fruit and crown lengths, juice volume and mass, titratable acidity (TA), soluble solids (SS), vitamin C, juice pH and SS / TA ratio. The leaf contents found in leaf 'D' of the complete treatment, at nine months, at the time of floral induction, were: N: 12.5 g kg⁻¹; P: 1.67 g kg⁻¹; K: 29.7 g kg⁻¹; Ca: 2.83 g kg⁻¹; Mg: 2.60 g kg⁻¹; S: 1.30 g kg⁻¹ and B: 14.1 mg kg⁻¹. Only nitrogen deficiency caused visual leaf deficiency symptoms in plants. The deficiencies of Ca and B reduced the firmness of the fruit peel, and the deficiency of B caused crooked peduncles, which increases the chances of fruit tipping. The isolated deficiencies of each of the macronutrients and of B, reduced the fresh mass of the whole fruit and the fruit without a crown. The nutrient that most limited the size and quality of the pineapple fruit 'Victoria' was nitrogen. In the field, the objective was to study the influence of potassium doses applied on the soil on the quality of the pineapple fruits 'Vitória'. The experiment was carried out from May 2017 to November 2018, in Imburí, São Francisco do Itabapoana-RJ. The field design was in randomized blocks, with four replications, and the treatments consisted of five doses of K₂O: 0; 222; 444; 666 and 888 kg ha⁻¹, applied in the form of potassium chloride, divided into two applications, after floral induction. The variables evaluated were: fresh fruit and crown masses, fruit and central cylinder diameters, fruit and crown lengths, titratable acidity, soluble solids, vitamin C, juice pH and soluble solids / titratable acidity ratio. The increase in K₂O doses promoted greater mass of whole fruit, diameter and length of the fruit. The values of titratable acidity, soluble solids and vitamin C increased linearly as a function of potassium doses.

1. INTRODUÇÃO

O abacaxi *Ananas comosus* (L.) Merrill é uma fruta tropical apreciada mundialmente pelo seu aroma e sabor acentuados. O Brasil é o maior produtor mundial de frutas tropicais e o abacaxi é a terceira fruta de maior produção, ficando atrás apenas do cultivo de citros e banana. A produção de abacaxi no ano de 2017 foi de cerca de 2,25 bilhões de toneladas de frutos, representando cerca de 8% da produção mundial, colocando o Brasil entre os principais fornecedores globais dessa fruta (FAOSTAT, 2019).

No Brasil, o abacaxizeiro é a quinta frutífera em área colhida, com plantio difundido em toda extensão nacional, cultivada, sobretudo, nas regiões Nordeste, Sudeste e Norte, entretanto, é válido ressaltar que as regiões Norte e Nordeste, representam cerca de 68% da produção brasileira da fruta (IBGE, 2018).

Em 2018, o estado do Rio de Janeiro representou 8% da produção nacional, com produção de 142 milhões de frutos, em uma área de aproximadamente 4.550 hectares. A produção fluminense de abacaxi concentra-se no norte do estado, sendo registrada somente nos municípios de Campos dos Goytacazes, Quissamã, São Francisco do Itabapoana e São João da Barra (IBGE, 2018).

A produtividade nacional do abacaxizeiro é considerada abaixo da média, e a principal causa é a ocorrência da fusariose, doença fúngica causada pelo agente etiológico *Fusarium guttiforme* f. sp. *ananas*. Em virtude disso, no ano de 2006, foi lançada a cultivar Vitória, que é um híbrido resultante do cruzamento das

cultivares Primavera e Smooth Cayenne, lançada pela Embrapa em parceria com o Incaper. A cultivar Vitória é resistente à fusariose e apresenta características agronômicas semelhantes ou superiores em relação às cultivares Pérola e Smooth Cayenne, que são suscetíveis à doença e mais comumente cultivadas no Brasil (Ventura et al., 2009). Nesse sentido, os estudos sobre nutrição da planta se fazem necessários, a fim de compreender e estabelecer sua exigência nutricional, e ainda, de que forma os nutrientes podem interferir na qualidade do fruto.

A nutrição mineral tem uma grande influência no crescimento da planta de abacaxizeiro e, conseqüentemente, na produção e na qualidade do fruto. O abacaxizeiro é considerado uma planta exigente, pois demanda quantidades de nutrientes que a maioria dos solos cultivados não consegue suprir integralmente. Por essa razão, a prática da adubação é quase obrigatória nos plantios para fins comerciais (Malézieux e Bartholomew, 2003; Souza e Reinhardt, 2009).

Dentre os macronutrientes, o potássio e o nitrogênio são relatados como aqueles que mais influenciam na qualidade do fruto do abacaxizeiro. O balanço entre o nitrogênio e o potássio é importante para o abacaxizeiro, já que garante as vantagens proporcionadas pelo nitrogênio nos parâmetros de crescimento como massa dos frutos, diâmetro do caule e espessura da casca, e pelo potássio nos parâmetros químicos do fruto como o teor de sólidos solúveis e acidez titulável (Teixeira et al., 2002; Spironello et al., 2004; Caetano et al., 2013).

O potássio é o nutriente acumulado em maior quantidade no abacaxizeiro, e influencia na produtividade e na qualidade do fruto, sendo considerado na nutrição mineral como o elemento responsável pela qualidade. A adubação potássica aumenta o teor de sólidos solúveis, a acidez titulável, o teor de ácido ascórbico, assim como afeta o aroma do fruto, a consistência da polpa e o diâmetro do pedúnculo, sendo importante também para reduzir o tombamento de frutos (Teixeira et al., 2002; Spironello et al., 2004; Souza e Reinhardt, 2009; Caetano et al., 2013; Oliveira et al., 2015).

Apesar de apresentarem semelhanças, as cultivares podem possuir particularidades quanto à absorção e translocação de nutrientes minerais. O estudo das respostas das plantas ao fornecimento de nutrientes é uma importante ferramenta para auxiliar o adequado manejo da cultura (Aular e Natale, 2013).

Verifica-se que são poucas as informações a respeito da produção de frutos de abacaxizeiro 'Vitória', quando cultivado sob deficiência nutricional de macronutrientes e boro, e suas exigências de adubação potássica, a nível de campo. Portanto, ressalta-se a necessidade de estudos mais detalhados, notadamente no que se referem à qualidade dos frutos, teores nutricionais e caracterização dos sintomas de deficiências, sendo erroneamente utilizados como parâmetro de comparação valores das cultivares Pérola e Smooth Cayenne.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência das deficiências de macronutrientes e boro, nos teores nutricionais, nos sintomas visuais de deficiência, no crescimento e na qualidade dos frutos do abacaxizeiro cultivar Vitória, em casa de vegetação. E em condições de campo, avaliar os efeitos de doses de potássio no crescimento e na qualidade dos frutos de abacaxizeiro 'Vitória'.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O abacaxizeiro

O abacaxizeiro é cultivado em mais de 50 países. No ranking mundial de 2017, a Costa Rica ocupou o primeiro lugar, com 3 bilhões de toneladas de frutos e o Brasil ficou na terceira posição, com 2,25 bilhões de toneladas de frutos (FAOSTAT, 2019).

Segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA, 2018), o abacaxizeiro é cultivado em todo o território nacional, com destaque para os estados do Pará, com 426,8 milhões de frutos; Paraíba, com 334,8; Minas Gerais, com 192,2 e Rio de Janeiro, com 142,2 milhões de frutos. Sendo assim, o estado do Rio de Janeiro ocupa a quarta posição nacional, com uma área cultivada de 4.557 hectares (IBGE, 2018).

A região Norte Fluminense conta com um número expressivo de produtores, mesmo possuindo uma pequena área cultivada, em relação a outros estados, como Pará e Paraíba. O Rio de Janeiro vem expandindo sua participação na comercialização nacional dos frutos. Os municípios fluminenses que se destacam em termos produtivos são: São Francisco do Itabapoana, São João da Barra, Campos dos Goytacazes e Quissamã, todos na região Norte Fluminense, a qual detém, praticamente, toda a produtividade estadual (IBGE, 2018).

A família Bromeliaceae possui 56 gêneros e aproximadamente 2.700 espécies epífitas ou terrestres. O abacaxi *Ananas comosus var. comosus* distingue-se dos demais gêneros da família, por possuir fruto do tipo sincárpico,

formado pela coalescência de frutos individuais, do tipo baga. As plantas não produzem estolhos e as pétalas das suas flores são providas de duas escamas infundibiliformes (Crestani et al., 2010).

O abacaxizeiro é uma monocotiledônea, herbácea perene, uma espécie que se desenvolve bem em temperaturas variando entre 22 °C e 32 °C, variações de temperatura entre o dia e a noite, em amplitude de 8 °C a 14 °C, que contribuem para a melhoria da qualidade do fruto (Cunha et al., 2009). O centro de origem do abacaxizeiro se localiza ao norte da região amazônica, entretanto, ele é cultivado desde a América Central, até Paraguai, Colômbia, Venezuela e Peru. Além do valor alimentício dos frutos, há muitas espécies produtoras de fibras para cordoaria e fabricação de material rústico (sacaria), silagem, e outras com valor ornamental (Crestani et al., 2010; Clement et al., 2010; Bonfá et al., 2017).

A maioria das cultivares de abacaxizeiro pertence à espécie *Ananas comosus* (L.) Merrill, espécie diploide, apresenta $2n=2x=50$, havendo também variedades poliploides do gênero *Ananas* (Crestani et al., 2010). O abacaxizeiro é uma planta não propagada comercialmente via sementes. De forma geral, a propagação do abacaxizeiro é vegetativa, por meio de estruturas diversas da planta adulta, tais como: coroa, filhote, filhote-rebentão e rebentão (Cabral et al., 2003; Reinhardt e Cunha, 2006).

Suas folhas são canaliformes, onde nota-se a existência de uma cutícula, uma camada de tecido na superfície das folhas, que gera uma proteção e ao mesmo tempo reduz a perda de água, além de melhorar a eficiência da utilização de produtos aplicados via pulverização, pois conduzem os insumos em direção à raiz, onde são absorvidos (Cunha e Cabral, 1999).

De acordo com Cunha e Cabral (1999), as folhas são classificadas, em conformidade e posição na planta, em A, B, C, D, E e F, da mais velha e externa para a mais nova e interna, por essa ordem. A folha 'D' é a mais importante do ponto de vista do manejo da cultura, sendo a mais jovem dentre as folhas adultas e, metabolicamente, a mais ativa de todas. Desta forma, as folhas 'D' são utilizadas nas avaliações do estado nutricional da planta e nas medidas de crescimento.

O sistema radicular das plantas de abacaxizeiro é compacto, fibroso e superficial, formando uma rede fasciculada de raízes, sendo que a maioria está

concentrada em torno de 15 a 25 cm de profundidade. As raízes são frágeis e muito sensíveis aos fatores físicos, químicos e biológicos do meio. A baixa atividade metabólica do sistema radicular é uma das causas frequentes de distúrbios nutricionais, e estes se manifestam essencialmente nas folhas (Cunha, 2019).

O ciclo do abacaxizeiro é subdividido em três períodos fenológicos distintos: período vegetativo (máxima absorção e acúmulo de reserva), reprodutivo (crescimento do fruto) e propagativo (desenvolvimento das mudas). O período vegetativo é caracterizado como o de maior crescimento da planta, que vai do plantio no campo até a indução floral (Souza e Reinhardt, 2009).

Souza e Reinhardt (2004) evidenciaram que no período vegetativo, o abacaxizeiro necessita de disponibilidade de todos os nutrientes necessários para síntese e armazenamento de substâncias de reservas, para que haja um maior crescimento do fruto. Após o acúmulo de metabólitos suficientes e a produção de uma estrutura estável para suportar a formação e a carga do fruto, a planta entra na fase reprodutiva, que compreende a formação, enchimento e maturação do fruto. Este período é responsável pela eficiente translocação de substâncias de reserva dos diversos órgãos da planta, primordialmente das folhas, para a formação dos frutos.

A indução floral na cultura do abacaxizeiro ocorre de duas maneiras: natural ou artificial (por intermédio de fitorreguladores). A natural ocorre quando a planta obtém estímulos do ambiente, que geralmente são proporcionados nas estações mais frias do ano. Este tipo de indução causa desuniformidade na colheita e diminuição do tamanho dos frutos. Quando a planta floresce precocemente, ela não apresenta um crescimento e porte adequado gerando prejuízos ao produtor. O fruto quando ocorre em épocas de maior fotoperíodo e temperatura, apresenta maiores teores de açúcares, além de cor e aroma mais acentuados (Souza e Reinhardt, 2009).

2.2. Caracterização das cultivares

A espécie *Ananas comosus* é a mais importante do ponto de vista econômico, com quatro das cinco variedades botânicas existentes. As variedades *A. comosus* var. *erectifolius*, *A. comosus* var. *ananassoides* e *A. comosus* var.

bracteatus são cultivadas para produção de fibras ou fins ornamentais. Todas as cultivares de interesse alimentar pertencem à espécie *Ananas comosus* var. *comosus*, apresentando um fruto que atinge mais de 15 cm de comprimento, polpa abundante e succulenta com sabor agradável (Clement et al., 2010).

Segundo Reinhardt et al. (2018), no Brasil, mais de 95% dos campos comerciais de abacaxi são compostos apenas por duas cultivares, a internacionalmente conhecida 'Smooth Cayenne' e a cultivar tradicional Pérola, encontrada em todo o território nacional, sendo a responsável por mais de 85% da produção total de abacaxi.

Ambas as cultivares plantadas no Brasil são susceptíveis à fusariose, que é a principal doença que acomete as plantas e frutos do abacaxizeiro. A fusariose é um grande problema enfrentado pelos produtores e comerciantes brasileiros, sendo considerada a doença mais severa na cultura do abacaxizeiro. Uma forma de minimizar essa perda é a utilização de mudas micropropagadas *in vitro*, sendo esta uma estratégia utilizada para elevar a qualidade e produtividade da cultura do abacaxizeiro devido, entre outros fatores, à uniformidade e sanidade das mudas (Baldotto et al., 2009).

Uma alternativa é o seccionamento do caule, por ser feito utilizando resíduos de plantas já disponíveis do cultivo do produtor, sendo, portanto, um método bastante simples e de baixo custo, adequado para a multiplicação e produção de material de plantio livre de doenças em viveiros (Reinhardt et al., 2018).

A fusariose causa perdas de rendimento próximas a 40%, dos frutos comercializáveis, e 20% do material de plantio. O controle desta doença é baseado na integração de práticas culturais e na pulverização de fungicidas, desde os estágios iniciais do desenvolvimento da inflorescência até o fechamento da última flor. O cultivo de variedades resistentes é certamente a medida de controle mais econômica, eficiente e ambientalmente segura. Nesse sentido, busca-se introduzir plantas de maior resistência, com características agrônômicas favoráveis e com qualidade de frutos que possa atender os interesses do mercado interno e externo (Ventura et al., 2009).

De acordo com Caetano et al. (2015), apenas a disponibilidade de genótipos resistente à doença, não garante as mudanças almeçadas para a abacaxicultura, uma vez que a aceitabilidade comercial de um novo genótipo é

fundamental para o sucesso do processo de substituição das variedades comerciais tradicionais, suscetíveis às doenças. Por isso, são necessários estudos mais detalhados com as cultivares, a respeito das suas características de cultivo e qualidade dos frutos.

Segundo Matos et al. (2011), como resultado dos trabalhos de melhoramento genético do abacaxizeiro no Brasil, quatro variedades resistentes à fusariose já foram recomendadas entre 2003 e 2010, para plantio nas regiões onde essa doença constitui o principal fator limitante à exploração comercial do abacaxizeiro. Três dessas variedades, BRS Imperial (2003), BRS Vitória (2006) e BRS Ajubá (2009), foram desenvolvidas e lançadas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, enquanto a IAC Fantástico (2010) foi lançada pelo Instituto Agrônomo de Campinas.

A cultivar Vitória é fruto do trabalho de melhoramento genético do abacaxizeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical em Cruz das Almas – BA, em parceria com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Esta cultivar apresenta como principais características: a resistência à fusariose, elevado teor de açúcares, além de maior resistência ao transporte e ao armazenamento. Além disso, apresenta características agrônomicas semelhantes ou superiores em relação as cultivares comumente comercializadas, pois possui polpa branca, peso médio de 1,5 kg, elevado teor de açúcares (15,8%), podendo ser destinados ao mercado de consumo como fruta fresca e à agroindústria (Ventura et al., 2009).

Esses fatores, aliados ao formato cilíndrico dos frutos, a coloração amarela da casca no momento da maturação e o reduzido percentual de talo, permitem a utilização da cultivar Vitória tanto para o consumo fresco, quanto para a indústria, indicando que essa cultivar possui características superiores, constituindo pré-requisitos relevantes para a sua introdução, adaptação e ampla utilização (Ventura et al., 2009).

A cultivar Vitória tem como vantagem a ausência de espinhos nas folhas, o que facilita os tratamentos culturais, demonstrando potencial de comercialização. Além disso, tem apresentado boa aceitabilidade entre os consumidores com relação a atributos como o aroma, aparência, sabor e textura, quando comparada com a cultivar Pérola, já estabelecida no mercado consumidor (Berilli et al., 2014).

2.3. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Diagnóstico Foliar e Visual

Uma das ferramentas para avaliação do estado nutricional das plantas é a diagnose foliar e visual, acompanhadas da análise de solo. A diagnose visual pode caracterizar sintomas de deficiência ou toxidez de um elemento na planta, entretanto, quando distinguível visualmente a deficiência do nutriente, pode já ter causado acentuado dano à produtividade. Ressaltando, por esse motivo, a importância da diagnose foliar. Além disso, esse método demanda prática do técnico, pois o quadro sintomatológico pode ser confundido com ataque de pragas, doenças ou outros fatores. No entanto, a diagnose visual, quando comparada a outras técnicas, é considerada rápida e de baixo custo, tendo grande importância prática por permitir rápidas decisões no campo (Fontes, 2011).

Usualmente a parte da planta mais utilizada para a avaliação nutricional é a folha, pois esse órgão contém a maior porcentagem de nutrientes e que melhor reflete o estado nutricional da maioria dos elementos, principalmente aqueles que afetam diretamente a fotossíntese. Assim, a análise foliar baseia-se na premissa de que a folha é o principal sítio do metabolismo, e que mudanças no suprimento de nutrientes são refletidas em sua composição de nutrientes, havendo ainda, uma relação entre a concentração dos nutrientes nas folhas e as produções obtidas (Bataglia e Santos, 2001; Freitas et al., 2012).

No abacaxizeiro, a folha 'D', é considerada a mais ativa metabolicamente, para a avaliação do estado nutricional das plantas (Malézieux e Bartholomew, 2003). Segundo Siebeneichler et al. (2002), na cultivar Pérola, a folha 'D' inteira e a sua porção clorofilada refletem melhor o estado nutricional da planta.

Alguns trabalhos como Siebeneichler et al. (2002), Ramos et al. (2009a), Ramos et al. (2010) e Cunha et al. (2019), relatam os sintomas de deficiência visuais de nutrientes em espécies de abacaxizeiro. Ramos et al. (2009a) e Cunha et al. (2019) trabalhando com plantas de abacaxizeiro 'Imperial' e 'Vitória', respectivamente, observaram que os sintomas visuais de deficiência de nitrogênio no abacaxizeiro 'Imperial' foram: coloração verde-amarelada e coloração alaranjada na base das folhas. Nesse estudo, os teores de nitrogênio aos nove meses, no tratamento com e sem o nutriente, eram 14,8 e 9,7 g kg⁻¹, respectivamente. Já para o abacaxizeiro 'Vitória', foi observado amarelecimento

generalizado nas folhas novas e intermediárias da planta, com os teores nutricionais de nitrogênio, aos nove meses, no tratamento com solução completa $12,5 \text{ g kg}^{-1}$ e no deficiente em nitrogênio $7,15 \text{ g kg}^{-1}$.

Sobre os teores de fósforo, no abacaxizeiro 'Imperial', as plantas deficientes apresentaram amarelecimento nas folhas mais novas, aproximadamente aos sete meses de plantio, quando os teores de fósforo nas plantas deficientes estavam em $0,70 \text{ g kg}^{-1}$, e nas plantas do tratamento completo estavam em $1,37 \text{ g kg}^{-1}$. Aos nove meses, as folhas mais novas e as medianas apresentaram, na parte central do limbo, coloração vermelha-arroxeadada com os bordos verdes bem pronunciados. Na colheita, os frutos apresentaram a casca avermelhada, contrastando significativamente com a coloração amarelo-alaranjada dos frutos do tratamento completo. A concentração foliar de P era de $0,32 \text{ g kg}^{-1}$, ou seja, inferior ao valor encontrado no tratamento completo que era de $1,04 \text{ g kg}^{-1}$ (Ramos et al., 2009b).

Os primeiros sintomas de deficiência de potássio no abacaxizeiro 'Imperial' foram aos sete meses de plantio, quando as folhas apresentaram menores tamanhos e mais estreitas, com o teor foliar de K de $11,6 \text{ g kg}^{-1}$ no tratamento deficiente, e de $23,0 \text{ g kg}^{-1}$ no tratamento completo. Aos onze meses, observou-se avermelhamento nas folhas mais velhas (medianas). Aos 12 meses após o plantio, as plantas sob deficiência de K apresentaram o ápice das folhas mais velhas amarronzado e necrosado, e tendência ao tombamento do fruto, deixando-os menos protegidos pelas folhas e, conseqüentemente, mais expostos e propensos à queima pelo sol (Ramos et al., 2009b).

Analisando a deficiência de cálcio no abacaxizeiro 'Imperial', Ramos et al. (2009b) verificaram que não ocorreram sintomas de deficiências nas plantas, quando o teor do nutriente se encontrava em $0,91 \text{ g kg}^{-1}$, entretanto, no tratamento completo o teor era de $4,37 \text{ g kg}^{-1}$ de cálcio, aos nove meses de cultivo, no momento da indução floral. Nos frutos, a deficiência de cálcio causou reduções nas massas frescas do fruto com coroa, e no fruto sem coroa e na coroa (Ramos et al., 2009b).

Segundo Souza e Reinhardt (2009), as plantas com deficiência de magnésio apresentam folhas velhas amarelas, cujas partes sombreadas por folhas mais jovens permanecem verdes, as manchas amarelas se tornam marrons e ocorre o ressecamento dessas folhas velhas que não completaram seu

crescimento após o aparecimento da deficiência. Ramos et al. (2009b) observaram na fase da colheita, que a deficiência de magnésio causa o amarelecimento dos frutos, seguido de necrose na base das folhas da planta e da coroa, além de reduções na massa e diâmetro do fruto, e no volume de suco.

Cunha et al. (2019) avaliando a influência da deficiência de enxofre na qualidade dos frutos de abacaxizeiro 'Vitória', observaram que no momento da indução floral, aos nove meses, o teor do nutriente no tratamento deficiente era $0,80 \text{ g kg}^{-1}$, e no tratamento completo era $1,11 \text{ g kg}^{-1}$, mas não foram observados sintomas de deficiência do nutriente nas plantas. Porém, nos frutos houve grande incremento na acidez titulável, além de redução das massas fresca do fruto inteiro e do fruto sem coroa e do volume do suco.

Ramos et al. (2009b) encontraram resultados semelhantes no abacaxizeiro 'Imperial', no tratamento deficiente em enxofre, com teores de $0,45 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto no tratamento completo o teor era de $1,45 \text{ g kg}^{-1}$, não sendo observados sintomas visuais nas plantas. Já nos frutos, houve incremento da acidez titulável, sólidos solúveis e vitamínica C, e diminuição na firmeza da casca, na relação SS/AT, no pH e na cor da polpa do fruto. Segundo Freitas et al. (2012), plantas de abacaxizeiro deficientes em enxofre, inicialmente apresentam pequena mudança na coloração das folhas, com rachaduras nas folhas mais velhas, seguidas de coloração verde-claras, posteriormente amareladas, com centros necrosados, apresentando coloração um pouco avermelhadas.

Siebeneichler et al. (2002), caracterizando os sintomas de deficiência nutricional de B em abacaxizeiro 'Pérola', observaram que quando os teores de boro eram de 15 mg kg^{-1} , e o das plantas sem deficiência eram 25 mg kg^{-1} , a deficiência provocou uma deterioração do sistema vascular da planta, podendo acarretar a morte do meristema apical. As folhas das plantas deficientes ficaram mais espessas, com aspecto coriáceo. O fruto apresentou anormalidade, em forma e tamanho, com presença de tecidos corticosos entre os frutinhos e rachaduras na superfície externa. Posteriormente esses frutos apresentaram alta infestação de cochonilhas, no entanto, esses sintomas só foram observados nas plantas-soca, que foram provenientes da planta-mãe, que não receberam B.

2.4. Nutrição mineral e qualidade dos frutos

Qualidade é a palavra-chave no mercado externo de frutas, embora seja pouco entendida no mercado brasileiro, razão pela qual sua exportação é tão baixa. A qualidade de um fruto reúne seus atributos sensoriais, o valor nutritivo e a segurança alimentar (Chitarra e Chitarra, 2005).

A qualidade do fruto do abacaxizeiro, segundo Conceição et al. (2016), está dividida em parâmetros físicos (massa, comprimento, diâmetro, forma, cor e firmeza) e químicos (sólidos solúveis, pH, acidez titulável). Esses fatores, associados à composição química da polpa, oferecem aos produtos obtidos do fruto a qualidade sensorial e nutricional, responsáveis pela aceitação definitiva no mercado externo. O estudo desses parâmetros é importante para definição de técnicas adequadas para o manuseio pós-colheita, assim como para definir padrões de qualidade, estabelecer os critérios de mercado e a boa aceitação do produto pelo mercado consumidor (Thé et al., 2010; Parent et al., 2020).

De acordo com Crestani et al. (2010), o abacaxi possui características apreciáveis, podendo ser utilizado tanto para o consumo *in natura*, quanto em produtos industrializados, como por exemplo: enlatado, congelado, em calda, cristalizado, em forma de passa, picles, utilizado na confecção de doces, sorvetes, cremes, balas e bolos. É também consumido na forma de suco, refresco, xarope, licor, vinho, vinagre e aguardente, e ainda pode ser utilizado como matéria-prima para a extração de álcool e ração animal, por meio da utilização dos resíduos da industrialização.

Guerra et al. (2004) utilizando o método gravimétrico modificado, observaram que o fruto do abacaxi contém 1,34% de fibra alimentar total, 1,14% de fibra insolúvel e 0,20% de fibra solúvel. Porém, de acordo com Botelho et al. (2002), a casca do fruto apresenta os maiores teores de fibra alimentar, FDA (fibra detergente ácido), FDN (fibra detergente neutro), lignina e celulose. Outra substância de alto valor farmacêutico presente no abacaxi é a bromelina, que se trata de uma protease, com funções medicinais e culinárias (amaciamiento de carnes vermelhas). Além disso, possui alto teor nutricional, devido à elevada concentração de carboidratos, minerais (cálcio, potássio, fósforo, magnésio, sódio, cobre e iodo) e vitaminas, especialmente ácido ascórbico, niacina, tiamina e riboflavina (Ogawa et al., 2017).

Os atributos de qualidade são responsáveis por caracterizar os produtos vegetais e estabelecer padrões de qualidade e identidade. Sabe-se que condições climáticas, estádios de maturação, diferenças varietais, nutrição mineral das plantas, entre outros fatores, exercem influência acentuada na composição química do abacaxi (Bengozi et al., 2007).

A nutrição das plantas tem grande influência na qualidade das frutas e, nesse sentido, alguns trabalhos já foram realizados por Spironello et al. (2004), Guarçoni e Ventura, (2011) e Silva et al. (2012), demonstrando que a adubação nitrogenada em abacaxizeiro, proporciona respostas positivas com incrementos na produtividade.

Caetano et al. (2013) estudando a cultivar Vitória, observaram que a produtividade de frutos (com coroa) e a massa média dos frutos foram significativamente influenciadas pelas doses crescentes de N, que promoveram maior crescimento da folha 'D', produção de mudas, desenvolvimento e produtividade do fruto, além de reduções nos valores de sólidos solúveis e acidez titulável.

Os trabalhos de Malézieux e Bartholomew (2003), com a cultivar Queen, e de Teixeira et al. (2002), com a cultivar Smooth Cayenne, demonstraram que a adubação nitrogenada compromete a qualidade dos frutos. De acordo com os estudos desses autores, as maiores doses de nitrogênio influenciaram a relação açúcar/acidez no abacaxi, tornando o seu suco mais ácido, reduzindo os teores de açúcar e também do ácido ascórbico. Em contrapartida, Coelho et al. (2007) trabalhando com a cultivar Jupi, e Siebeneichler et al. (2008) com a cultivar Pérola, afirmaram que as doses de N não influenciam na acidez do fruto.

O íon potássio (K^+) é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. De acordo com Marschner (2012), o K^+ atua como íon ativador de várias enzimas vegetais durante processos importantes, como a respiração e a fotossíntese, além de ser o precursor da abertura dos estômatos e da manutenção da turgidez celular. Apesar de não fazer parte de nenhuma estrutura ou molécula, o K^+ tem importante função no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados, e na manutenção da água nos tecidos vegetais, assim, a adequada nutrição do K, melhora qualitativamente os frutos (Fernandes, 2006).

Caetano et al. (2013) avaliando doses de K_2O na cultivar Vitória, observaram que a qualidade dos frutos foi influenciada significativamente pelas doses K_2O . Consoante os autores, os valores de acidez titulável (AT) e Sólidos Solúveis (SS) aumentaram linearmente em função das doses de K_2O , atingindo valores máximos de 0,38% e 17,62 °Brix, respectivamente, na dose de 600 kg ha⁻¹, demonstrando a importância da adubação potássica nas características que conferem qualidade aos frutos de abacaxi. Ventura et al. (2009) concluíram que os teores mais elevados de AT e SS, proporcionam sabor mais apreciado aos frutos do abacaxizeiro 'Vitória'.

Spironello et al. (2004) analisando os efeitos das doses de K (0,175, 350, 700 kg de K_2O ha⁻¹) na cultivar Smooth Cayenne, observaram resultados significativos no tamanho dos frutos e na produção final, sendo a dose estimada de 569 kg de K_2O ha⁻¹, a que reflete melhores resultados. Rodrigues et al. (2013) avaliando o efeito de diferentes relações K/N na adubação sobre a nutrição mineral e a produção de abacaxizeiro 'Pérola', concluíram que os maiores valores de massa média de frutos (1380 g) e produtividade (40,6 t ha⁻¹), foram observadas no fornecimento de doses de K e N na relação 2:1, que resultou em maiores valores de peso médio e de percentual de frutos das classes II e III, e menor percentual de frutos da classe I, e que ocorreram aumentos nos valores de massa fresca da folha 'D' com a elevação das doses de K.

O potássio tem influência marcante sobre a qualidade do fruto de abacaxizeiro. Diversos trabalhos demonstram a influência do nitrogênio e do potássio nos teores de sólidos solúveis, acidez titulável, rendimento do suco e teor de vitamina C, mas cada cultivar apresentando suas peculiaridades. Em geral, o nitrogênio exerce efeito negativo sobre os SS e AT, enquanto o potássio proporciona efeito positivo sobre essas características (Veloso et al., 2001; Coelho et al., 2007; Guarçoni e Ventura, 2011; Ramos et al., 2010; Caetano et al., 2013; Oliveira et al., 2015; Rios et al., 2018).

Conceição et al. (2016), determinando a qualidade sensorial da cultivar Pérola em duas épocas de adubação e 4 doses diferentes de potássio (0, 5, 10 e 20 g de K_2O planta⁻¹), observaram que os atributos sensoriais dos frutos foram influenciados pela adubação de 10 a 20 gramas de potássio em intervalos de 60 dias, o que favoreceu a sensibilidade dos atributos de textura, aroma, sabor e

aceitação global, permitindo maior aceitação dos consumidores e interesse de compra na fruta.

O abacaxi é um fruto não climatérico, por isso sua coloração externa é uma característica determinante no momento da colheita, sendo relacionada ao grau de maturação dos frutos e as melhores características de sabor e aroma. Desta forma, a coloração externa é o principal artifício utilizado para a escolha do ponto ideal de colheita do fruto no campo.

Ogawa et al. (2017) consideram cinco estágios de maturação do fruto de abacaxi, partindo de 0 (totalmente verde) a 5 (totalmente amarelo). Esses autores observaram que os frutos do abacaxizeiro 'Vitória' podem ser colhidos na fase três de maturação e comercializados neste estágio, sem que haja comprometimento dos aspectos de qualidade, facilitando o manuseio dos frutos e melhor tempo de pós colheita.

Outro aspecto de extrema importância é a cor da polpa do fruto. Segundo Viana et al. (2013), no melhoramento do abacaxizeiro a cor da polpa é muito importante, devido a sua estreita correlação com o teor de carotenoides, e pelo mercado externo ter preferência por frutas de polpa amarela com maiores valores da relação SS/AT.

O fornecimento de nutrientes minerais pode ajudar a amenizar as injúrias que causam o escurecimento da polpa dos frutos de abacaxizeiro. Soares et al. (2005) estudando a influência do cloreto de potássio na redução do escurecimento interno do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', observaram que após a aplicação de potássio no solo, ocorreu a redução dos compostos fenólicos, que são o principal substrato das enzimas de escurecimento. Conseqüentemente, com o aumento dos teores de potássio, os frutos tornam-se menos suscetíveis ao escurecimento interno, retardando este efeito e aumentando a qualidade do fruto.

Botrel et al. (2004) avaliando a influência de doses crescentes de potássio e sua relação com o índice de escurecimento interno da polpa na cultivar Smooth Cayenne, observaram que a medida que aumentaram os níveis de adubação potássica, com as doses de 16 e 20 g de K_2O planta⁻¹, ocorreram maiores valores de vitamina C, e o escurecimento causado pelo frio foi menor. Os autores observaram também que o aumento de 10 mg 100 g⁻¹ de polpa de vitamina C, foi suficiente para reduzir o escurecimento, relacionando maiores teores de ácido

ascórbico a frutos mais resistentes e ao escurecimento interno da fruta, devido a diminuição significativa de compostos fenólicos.

O tamanho final do fruto dependerá da quantidade de energia da planta investida em seu desenvolvimento. O tamanho dos frutos é uma característica quantitativa muito importante, especialmente para o consumo *in natura*. Como o mercado interno de fruta fresca tem preferência por frutos de médios a grandes (peso > 1,5 kg), esse fator é determinante no momento da compra dos frutos (BRASIL et al., 2002; Bengozi et al., 2007).

Miguel et al. (2007) buscando entender, através do método de Desdobramento da Função Qualidade (QFD), o comportamento de compra dos consumidores de abacaxi no Mercado Municipal de Piracicaba, no estado de São Paulo, concluiu que os consumidores preferiam frutos com casca sem defeitos, coloração amarelada ou mista (um pouco verde), tamanho grande, boa aparência interna demonstrando que está sadio, textura firme, aroma característico, baixa acidez, sabor doce, e que estivessem suculentos e maduros, do ponto de vista fisiológico.

Não é só a aparência externa que influencia na escolha dos frutos pelo consumidor, outra característica que afeta nessa decisão são as químicas, como aroma e sabor dos frutos. O aroma é determinado pelos ácidos orgânicos dos frutos, e o sabor por parâmetros como sólidos solúveis totais, pH e relação SS/AT. A relação SS/AT confere sabor ao fruto, e a acidez, causada pelos ácidos orgânicos, é uma característica importante no que se refere ao sabor e aroma das frutas (Couto et al., 2010).

Com relação aos SS, os valores observados na grande maioria dos trabalhos, estavam dentro do valor mínimo exigido, que são 12°Brix, para a comercialização de frutos de abacaxi *in natura* no Brasil (BRASIL, 2002). Silva et al. (2012) encontraram SS da cultivar Vitória igual a 15,5 e Kist et al. (2011) obtiveram os valores de SS para o abacaxi 'Pérola' variando de 13,3 a 14,2.

Reinhardt et al. (2004) determinando gradientes dos principais atributos da polpa do abacaxi 'Pérola', em função do tamanho do fruto e do seu estágio de maturação observaram que frutos pequenos apresentaram teores mais elevados de SS e AT, atributos interessantes para seu uso na indústria, mas também para o consumidor do fruto *in natura*. No entanto, a menor relação SS/AT e o menor teor de vitamina C, são fatores desfavoráveis ao seu consumo. O menor pH nos

frutos pequenos está relacionado com a sua maior acidez, em relação aos frutos grandes. Algumas das mudanças nos frutos ocorrem com o avançar da maturação, frutos em estágio mais avançado de maturação apresentam valores mais altos de SS, pH e SS/AT, bem como valores menores para AT e vitamina C.

De acordo com Caetano et al. (2013) e Spironello et al. (2004), as doses de fósforo (P) estudadas não influenciaram na produção e qualidade de frutos do abacaxizeiro 'Vitória' e 'Smooth Cayenne', respectivamente.

Guarçoni e Ventura (2011) analisando a resposta à adubação fosfatada no abacaxi 'Gold MD-2', não observaram efeito significativo sobre quaisquer variáveis de desenvolvimento do fruto. Segundo esses autores, a pequena ou a ausência de resposta do abacaxizeiro à adubação fosfatada na produção do abacaxi, em relação à aplicação de P, ocorre, provavelmente, pela intensa associação de fungos micorrízicos com as raízes do abacaxizeiro, elevando naturalmente a absorção do P encontrado no solo. No entanto, os mesmos autores observaram que a adubação fosfatada em doses crescentes, proporcionou incrementos nos teores de sólidos solúveis, efeito quadrático sobre a acidez titulável e, conseqüentemente, sobre a relação dessas variáveis SS/AT, efeitos semelhantes aos observados pela adubação potássica.

O cálcio regula a qualidade do fruto, especificamente, na manutenção da firmeza, na diminuição da deterioração pós-colheita e na incidência de distúrbios fisiológicos. O Ca^{2+} é um nutriente essencial para: estrutura da parede celular, respostas de sinalização celular e função da membrana. O íon cálcio medeia uma cascata de eventos que levam a um equilíbrio no crescimento e desenvolvimento das plantas e frutos (Aghdam et al., 2012).

Paula et al. (1991) estudando o equilíbrio entre a calagem e a adubação potássica e nitrogenada, para o abacaxizeiro 'Pérola', concluíram que com a calagem a cultura não aumentou a produção, mas ela promoveu uma melhor utilização do potássio, e o K^+ aumentou os teores de SS e AT, contribuindo com a melhoria da qualidade dos frutos.

Souza et al. (2019) avaliando o acúmulo de biomassa e macronutrientes em plantas, frutos e mudas de abacaxizeiro 'Vitória', em diferentes doses de N e densidades de plantio, observaram que o aumento das doses de nitrogênio, combinado com aumento da população de plantas, promoveu aumento linear no acúmulo de macronutrientes, assim, a folha apresentou o maior acúmulo de

nutrientes, seguidos pelas mudas e frutos. Os frutos na dose de 20 g de N planta⁻¹ e densidade de 126.984 planta ha⁻¹, apresentaram a ordem decrescente de exportação nutricional de K > Ca > N > P > Mg > S. Pegoraro et al. (2014) relataram a seguinte ordem de exportação de nutrientes pelos frutos K > N > S > Ca > P > Mg, aplicando a dose de 15 g de nitrogênio planta⁻¹. No entanto, para ambos os autores, a ordem de exportação nutricional das plantas de abacaxizeiro 'Vitória' era semelhante: K > N > Ca, se diferenciando apenas na ordem dos demais macronutrientes (P, Mg e S). Amaral et al. (2014) observaram ordem exportação na planta semelhante para o abacaxizeiro 'Pérola'.

Guarçoni e Ventura (2011) e Souza et al. (2019) observaram que o acúmulo de nutrientes no abacaxizeiro varia, entre outros fatores, com o material genético e com o manejo adotado (adubação e densidade das plantas). Essa variação na demanda nutricional deve-se ao manejo, tipo de solo, disponibilidade de nutrientes, condições climáticas e cultivar. E nos diversos estudos, o K e o N são sempre, e necessariamente nessa ordem, mais absorvidos pela planta.

Teixeira et al. (2011) determinando na cultivar Smooth Cayenne, os efeitos de doses e fontes de potássio no crescimento e produção das plantas, concluíram que a produção de frutos aumentou com a adubação potássica. Assim, esta adubação foi fortemente correlacionada com a quantidade de K acumulada na folha 'D', portanto, altas doses de potássio aplicadas ao solo, utilizando como fonte o sulfato de potássio (K₂SO₄), apresentaram melhores resultados do que o potássio na forma de cloreto de potássio (KCl), devido aos efeitos negativos associados ao excesso de cloreto para o abacaxizeiro.

O boro (B) é um dos micronutrientes cuja deficiência interfere principalmente na aparência dos frutos, comprometendo sua aceitação pelo consumidor (Ramos et al., 2010). Segundo Siebeneichler et al. (2002) e Ramos et al. (2009), na ausência da adubação com B, os frutos apresentavam deformação na folha da coroa, formação de excrescência cortiçosa e de rachaduras entre frutinhos, alterando a qualidade e aspecto final do fruto.

3. TRABALHOS

3.1. ARTIGO 1. QUALIDADE DE FRUTOS DE ABACAXIZEIRO 'VITÓRIA' SOB DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES E BORO¹

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência das deficiências de macronutrientes e de boro nas características físico-química dos frutos de abacaxizeiro da cultivar Vitória. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com oito tratamentos (solução completa, -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S e -B) e seis repetições. A condução do experimento foi de outubro de 2016 a março de 2018, e as variáveis avaliadas foram: massas frescas do fruto e da coroa, diâmetro do fruto, comprimentos do fruto e da coroa, volume e massa do suco, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), vitamina C, pH do suco e relação SS/AT. Todos os tratamentos com deficiência de nutrientes reduziram a massa fresca do fruto. Nos tratamentos -N e -Ca houve redução de 41,9 e 35,3%, respectivamente, na massa fresca da coroa. O diâmetro dos frutos sob deficiência de N, K e Mg, foi menor. Já o comprimento do fruto, os sólidos solúveis e o pH do suco foram menores no tratamento deficiente em N. Deficiências isoladas de cada um dos macronutrientes e de B, reduziram a massa

¹Trabalho publicado na Revista Brasileira de Fruticultura vol.41, n.5, e-080 em novembro de 2019.

fresca do fruto inteiro e do fruto sem coroa. O nutriente que mais limitou o tamanho e a qualidade do fruto de abacaxizeiro 'Vitória' foi o nitrogênio.

Palavras Chaves: *Ananas comosus* var. *comosus*, nutrição mineral, fruticultura, sólidos solúveis, acidez titulável.

ABSTRACT

FRUIT QUALITY OF PINEAPPLE 'VITÓRIA' UNDER MACRONUTRIENTS AND BORON DEFICIENCY¹

The objective of this study was to evaluate the influence of macronutrient and boron deficiencies on physico-chemical characteristics of pineapple fruits, 'Vitoria' cultivar. The experimental design was a randomized complete block with eight treatments (complete solution, -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S and -B) and six replicates. The experiment was conducted from October 2016 to March 2018, and the variables evaluated were: fresh fruit and crown mass, fruit diameter, fruit and crown length, juice volume and mass, titratable acidity (TA), soluble solids (SS), vitamin C, juice pH and SS/TA ratio. All treatments with nutrient deficiency reduced the fresh fruit mass. In treatments -N and -Ca there was a reduction of 41.9 and 35.3%, respectively, in the crown fresh mass. Fruits diameter under N, K and Mg deficiency was lower, fruit length, soluble solids and juice pH were lower in treatment with N deficiency. Isolated deficiencies of each of the macronutrients and B reduced the mass of the whole fruit and the crownless fruit. The nutrient that most limited the size and quality of 'Vitoria' pineapple fruit was nitrogen.

Index terms: Mineral nutrition, fruit growing, *Ananas comosus* var. *comosus*, total soluble solids, titratable acidity.

¹Trabalho publicado na Revista Brasileira de Fruticultura vol.41, n.5, e-080 em novembro de 2019.

INTRODUÇÃO

O abacaxi é uma das frutas mais tradicionais e consumidas do mundo, sendo considerada a terceira fruta tropical de maior produção, ficando atrás apenas da banana e dos citros. No Brasil, o abacaxizeiro é a sexta frutífera em área colhida, sobretudo nas regiões norte, nordeste e sudeste (IBGE, 2017; Reinhardt et al., 2018; FAOSTAT, 2018).

Entre os problemas que limitam a produção de abacaxi no Brasil, a fusariose tem sido o mais grave. A fusariose é doença causada pelo fungo *Fusarium guttiforme*, e causa perdas de rendimento que podem chegar a 40% das frutas comercializáveis e 20% de material de plantio. A melhor saída para eliminar essas perdas é o cultivo de variedades resistentes a este fungo, pois é uma alternativa mais econômica, eficiente e ambientalmente segura. Lançada no ano de 2006, a cv. Vitória, apresenta resistência à fusariose, ausência de espinhos nas folhas e na coroa do fruto, que por sua vez, apresentam forma cilíndrica e polpa branca (Ventura et al., 2009).

A qualidade do fruto é determinada pelo seu aroma e sabor, que resultam de uma combinação de diferentes metabólitos, açúcares, ácidos orgânicos, compostos voláteis e proteínas (Forney, 2001). Segundo Ogawa et al. (2017), o abacaxi tem alto teor de energia e valor nutricional, devido a sua alta concentração de carboidratos, minerais (cálcio, potássio, fósforo, magnésio, sódio, cobre e iodo) e vitaminas, especialmente ácido ascórbico, niacina, tiamina e riboflavina.

Os frutos de abacaxizeiro, considerados de melhor qualidade, apresentam alto teor de açúcar e acidez titulável moderada, sendo que este último fator é inversamente correlacionado ao pH e vitamina C do suco do fruto (Ramos et al., 2010). A relação entre sólidos solúveis e acidez titulável, aumenta com o avanço na maturação do fruto. Essa relação é uma das formas mais utilizadas para avaliar o sabor, sendo também mais representativa do que a medida isolada de açúcares ou da acidez, mostrando o equilíbrio entre esses dois componentes (Berilli et al., 2011; Ogawa et al., 2017). Segundo o Centro de Qualidade em Horticultura - CQH (2003), o teor de sólidos solúveis em frutos de abacaxi, entre

outros requisitos de qualidade, deve ser superior a 12° Brix, sendo este, o valor considerado mínimo para comercialização no Brasil.

Para garantir uma boa aceitação dos frutos no mercado consumidor, os produtores buscam elevar os padrões de qualidade otimizando seu sistema de adubação mineral (Amorim et al., 2011). O aumento na massa do fruto do abacaxi pode ser obtido quando as plantas são submetidas a uma fertilização mineral adequada (Coelho et al., 2007). O estado nutricional do abacaxizeiro tem grande influência no seu desenvolvimento, principalmente na fase de pré-florescimento que influencia diretamente na produção e na qualidade dos frutos (Guarçoni e Ventura, 2011; Caetano et al., 2013; Bhowmick et al., 2017).

Alguns trabalhos sobre nutrição mineral e qualidade dos frutos realizados com as cultivares de abacaxizeiro Vitória (Caetano et al., 2013), Gold (MD-2) (Guarçoni e Ventura, 2011), Jupi (Coelho et al., 2007), Pérola (Veloso et al., 2001) e Imperial (Ramos et al., 2010; Oliveira et al., 2015; Rios et al., 2018), demonstram a influência do nitrogênio e do potássio nos teores de sólidos solúveis e acidez titulável, rendimento do suco e teor de vitamina C, com cada cultivar apresentando suas peculiaridades. Em geral, o nitrogênio exerce efeito negativo sobre os sólidos solúveis e a acidez titulável, enquanto o potássio proporciona efeito positivo sobre essas características.

Dessa maneira, o estudo das respostas das plantas ao fornecimento de nutrientes, é uma importante ferramenta para o adequado manejo da cultura (Aular e Natale, 2013). Verifica-se que informações a respeito de frutos de abacaxizeiro 'Vitória', quando cultivado sob deficiência nutricional de macronutrientes e boro, ainda são desconhecidos, notadamente no que se refere à qualidade dos frutos, sendo erroneamente utilizados como parâmetro de comparação valores das cultivares Pérola e Smooth Cayenne, apesar de apresentarem semelhanças.

Nesse contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito das deficiências de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e boro na qualidade físico-química e no desenvolvimento dos frutos de abacaxizeiro da cultivar Vitória.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Unidade de Apoio à Pesquisa da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes-RJ. Foram registradas as temperaturas máximas e mínimas e a umidade relativa, dentro da casa de vegetação, durante todo o período experimental (Figura 1).

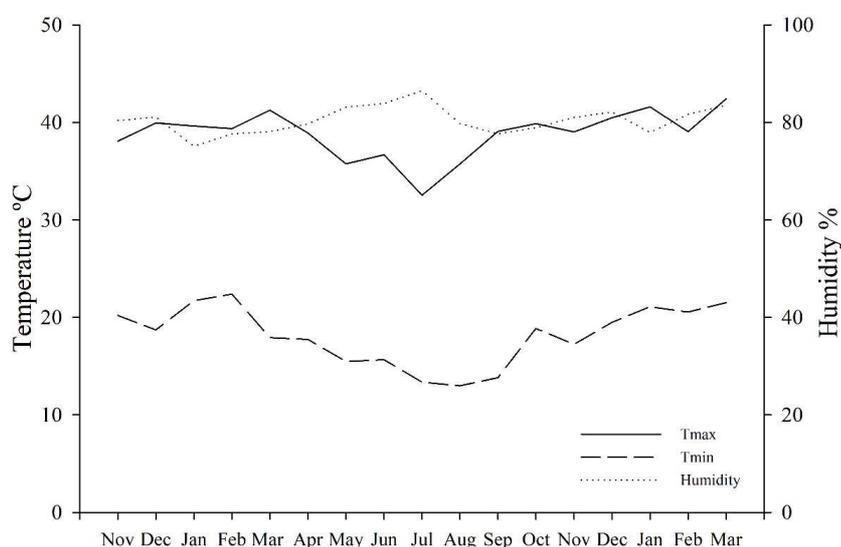


Figura 1. Média dos valores diários de temperatura (°C) e umidade relativa UR do ar (%) em casa de vegetação, durante o cultivo de abacaxizeiro cv. Vitória, no período de novembro de 2016 a março de 2018. Campos dos Goytacazes, 2019.

O delineamento experimental foi realizado em blocos ao acaso, com seis repetições e oito tratamentos, representados pelas seguintes soluções nutritivas: solução completa (SC) e soluções deficientes em nitrogênio (-N), fósforo (-P), potássio (-K), cálcio (-Ca), magnésio (-Mg), enxofre (-S) e boro (-B). Cada unidade experimental foi representada por uma planta, cultivada individualmente.

Utilizou-se mudas do tipo rebento de abacaxizeiro da cv. Vitória, obtidas na estação experimental de Cachoeiro de Itapemirim, do Instituto Capixaba de

Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. As mudas foram selecionadas por peso, com massa média de 340 gramas, e plantadas em vasos com capacidade de 20 L, preenchidos com areia lavada, em outubro de 2016.

Em janeiro de 2017 iniciou-se aplicação de solução completa em todas as plantas (Tabela 1), baseada na solução proposta por Hoagland e Arnon (1950). A condutividade da solução nutritiva foi mantida entre 2,0 e 2,2 mS e o pH entre 5,5 e 5,9, utilizando-se solução NaOH (2 mol L^{-1}) e HCl ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) para as devidas correções. A concentração dos nutrientes utilizada na solução completa em mg L^{-1} foi: N, 224; P, 31; K, 234; Ca, 160; Mg, 48,6; S, 80; Cl, 1,77; Mn, 0,55; Zn, 0,13; Cu, 0,03; Mo, 0,06; B, 0,27; e Fe-EDTA, 2,23.

Em abril 2017, iniciaram-se as aplicações dos tratamentos com deficiência (Tabela 1). O volume da solução aplicada por planta, em cada tratamento, foi crescente ao longo do desenvolvimento das plantas, partindo de 200 mL por dia e finalizando em um litro três vezes por semana, nos dias mais quentes, além da solução com os tratamentos, foi fornecida água deionizada.

Tabela 1. Composição das soluções estoque utilizadas na formulação dos tratamentos: Solução completa e soluções deficientes em nitrogênio (-N), fósforo (-P), potássio (-K), cálcio (-Ca), magnésio (-Mg), enxofre (-S) e boro (-B), todas baseadas na Solução de Hoagland e Arnon (1950).

Solução estoque	Tratamentos							
	Completa	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
Ca ($\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (2 mol L^{-1})	2,0	-	2,0	2,0	-	2,0	2,0	2,0
KNO_3 (2 mol L^{-1})	3,0	-	3,0	-	3,0	3,0	3,0	3,0
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (1 mol L^{-1})	1,0	-	-	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
MgSO_4 (1 mol L^{-1})	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	-	-	2,0
FeEDTA (25 g L^{-1})	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
MICRO*	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
H_3BO_3 (25 mM)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1 mol L^{-1})	0,5	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	0,5
NH_4Cl (1 mol L^{-1})	-	-	1,0	-	-	-	1,0	-
NaNO_3 (2 mol L^{-1})	-	-	-	3,0	4,0	-	-	-
Na_2SO_4 (1 mol L^{-1})	-	-	-	-	-	2,0	-	-
MgCl_2 (1 mol L^{-1})	-	-	-	-	-	-	2,0	-
CaCl_2 (2 mol L^{-1})	-	2,0	-	-	-	-	-	-
KCl (1 mol L^{-1})	-	4,0	-	-	-	-	-	-
KH_2PO_4 (1 mol L^{-1})	-	1,0	-	-	-	-	-	-
K_2SO_4 ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$)	-	1,0	-	-	-	-	-	-

*Micro: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 250 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{KCl} = 3728 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = 845 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 578 \text{ mg L}^{-1}$, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 88 \text{ mg L}^{-1}$

Em julho de 2017, quando a folha 'D' do tratamento com solução completa atingiu, em média, 66 cm de comprimento e massa fresca de 27 g, foi realizada a indução floral das plantas usando calda aquosa de Ethrel® (Etefon) a 0,1% com acréscimo de ureia a 2%, no volume de 30 mL por planta. Nessa data também foram coletadas folhas 'D' para a determinação dos teores nutricionais de cada elemento na solução completa e nos respectivos tratamentos com deficiência. A folha 'D' foi utilizada inteira, de acordo com metodologia de Siebeneichler et al. (2002).

Treze meses após o plantio, em novembro de 2017, os frutos começaram a ser colhidos, após atingirem o estágio cinco de maturação (OGAWA et al., 2017). A colheita ocorreu durante 70 dias, conforme a maturação natural dos frutos (Figura 2), que foram colhidos e destinados para as análises logo em seguida.

As características biométricas avaliadas nos frutos foram: massa do fruto inteiro, massa do fruto sem coroa, massa da coroa, comprimento do fruto, comprimento da coroa e diâmetro do fruto. Para a obtenção dos dados de massa utilizou-se uma balança digital. Para os dados de comprimento foi utilizado fita métrica.

No suco extraído de cada fruto por prensagem a frio, foram determinadas as seguintes variáveis: acidez titulável (AT), teor de sólido solúveis (SS), pH, teor de vitamina C e calculada a relação SS/AT. A acidez titulável foi obtida por meio da titulação com hidróxido de sódio 0,1 N, expressa em % de ácido cítrico (g 100 mL⁻¹ de suco); os sólidos solúveis (°Brix) foram determinados por refratometria, utilizando-se de um refratômetro digital; o pH do suco foi determinado em pHmetro digital. Dosou-se a vitamina C (mg de ácido ascórbico 100 mL⁻¹ de suco) por meio da titulação do suco com solução de 2,6-diclorofenol-indofenol, sal sódico (AOAC, 2016).

Os dados foram submetidos à análise de variância. Para as características dos frutos, as médias comparadas com a testemunha (tratamento completo) foram realizadas pelo teste bilateral de Dunnett; já para as características dos teores foliares, utilizou-se o teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se, no momento da indução floral, realizada aos 73 dias após o início da aplicação dos tratamentos, que as deficiências de macronutrientes e boro determinaram alterações significativas nos teores nutricionais das folhas do abacaxizeiro cv. Vitória (Tabela 2), e na qualidade dos frutos colhidos aos 255 dias após o início dos tratamentos (Tabela 3). Isto ocorreu mesmo as plantas não demonstrando sintomas visuais de deficiência, com exceção daquelas cultivadas sem N, que apresentaram amarelecimento generalizado e menor crescimento vegetativo. No tratamento sem N, o teor deste nutriente foi 41,1% menor em comparação ao seu teor nutricional com solução completa (Tabela 2).

Tabela 2. Teores nutricionais na folha 'D' do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta aos tratamentos com solução nutritiva completa (SC) e com soluções com deficiências, em nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), no momento da indução floral realizada aos 270 dias após o plantio e 73 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Campos dos Goytacazes, 2019.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B
	-----g kg ⁻¹ -----						mg kg ⁻¹
SC	12,5a	1,50a	29,8a	2,83a	2,61a	1,11a	14,1a
Deficiência	7,15b	1,18b	19,9b	2,30b	1,44b	0,80b	8,08b
CV (%)	16,2	16,4	14,5	11,9	16,1	20	10,6

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Tabela 3. Massas do fruto inteiro, do fruto sem coroa e da coroa, comprimento e diâmetro do fruto, comprimento da coroa, volume e massa do suco, pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e vitamina C do suco em frutos de abacaxizeiro cv. Vitória cultivados em solução completa (SC) e deficiências em nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e boro (B). Campos dos Goytacazes, 2019.

Trat.	Fruto inteiro (g)	Fruto sem coroa (g)	Coroa (g)	Comp. do fruto (cm)	Diâm. do fruto (cm)	Comp. da coroa (cm)
SC	1615,0	1367,4	247,6	15,2	11,9	39,0
-N	915,9 ⁻	770,9 ⁻	143,9 ⁻	12,1 ⁻	9,8 ⁻	19,5 ⁻
-P	1337,1 ⁻	1135,6 ⁻	193,7 ^{ns}	15,1 ^{ns}	11,1 ^{ns}	35,7 ^{ns}
-K	1204,3 ⁻	996,6 ⁻	207,5 ^{ns}	13,9 ^{ns}	10,4 ⁻	43,1 ^{ns}
-Ca	1319,8 ⁻	1138,9 ⁻	160,3 ⁻	14,1 ^{ns}	11,0 ^{ns}	30,1 ^{ns}
-Mg	1202,8 ⁻	980,9 ⁻	215,3 ^{ns}	14,1 ^{ns}	10,5 ⁻	34,1 ^{ns}
-S	1385,3 ⁻	1137,1 ⁻	239,5 ^{ns}	15,2 ^{ns}	11,0 ^{ns}	42,2 ^{ns}
-B	1317,7 ⁻	1111,0 ⁻	205,7 ^{ns}	14,3 ^{ns}	10,9 ^{ns}	41,3 ^{ns}
CV (%)	6,4	7,9	17,5	7,2	4,9	13,2

Trat.	Volume de suco (mL)	Massa do suco (g)	Sólidos solúveis (°Brix)	pH	Acidez titul* (g 100mL ⁻¹ de suco)	Vitamina C** (mg L ⁻¹)	Relação SS/AT
SC	386,9	406	14,3	3,78	0,69	80,8	21,3
-N	198,8 ⁻	219,2 ⁻	19,1 ⁺	3,27 ⁻	1,17 ⁺	120,2 ⁺	16,2 ^{ns}
-P	316,2 ^{ns}	363,0 ^{ns}	14,1 ^{ns}	3,70 ^{ns}	0,77 ^{ns}	79,4 ^{ns}	18,7 ^{ns}
-K	254,7 ⁻	302,2 ^{ns}	13,4 ^{ns}	3,60 ^{ns}	0,44 ⁻	69,5 ^{ns}	30,9 ⁺
-Ca	314,5 ^{ns}	343,4 ^{ns}	16,5 ^{ns}	3,58 ^{ns}	0,83 ^{ns}	91,6 ^{ns}	20,1 ^{ns}
-Mg	266,7 ⁻	367,2 ^{ns}	14,4 ^{ns}	3,62 ^{ns}	0,61 ^{ns}	67,8 ^{ns}	23,8 ^{ns}
-S	294,9 ⁻	371,2 ^{ns}	14,6 ^{ns}	3,47 ^{ns}	1,07 ⁺	101,3 ^{ns}	13,7 ^{ns}
-B	287,5 ⁻	371,6 ^{ns}	13,9 ^{ns}	3,82 ^{ns}	0,67 ^{ns}	61,7 ⁻	22,2 ^{ns}
CV (%)	12,7	22,9	8,5	5,6	10,5	12,5	18,1

Valores seguidos por "ns" não foram significativos; e por "-" foram significativamente menores que os observados no tratamento com solução completa; valores seguidos por "+" foram significativamente maiores que os observados no tratamento com solução completa comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de significância. *resultado expresso em porcentagem de ácido cítrico. **resultado expresso em mg de ácido ascórbico.

As massas frescas dos frutos inteiros e dos frutos sem coroas, nos tratamentos com deficiências de macronutrientes e de boro, foram menores, quando comparadas com os frutos do tratamento com solução completa (Tabela 3). Todos os nutrientes em deficiência na solução nutritiva reduziram a massa média dos frutos, com destaque para o N, que teve sua massa reduzida em 43,3%, em relação ao tratamento com solução completa. O comprimento e

diâmetro dos frutos também foram diminuídos, mas em proporções menores que a massa do fruto (Figura 2). Resultados de muitos trabalhos, a exemplo de Guarçoni e Ventura (2011), Caetano et al. (2013) e Silva et al. (2012), confirmam que o N é o nutriente que apresenta maior efeito sobre a produtividade do abacaxizeiro.

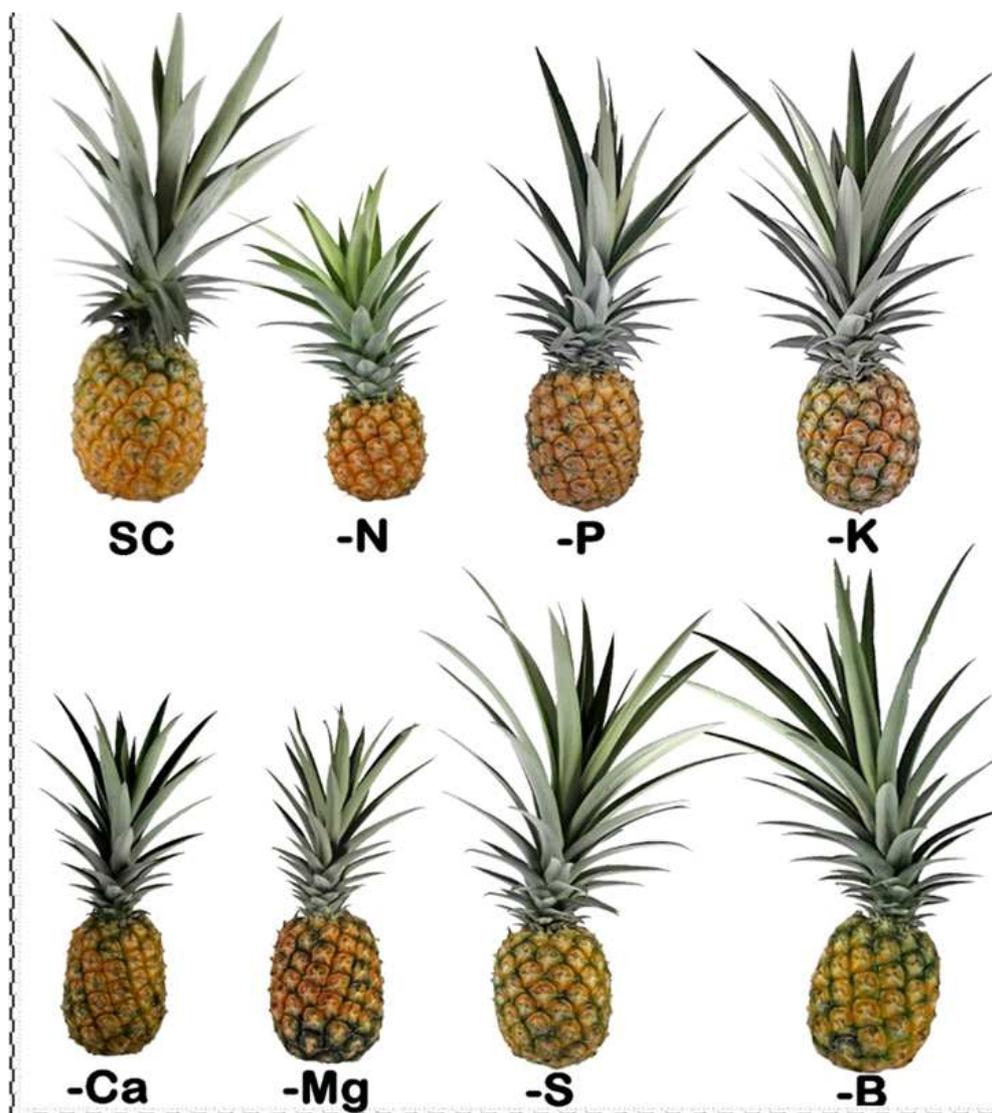


Figura 2. Frutos de abacaxi 'Vitória' em função dos tratamentos: Solução Completa (SC) e deficiências em nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e boro (B). A escala da imagem representa 1:1 cm. Campos dos Goytacazes, 2019.

No entanto, as massas frescas dos frutos colhidos no presente estudo, no tratamento com solução completa, foram maiores que aquelas obtidas nos estudos de Ventura et al. (2009), Caetano et al. (2013) e Silva et al. (2012), os quais trabalharam em condições de cultivo a campo e condições de manejo convencionais para o abacaxizeiro 'Vitória'.

A massa fresca das coroas nos tratamentos sob deficiência nutricional de N e Ca foram 41,9 e 35,3%, respectivamente. Estes valores são menores, quando comparados com a massa fresca das coroas de frutos do tratamento com solução completa (Tabela 3). Ramos et al. (2009), trabalhando com tratamentos com deficiência nutricional em abacaxizeiro cv. Imperial, também observaram reduções na massa fresca da coroa dos frutos, em resposta à deficiência de N e Ca.

Os estudos da coroa dos frutos de abacaxizeiro são realizados com a finalidade de se estabelecer a relação ideal coroa/fruto. Essa relação possui relevância quanto à estética do fruto, mas também contribui no manuseio durante a colheita e transporte do fruto. Em todos os tratamentos, a relação de coroa/fruto não ultrapassou 18% da massa do fruto, estando dentro dos padrões estéticos para comercialização in natura. Preferencialmente, o mercado tem exigência por frutos que possuem coroas pequenas, a fim de proporcionar melhor aparência quando oferecidos aos consumidores (Bengozi et al., 2007).

Frutos oriundos das plantas cultivadas sob tratamentos deficientes em N, K e Mg apresentaram diâmetro 17,6%, 12,6% e 11,8%, respectivamente, menores em relação ao tratamento com solução completa. Os demais tratamentos não diferiram significativamente do padrão da solução completa. Caetano et al. (2013) demonstraram que variáveis como o diâmetro e o comprimento dos frutos, apresentam elevada correlação positiva com a massa dos frutos.

As plantas cultivadas nos tratamentos deficientes em N, K, Mg, S e B produziram frutos com menores volumes de suco, em relação ao tratamento completo (Tabela 3). A massa do suco reduziu 46,0% apenas no tratamento deficiente em N.

O teor de sólidos solúveis é uma forma muito utilizada para avaliar a qualidade dos extratos de frutas (Machado Filho et al., 2018). O teor de sólidos solúveis no tratamento de solução completa foi 14,3°Brix, inferior ao observado por Ventura et al. (2009) que relataram um valor de 15,8°Brix para a mesma

cultivar (Tabela 3). Estes valores são maiores que aqueles encontrados nos frutos das cultivares Pérola e Smooth Cayenne, nos estudos de Reinhardt e Medina (1992) e semelhantes aos encontrados por Viana et al. (2013) e Küster et al. (2018), com a cultivar Vitória.

Barker et al. (2018) e Berilli et al. (2014) relataram valores médios superiores de 16°Brix para a cultivar Vitória. O teor de sólidos solúveis observado nos frutos oriundos das plantas cultivadas com solução completa, está dentro do parâmetro mínimo para comercialização de frutos de abacaxi, que são o teor de sólidos solúveis de 12°Brix (BRASIL, 2002). Para a indústria, quanto maior o valor de sólidos solúveis dos frutos, menor a quantidade de frutos utilizados para a concentração do suco (Negreiros et al., 2008).

No tratamento deficiente em N o teor de sólidos solúveis foi muito maior (19,1°Brix), em relação ao tratamento completo (14,3°Brix). A deficiência de N determinou menor crescimento dos frutos, ensejando maior concentração dos sólidos solúveis, efeito inverso ao observado por Teixeira et al. (2002).

O pH do suco foi afetado significativamente apenas pelo tratamento com deficiência de nitrogênio, reduzindo-o de 3,78 para 3,27 (Tabela 3). O valor encontrado nesse estudo é superior aos valores citados por Silva (2012) para a mesma cultivar, que variaram de 3,67 a 3,90, por Berilli (2014) de 3,6, e por Silva et al. (2015) com 3,44.

A acidez do suco foi menor no tratamento deficiente em potássio, com 0,44% de ácido cítrico, em relação ao tratamento completo de 0,69% de ácido cítrico, o que deve ter relação com o efeito dos íons potássio na regulação osmótica e na ativação enzimática dentro da célula. Os cátions monovalentes, como o íon potássio, podem formar ligações eletrostáticas com os grupos carboxílicos de muitos ácidos orgânicos, inclusive o ácido cítrico (Taiz et al., 2017). E as desordens causadas pela deficiência de potássio afetam a composição e a formação desses compostos, prejudicando a qualidade nutricional dos frutos.

A deficiência de potássio diminuiu a acidez titulável e aumentou a relação SS/AT significativamente (Tabela 3). Spironello et al. (2004), ao estudarem a influência de doses de NPK na produção e qualidade de frutos da cultivar Smooth Cayenne, observaram o efeito positivo da adubação potássica sobre o teor de sólidos solúveis, acidez dos frutos e teores de vitamina C, conferindo uma relação

equilibrada entre açúcares/ácidos. Oliveira et al. (2015) estudando a adubação nitrogenada e potássica na cultivar Imperial, observaram incremento linear nos sólidos solúveis e na acidez titulável com o aumento das doses de K_2O aplicadas ao solo, entretanto, a relação açúcares/ácidos decresceu linearmente.

Foi observado aumento da acidez titulável nos frutos dos tratamentos deficientes em nitrogênio e enxofre, quando comparadas às médias observadas no tratamento com solução completa (Tabela 3). Resultados similares, com valores bastante elevados, superiores a 1%, foram observados por Ramos et al. (2010) em frutos da cultivar Imperial. As deficiências de nitrogênio e enxofre reduzem a síntese de aminoácidos e proteínas, promovendo maior disponibilidade de ácidos orgânicos, como ácido málico, ácidos tricarbóxicos e ácido ascórbico, sendo que este último auxilia na defesa ao estresse em plantas (Taiz et al., 2017).

O teor de ácido ascórbico é utilizado como índice de qualidade de frutos de abacaxi, variando de acordo com as condições de manejo (Lee e Kader, 2000; Rios et al., 2018). O teor de ácido ascórbico nos frutos do tratamento completo foi $80,8 \text{ mg L}^{-1}$ (Tabela 3), valor abaixo do reportado por Ramos et al. (2010) que observaram teores acima de 100 mg L^{-1} de vitamina C. No tratamento deficiente em nitrogênio o teor de vitamina C teve incremento de 46,8%, em relação ao tratamento de solução completa.

Segundo Lee e Kader (2000), em baixas concentrações de N, o acúmulo de ácido ascórbico ocorre devido a menor biossíntese de proteínas e fotoassimilados, que são dirigidos para a síntese de compostos do metabolismo secundário. No tratamento deficiente em boro ocorreu decréscimo de 23,6% no teor de vitamina C. Segundo Taiz et al. (2017), a deficiência de boro afeta a síntese de ácidos nucleicos, comprometendo o teor de ácido ascórbico/vitamina C, nos frutos.

A relação SS/AT é um fator importante para a aceitação do consumidor, pois influencia diretamente o sabor das frutas (Ogawa et al., 2017). Essa relação também é usada para avaliar o estágio de maturação e a palatabilidade dos frutos (Salomão et al., 1988; Ogawa et al., 2017). O maior valor dessa relação indica que os frutos tendem a possuir menor acidez titulável e maior teor de sólidos solúveis. Apenas o tratamento deficiente em potássio teve valor inferior de acidez titulável, em relação ao tratamento completo, podendo-se observar um incremento de 45,0% no valor dessa relação nesse tratamento. Caetano et al. (2015),

avaliando o potencial produtivo, as características das plantas e a qualidade de frutos de novos híbridos de abacaxi resistentes à fusariose, observaram valores superiores dessa relação, de 25,1 para a mesma cultivar, em condições de cultivo a campo.

CONCLUSÕES

As deficiências isoladas de cada um dos macronutrientes e de boro reduziram a massa fresca do fruto inteiro e do fruto sem coroa.

O nutriente que mais limitou o tamanho e a qualidade do fruto de abacaxizeiro 'Vitória' foi o nitrogênio.

As deficiências nutricionais de macronutrientes e de boro não proporcionaram sintomas visuais de deficiência nos abacaxizeiros cv. Vitória em condições de casa de vegetação, com exceção da deficiência de nitrogênio que resultou em amarelecimento das folhas da planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amorim, A.V.; Lacerda, C.F. de; Moura, C.F.H.; Gomes, F.E. (2011) Fruit size and quality of pineapples cv. Vitória in response to micronutrient doses and way of application and to soil covers. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal, v.33, p.505-510.

AOAC (2016) Association of Official Analytical Chemistry. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry*. Washington, v.20, 1115p.

- Aular, J.; Natale, W. (2013) Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.35, n.4, p.1214-1231.
- Barker, D.L.; Arantes, S.D.; Schmildt, E.R.; Arantes, L.D.O.; Soares, P.; Fontes, F.; Buffon, S.B. (2018) Post-harvest quality of ' Vitória ' pineapple as a function of the types of shoots and age of the plant for floral induction de mudas e idade da planta para indução floral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.40, n.4, (e-297).
- BRASIL (2002) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 1, de 1º de fevereiro de 2002. *Regulamentos Técnicos de Identidade e de Qualidade para a classificação de Abacaxi, Uva Fina de Mesa e Uva Rústica*. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/actiondetalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=661183307>>. Acesso em: 10 de março de 2019.
- Bengozi, J.F., Sampaio, A.C., Spoto, M.H.F., Mischán, M.M., Pallamin, M.L. (2007) Qualidades físicas e químicas do abacaxi comercializado na CEAGESP São Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.29, n.3, p.540-545.
- Berilli, S. da S., Freitas, S. de J., Santos, P.C. dos., Oliveira, J.G., Caetano, L.C. S. (2014) Avaliação da qualidade de frutos de quatro genótipos de abacaxi para consumo *in natura*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.36, n.2, p.503-508.
- Berilli, S.S.; Almeida, S.B., Carvalho, A.J.C. de; Freitas, S.J., Berilli, A.P.C.G., Santos, P.C. (2011) Avaliação sensorial dos frutos de cultivares de abacaxi para consumo *in natura*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.33, (Esp.1), p.592-598.
- Bhowmick, N., Ghosh, S.K., Munsri, P.S., Deb, P., Ghosh, A. (2017) Effect of integrated nutrient management on flowering and fruiting characteristics of

pineapple cv. Mauritius. *Journal of Crop and Weed*, West Bengal, India, v.13, n.2, p.144-156.

Caetano, L.C.S., Ventura, J.A., Balbino, J.M.S. (2015) Comportamento de genótipos de abacaxizeiro resistentes à fusariose em comparação a cultivares comerciais suscetíveis. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.37, n.2, p.404- 409.

Caetano, L.C.S., Ventura, J.A., Costa, A.F.S., Guarçoni, R.C. (2013) Efeito da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento, na produção e na qualidade de frutos do abacaxi 'Vitória'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.35, n.3, p.883-890.

CQH (2003). Companhia de entrepostos e armazéns gerais de São Paulo-Ceagesp. *Programa brasileiro para a modernização da horticultura: normas de classificação do abacaxi*. São Paulo: Ceagesp. (Documentos, 24). Disponível em: <<https://www.hortibrasil.org.br/2016-06-02-10-49-06.html>>. Acesso em: 11 de abril de 2019.

Coelho, R.I., Lopes, J.C., Carvalho, A.J.C., Amaral, J.A.T., Matta, F.P. (2007) Estado nutricional e características de crescimento do abacaxizeiro 'Jupi' cultivado em Latossolo Amarelo distrófico em função da adubação com NPK. *Ciências e Agrotecnologia*, Lavras, v.31, n.6, p.1696-1701.

Cunha, J.M., Freitas, M.S.M., Caetano, L.C.S., Carvalho, A.J.C.D., Peçanha, D. A., Santos, P.C.D. (2019). Qualidade de frutos de abacaxizeiro 'Vitória' sob deficiência de macronutrientes e boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.41, n.5.

Fernandes, M.S. (2006). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa- MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 432p.

- FAOSTAT. (2018) Food and agriculture organization of the United nations. Statistic division. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 30 de janeiro de 2018.
- Forney, C.F. (2001) Horticultural and other factors affecting aroma volatile composition of small fruit. *HortTechnology*, Kentville, Canada, v.11, n.4, p.529-538.
- Guarçoni, A., Ventura, J.A. (2011) Adubação NPK e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi 'Gold' (MD-2). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.35, n.4, p.1367-1376.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1950) The water-culture method for growing plants without soil. Circular. California Agricultural Experiment Station, California, v.29, n. 2, p.347.
- IBGE (2017). Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html>. Acesso em: 11 de abril de 2019.
- Küster, I.S., Alexandre, R.S., Arantes, S.D., Schmildt, E.R., Arantes, L.O., Klem, D.L.B. (2018) Phenotypic correlation between leaf characters and physical and chemical aspects of cv. Vitória pineapple fruit. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.40, n.2, (e-964).
- Lee, S.K., Adel, A.K. (2000) Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology*. California, v.20, n.3, p.207-220.
- Machado Filho, G.C., Nascimento, I.R., Sakai, T.R.P., Rocha, W.S., Santos, M.M. (2018) °Brix analysis and green corn cob productivity by nitrogen fertilization time. *Applied Research & Agrotechnology*, Guarapuava-PR, v.11, n.1, p.33-41.

- Negreiros, J.R. da S., Araújo Neto, S.E., Álvarez, V.S., Lima, V.A., Oliveira, T.K. (2008) Caracterização de frutos de progênies de meios-irmãos de maracujazeiro-amarelo em Rio Branco – Acre. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.30, n.2, p.431-437.
- Ogawa, E.M., Costa, H.B., Ventura, J.A., Caetano, L.C.S., Pinto, F.E., Oliveira, B. G.; Romão, W. (2017) Chemical Profile of Pineapple cv. Vitória in Different Maturation Stages using Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.98, n.3, p.1105-1116.
- Oliveira, A., Gomes, M., Pereira, M.E.C., Natale, W., Nunes, W.S., Ledo, C.A.D. (2015) Quality of pineapple 'BRS Imperial' as a function of NK doses. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.37, n.2, p.497-506.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.G.R., Carvalho, A.J.C. de (2010) Qualidade sensorial dos frutos do abacaxizeiro 'imperial' cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.32, n.3, p.692-699.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.G. da R., Carvalho, A.J.C. de., Silva, J.A. (2009) Morphological characteristics of Imperial 'pineapple fruits under deficiency of macronutrients and boron. In: VI International Pineapple Symposium. Acta Horticulturae, João Pessoa, Brazil, 822 p.147-154, 2009.
- Reinhardt, D.H.R., Bartholomew, D.P., Souza, F.V.D., Carvalho, A.C.P.P.D., Pádua, T.R.P.D., Junghans, D.T., Matos, A.P.D. (2018) Advances in pineapple plant propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.40, n. 6.
- Reinhardt, D.H.R.C., Medina, V.M. (1992) Crescimento e qualidade do fruto do abacaxi cvs. Pérola e Smooth Cayenne. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.27, n.3, p.435-447.
- Rios, C., Santos, E., Nunes M.R.M., Almeida C.E., Costa, J.P., Melo Silva, S. (2018). Quality of 'Imperial' pineapple infructescence in function of nitrogen and

potassium fertilization. Brazilian *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.13, n.1, p.1-8

Salomão, L.C., pinheiro, R.V., Condé, A.R., Souza, A.C.G. (1988) Efeitos do desbaste manual de frutos na produtividade e na qualidade dos frutos de pessegueiros (*Prunus persica* (L.) Batsch.), cultivar Talismã. *Revista Ceres*, Viçosa, v.35, n.202, p.596-608.

Siebeneichler, S.C., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C. de., Silva, J.A. da. (2002) Composição mineral da folha em abacaxizeiro: efeito da parte da folha analisada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.194-198.

Silva, D.F.D., Pegoraro, R.F., Medeiros, A.C., Lopes, P.A.P., Cardoso, M.M., Maia, V. M. (2015) Nitrogen and plant density in the economic evaluation and fruit quality of pineapple. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.45, n.1, p.39-45.

Silva, A.L.P.; Silva, A.P.; Souza, A.P.; Santos, D.; Silva S.M.; Silva, V.B. (2012) Resposta do abacaxizeiro 'Vitória' a doses de nitrogênio em solos de tabuleiros costeiros da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.36, n.1, p.447-456.

Spironello, A., Quaggio, J.A., Teixeira, L.A.J., Furlani, P.R., Sigrist, J.M.M. (2004) Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.26, n.1, p.155-159.

Souza, O.P. de., Teodoro, R.E.F., Melo, B., Torres, J.L.R. (2010) Qualidade do fruto e produtividade do abacaxizeiro em diferentes densidades de plantio e lâminas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.5, p.471-477.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., Murphy, A. (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora, 6ed., 858p.

- Teixeira, L.A.J., Spironello, A., Furlani, P.R., Sigrist, J.M.M. (2002) Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.219-224.
- Veloso, C.A.C., Oeiras, A.H.L., Carvalho, E.J.M., Souza, F.R.S. (2001) Resposta do abacaxizeiro à adição de nitrogênio, potássio e calcário em Latossolo Amarelo do Nordeste Paraense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.23, n.2, p.396-402.
- Ventura, J.A., Costa, H., Cabral, J.R.S., Matos, A.P. (2009) Vitória: New Pineapple cultivar resistant to fusariosis. *Acta Horticulturae*, Leuven, n.822, p. 51-56.
- Viana, E.S., Reis, R.C., Jesus, J.L., Junghans, D.T., Souza, F.V.D. (2013) Caracterização físico-química de novos híbridos de abacaxi resistentes à fusariose. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.7, p.1155-1161.

3.2. ARTIGO 2: TEORES FOLIARES E SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM ABACAXIZEIRO ‘VITÓRIA’

RESUMO

O correto balanço nutricional é necessário para que se alcance a máxima produtividade e qualidade dos frutos na cultura do abacaxizeiro. Apesar de apresentarem semelhanças, as cultivares de abacaxizeiro podem possuir particularidades quanto à absorção e translocação de nutrientes minerais. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos das deficiências de macronutrientes e boro em abacaxizeiro ‘Vitória’, a fim de caracterizar os sintomas visuais de deficiência e os teores nutricionais das plantas. O experimento foi conduzido de outubro de 2016 a abril de 2018, na UENF, em Campos dos Goytacazes-RJ. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito tratamentos: Completo, Deficientes em Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre e Boro, com seis repetições, e uma planta por parcela. As mudas foram plantadas em vasos de 20 L preenchidos com areia lavada. Foram avaliados os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e B, aos oito, nove e dezesseis meses após o plantio. No momento da indução floral aos nove meses de plantio, foram avaliados: o comprimento, a largura, a massa fresca e a área foliar da folha ‘D’. Os teores foliares encontrados na folha ‘D’ do tratamento completo aos nove meses de plantio foram: N: 12,5 g kg⁻¹; P: 1,67 g kg⁻¹; K: 29,8 g kg⁻¹; Ca: 3,01g kg⁻¹; Mg: 2,60 g kg⁻¹; S: 1,33 g kg⁻¹ e B: 14,1 mg kg⁻¹. As deficiências de N, P, K, Mg e B reduziram a massa fresca da folha ‘D’ no momento da indução floral. A deficiência

de nitrogênio causou sintomas visuais nas plantas. As deficiências de cálcio e boro reduziram a firmeza da casca do fruto, já a deficiência de nitrogênio aumentou a firmeza. A deficiência de boro aumentou a ocorrência de pedúnculos tortos nas plantas. A deficiência de fósforo reduziu o diâmetro e o comprimento do pedúnculo. A deficiência de cada nutriente reduziu seu próprio teor foliar no momento da indução floral. A deficiência de macronutrientes e boro causaram reduções nos teores nutricionais, refletindo nas características dos frutos.

Palavras chave: *Ananas comosus* var. *comosus*, fruticultura, nutrição mineral.

ABSTRACT

FOLIAR CONTENTS AND VISUAL SYMPTOMS OF NUTRITIONAL DEFICIENCY IN PINEAPPLE 'VITÓRIA'

The correct nutritional balance is necessary in order to achieve maximum productivity and quality of fruits in pineapple cultivation. Despite having similarities, pineapple cultivars may have particularities regarding the absorption and translocation of mineral nutrients. The aim of this study was to evaluate the effects of macronutrient and boron deficiency in 'Vitória' pineapple, in order to characterize the visual deficiency symptoms and the nutritional levels of the plants. The experiment was conducted from October 2016 to April 2018, at UENF, in Campos dos Goytacazes-RJ. The design used was a randomized block, with eight treatments: Complete, Nitrogen Deficient, Phosphorus, Potassium, Calcium, Magnesium, Sulfur and Boron, with six replications, and one plant per plot. The seedlings were planted in 20 L pots filled with washed sand. Leaf contents of N, P, K, Ca, Mg, S and B were evaluated at eight, nine and sixteen months after planting. At the time of floral induction at nine months of planting, the length, width, fresh mass and leaf area of the 'D' leaf were evaluated. The leaf contents found in leaf 'D' of the complete treatment at nine months of planting were: N: 12.5 g kg⁻¹; P: 1.67 g kg⁻¹; K: 29.8 g kg⁻¹; Ca: 3.01g kg⁻¹; Mg: 2.60 g kg⁻¹; S: 1.33 g kg⁻¹ and B: 14.1 mg kg⁻¹. The deficiencies of N, P, K, Mg and B reduced the fresh weight of

the leaf 'D' at the time of floral induction. Nitrogen deficiency caused visual symptoms in plants. Deficiencies of calcium and boron reduced the firmness of the fruit peel, whereas nitrogen deficiency increased the firmness. Boron deficiency increased the occurrence of crooked peduncles in the plants. Phosphorus deficiency reduced the diameter and length of the stalk. The deficiency of each nutrient reduced its own leaf content at the time of floral induction. The deficiency of macronutrients and boron caused reductions in nutritional levels, reflecting on the characteristics of the fruits.

Keywords: *Ananas comosus* var. *comosus*, fruit, mineral nutrition.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de cultivares de abacaxi resistente à fusariose, isoladamente, não gera benefícios ao cultivo, sendo necessário que se realize estudos detalhados para identificar as características desse novo genótipo, visando uma melhor aceitabilidade comercial, para que ocorra uma futura substituição das variedades comerciais tradicionais, suscetíveis às doenças. O abacaxizeiro 'Vitória' é um híbrido formado a partir das cultivares 'Primavera' e 'Smooth Cayenne', resistente à fusariose, com cultivo em expansão, entretanto, para sua melhor eficiência produtiva, é fundamental aumentar o conhecimento sobre suas exigências nutricionais e sintomas visuais de deficiência (Ventura et al., 2009; Caetano et al., 2015).

Quando os teores nutricionais nos tecidos foliares estão em deficiência, a planta apresenta desequilíbrios que são mostrados por meio de sintomas visuais, se manifestando principalmente nas folhas. Alguns dos principais sintomas são: redução do tamanho, alteração na coloração, entre outros aspectos, uma vez que as folhas são consideradas os órgãos da planta que mais refletem seu estado nutricional, por estarem em plena atividade fisiológica e bioquímica. Os sintomas de deficiência também podem atingir os frutos e reduzir a produtividade, além de afetar o aspecto visual do produto, depreciando seu valor comercial (Ramos et al., 2009).

O equilíbrio dos nutrientes minerais, o conhecimento da absorção e a quantidade de nutrientes acumulados na planta, em cada estágio de desenvolvimento, fornecem subsídios para auxiliar a elaboração de um programa para adubação da cultura. Desse modo, uma adubação equilibrada contribui para a máxima expressão do potencial da cultura, visando sua máxima eficiência (Barbosa et al., 2003; Augostinho et al., 2008).

A análise foliar é um método confiável e preciso para avaliar o estado nutricional das plantas, e consiste em avaliar a fertilidade do solo usando plantas como extratores. A maior confiabilidade pode ser explicada pelo fato do solo ser um meio heterogêneo, sujeito a diversas interações que podem comprometer a absorção de nutrientes pelas plantas, mesmo quando a fertilidade é alta. É pertinente ressaltar que a análise foliar não implica em excluir a análise do solo, sendo os métodos de análises ferramentas complementares. Os resultados da análise da planta são geralmente interpretados comparando dados reais com valores críticos estabelecidos anteriormente, ou intervalos de suficiência (Arrobas et al., 2014).

No abacaxizeiro são utilizadas as folhas 'D' para amostragem dos teores nutricionais da planta, pois são as mais jovens entre as adultas e ativas fisiologicamente (Bartholomew et al., 2003). Siebeneichler et al. (2002) demonstrando a importância de uma padronização na amostragem foliar para o abacaxizeiro, confirmaram que análises utilizando a folha 'D' inteira (parte clorofilada e aclorofilada) estabelece resultados confiáveis para a cultura.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos das deficiências de macronutrientes e boro em plantas de abacaxizeiro 'Vitória' nas épocas de amostragem, a fim de caracterizar os sintomas visuais de deficiência e os teores nutricionais das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, na cidade de Campos dos Goytacazes (21°45'S e 41°17'W, 11 metros de altitude),

no período de outubro de 2016 a março de 2018. Foram registradas as temperaturas máximas e mínimas e a umidade relativa (HOBO® pro v2 data logger), as temperaturas variaram de 12,9 a 42,4 °C na casa de vegetação (Figura 1).

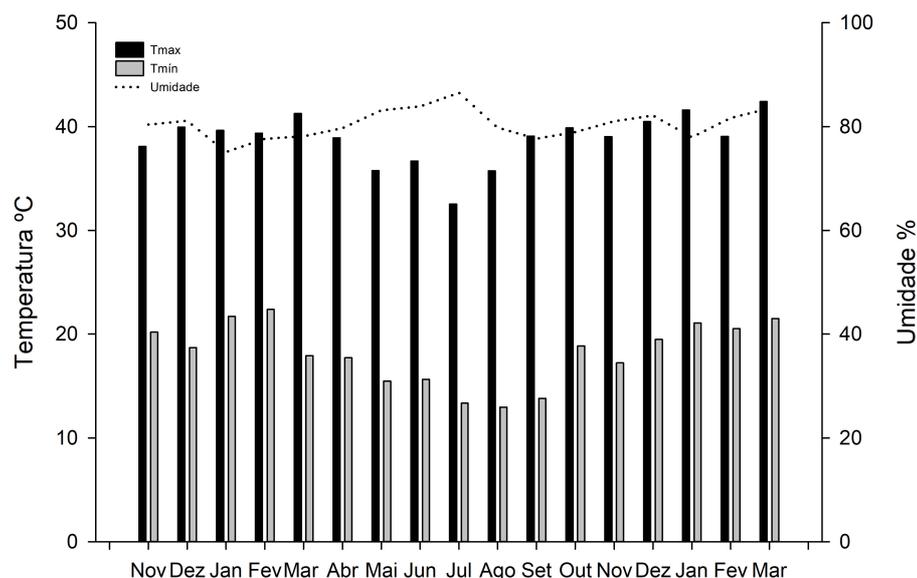


Figura 1. Média dos valores diários de temperatura (°C) e umidade relativa UR do ar (%) em casa de vegetação, durante o cultivo de abacaxizeiro cv. Vitória, no período de novembro de 2016 a março de 2018. Campos dos Goytacazes, 2019.

O experimento foi montado utilizando o delineamento em blocos ao acaso, com seis repetições e oito tratamentos: solução completa (SC) e soluções deficientes em nitrogênio (-N), fósforo (-P), potássio (-K), cálcio (-Ca), magnésio (-Mg), enxofre (-S) e boro (-B). Cada unidade experimental foi formada por uma planta, em vaso com capacidade de 20 L, preenchidos com areia.

Utilizaram-se mudas do tipo rebento de abacaxizeiro da cv. Vitória, obtidas na Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), de Cachoeiro de Itapemirim, ES. As mudas foram selecionadas por massa, com média de 340 gramas, plantadas em outubro de 2016.

Em janeiro de 2017 iniciou-se a aplicação de solução completa em todas as plantas, que se estendeu por 85 dias, baseada na solução proposta por Hoagland e Arnon (1950). A condutividade da solução nutritiva foi mantida entre 2,0 e 2,2 mS e o pH entre 5,5 e 5,9, utilizando-se solução NaOH (2 mol L⁻¹) e HCl (0,1 mol L⁻¹) para as devidas correções de pH. A concentração dos nutrientes utilizada na solução completa em mg L⁻¹ foi: N, 224; P, 31; K, 234; Ca, 160; Mg, 48,6; S, 80; Cl, 1,77; Mn, 0,55; Zn, 0,13; Cu, 0,03; Mo, 0,06; B, 0,27; e Fe-EDTA, 2,23.

Em abril de 2017, iniciaram-se as aplicações dos tratamentos com deficiência (Tabela 1). O volume da solução aplicada por planta, em cada tratamento, foi crescente ao longo do desenvolvimento das plantas, iniciando com 200 mL por dia e finalizando em um litro, três vezes por semana. Nos dias mais quentes, além da solução com os tratamentos, foi fornecida água desionizada.

Tabela 1. Composição das soluções estoque utilizadas na formulação dos tratamentos: Solução completa e soluções deficientes em nitrogênio (-N), fósforo (-P), potássio (-K), cálcio (-Ca), magnésio (-Mg), enxofre (-S) e boro (-B), todas baseadas na Solução de Hoagland e Arnon (1950).

Solução estoque	Tratamentos (mL L ⁻¹)							
	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O (2 mol L ⁻¹)	2	-	2	2	-	2	2	2
KNO ₃ (2 mol L ⁻¹)	3	-	3	-	3	3	3	3
NH ₄ H ₂ PO ₄ (1 mol L ⁻¹)	1	-	-	1	1	1	1	1
MgSO ₄ (1 mol L ⁻¹)	2	2	2	2	2	-	-	2
Fe EDTA (25 g L ⁻¹)	1	1	1	1	1	1	1	1
Micronutrientes*	1	1	1	1	1	1	1	1
H ₃ BO ₃ (25 mM)	1	1	1	1	1	1	1	-
(NH ₄) ₂ SO ₄ (1 mol L ⁻¹)	0,5	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	0,5
NH ₄ Cl (1 mol L ⁻¹)	-	-	1	-	-	-	1	-
NaNO ₃ (2 mol L ⁻¹)	-	-	-	3	4	-	-	-
Na ₂ SO ₄ (1 mol L ⁻¹)	-	-	-	-	-	2	-	-
MgCl ₂ (1 mol L ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	2	-
CaCl ₂ (2 mol L ⁻¹)	-	2	-	-	-	-	-	-
KCl (1 mol L ⁻¹)	-	4	-	-	-	-	-	-
KH ₂ PO ₄ (1 mol L ⁻¹)	-	1	-	-	-	-	-	-
K ₂ SO ₄ (0,5 mol L ⁻¹)	-	1	-	-	-	-	-	-

*Micronutrientes: CuSO₄·5H₂O = 250 mg L⁻¹; KCl = 3728 mg L⁻¹; MnSO₄·H₂O = 845 mg L⁻¹; ZnSO₄·7H₂O = 578 mg L⁻¹; (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O = 88 mg L⁻¹.

Em julho de 2017, quando a folha 'D' do tratamento com solução completa atingiu, em média 66 cm de comprimento e massa fresca de 27 g, foi realizada a indução floral das plantas, usando calda aquosa de Ethrel® (Etefon) a 0,1% com acréscimo de ureia a 2%, no volume de 30 mL por planta.

As amostragens foliares foram feitas aos oito, nove e 16 meses após o plantio, coletando-se uma folha 'D' de cada planta, para avaliação dos teores nutricionais de N, P, K, Ca, Mg, S e B. As variáveis de crescimento foliar: comprimento, largura, massa fresca, área foliar e espessura foliar, foram avaliadas aos nove meses, no momento da indução floral. Nos frutos foram avaliados o comprimento e diâmetro no pedúnculo, e a textura da casca.

A consistência da casca foi obtida com um texturômetro digital modelo TA. HD *plus*, utilizando-se o terço médio do fruto, a partir da média de cinco pontos na circunferência do fruto, sendo o resultado expresso em Newton (N);

Na determinação dos teores nutricionais, foi utilizada a folha 'D' inteira (Siebeneichler et al., 2002), seca em estufa de circulação forçada de ar a 65-70 °C, por 72 horas. O material foi triturado em micromoinho tipo *Willey* e homogeneizado para determinação dos teores nutricionais. Para a determinação do teor de Nitrogênio utilizou-se colorimetria pelo método *Nessler* (Jackson, 1965). Os teores de P, K, Ca, Mg, S e B foram determinados após digestão com HNO₃ e H₂O₂ (Peters, 2005) e quantificados em plasma (ICPE-9000) da marca Shimadzu®.

As variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias dos tratamentos sob deficiência foram comparadas ao do controle pelo teste de Dunnet, a 5%, cada época foi analisada separadamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

OMISSÃO DE NITROGÊNIO

Aos 28 dias após o início da aplicação do tratamento deficiente em N, observaram-se os primeiros sintomas visuais nas plantas, as folhas novas e do terço médio apresentaram uma tonalidade verde clara em comparação ao tratamento com solução completa (Figura 2).



Figura 2. Sintoma de deficiência nutricional em abacaxizeiro 'Vitória', (A) tratamento completo sem sintoma e (B) tratamento deficiente em nitrogênio.

Na primeira amostragem, aos oito meses de cultivo, os teores foliares de N foram reduzidos em 32,7%, em relação ao tratamento completo. Nas três épocas avaliadas, o teor nutricional de enxofre foi reduzido em 27,7, 43,6 e 41,9% aos oito, nove e dezesseis meses de cultivo, respectivamente (Tabela 2). O enxofre está intimamente ligado ao metabolismo do nitrogênio (Taiz et al., 2017), logo, os teores baixos de enxofre nas plantas deficientes em nitrogênio, podem ter acarretado os sintomas de deficiência nas folhas novas.

Tabela 2. Teores nutricionais de N, P, K, Ca, Mg, S e B da folha 'D' no abacaxizeiro 'Vitória', na solução completa (SC) e na deficiência de nitrogênio, aos oito, nove e dezesseis meses após o plantio, em casa de vegetação, em Campos dos Goytacazes, 2020

Épocas		N	P	K	Ca	Mg	S	B	CV (%)
Meses	Trat.	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹	
8	SC	15,3	1,83	33,8	3,50	2,87	1,37	15,7	9,50
	-N	10,3*	1,27*	28,6*	3,92 ^{ns}	2,85 ^{ns}	0,99*	16,5 ^{ns}	
9	SC	15,5	1,67	29,8	3,01	2,60	1,33	14,1	15,5
	-N	7,15*	1,78 ^{ns}	30,9 ^{ns}	2,30*	2,68 ^{ns}	0,75*	11,29 ^{ns}	
16	SC	13,3	1,67	32,6	2,73	2,55	1,29	14,5	10,1
	-N	6,27*	1,87 ^{ns}	31,6 ^{ns}	2,36 ^{ns}	2,77 ^{ns}	0,75*	11,4 ^{ns}	

Médias seguidas por "ns" na mesma coluna não foram significativas; e por "*" foram significativas quando comparados com o tratamento com solução completa pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

De acordo com Marschner (2012), a interação N e S deve ser levada em consideração nas recomendações de adubação. Grande parte do N nas plantas está na forma de proteínas e o S é constituinte de três aminoácidos (metionina, cistina e cisteína) e de várias coenzimas, além de vitaminas essenciais ao metabolismo vegetal. No caso de deficiência de S, haverá diminuição da produção desses aminoácidos e as proteínas que são por ele constituídas não serão formadas. Como consequência, plantas deficientes em N não assimilam o S em aminoácidos, demonstrando a importância do equilíbrio entre as concentrações de N e S no solo e na planta, interferindo em seu crescimento e estado nutricional.

Houve redução nos teores de P e K aos oito meses de cultivo, e de cálcio aos nove meses de cultivo no tratamento deficiente em N (Tabela 2). Os teores nutricionais de N encontrados nas três épocas de avaliação no tratamento deficiente em nitrogênio foram: 10,3, 7,15 e 6,27 g kg⁻¹, respectivamente. Coelho et al. (2010) afirmam que teores de nitrogênio inferiores a 11 g kg⁻¹ de matéria seca, limitam o crescimento do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne, e que os teores foliares acima deste valor são favoráveis ao crescimento de novos tecidos. Nas plantas estudadas, observou-se sintomas de deficiência com teor de N a partir de 10,3 g kg⁻¹.

No momento da indução floral, aos nove meses de cultivo, o teor de N já havia reduzido 53,9%, em relação ao tratamento completo (Tabela 2). Os sintomas de deficiência de nitrogênio descritos na literatura, como clorose nas folhas velhas, seguindo para as folhas novas, não foram observados. Segundo Ramos et al. (2010) e Taiz et al. (2017), quando a planta apresenta rápido desenvolvimento e uma elevada demanda nutricional nos pontos de crescimento, o metabolismo vegetal pode realocar o nitrogênio de zonas mais próximas para atender a alta demanda desse nutriente, nesse caso o forte dreno foi à fase reprodutiva da planta, para florescimento e frutificação. Foi observada redução de 52,9% no teor nutricional no tratamento deficiente em nitrogênio, em relação ao tratamento com solução completa no momento da colheita (Tabela 2).

Os sintomas foram progredindo com o avançar do ciclo da planta e aos nove meses após o plantio, e 73 dias após o início da omissão de N, as plantas desse tratamento apresentaram sintomas mais severos de clorose nas folhas novas e intermediárias (Figura 3).



Figura 3. Progressão dos Sintomas visuais da deficiência de nitrogênio em abacaxizeiro 'Vitória'.

Com o avançar do ciclo reprodutivo da planta, os sintomas de deficiência de N foram se intensificando, e todas as folhas a partir do terço médio apresentaram clorose.

Para Malavolta (2006), algumas das alterações provocadas pela deficiência de N, são: dormências das gemas laterais, redução do perfilhamento e

o aumento do conteúdo de açúcares, todos estes sintomas foram observados nas plantas e frutos do presente estudo. Nesse tratamento não ocorreu crescimento de mudas, sendo assim, a deficiência de nitrogênio compromete não só a planta, mas também o material propagativo e a qualidade do fruto.

As plantas deficientes em N produziram folhas 'D' menores, as reduções foram de 12,2, 25,3 e 15,3%, no comprimento, na massa fresca e na espessura da folha 'D', respectivamente, no momento da indução floral. Houve redução de 22,4% no comprimento do pedúnculo e incremento de 23,7% na firmeza da casca do fruto (Tabela 3). O comprimento e a massa da folha 'D' são importantes parâmetros utilizados para estimar o rendimento do abacaxizeiro antes da indução, permitindo maior controle do tempo de indução e resultando em frutos com maiores massas, confirmando a importância da folha 'D' como indicador da produção de frutos (Cardoso et al., 2013; Pegoraro et al., 2014;).

Tabela 3. Características de massa fresca, área foliar, comprimento, largura e espessura da folha 'D', aos nove meses cultivo, e comprimento e diâmetro do pedúnculo e textura da casca do fruto de abacaxizeiro 'Vitória' submetidos aos tratamentos deficientes em macronutrientes e boro, em casa de vegetação, em Campos dos Goytacazes, 2020.

Tratamentos	Massa fresca (g)	Área foliar (cm ²)	Comprimento da folha (cm)	Largura da folha (cm)
Solução Completa	27,3	176,5	66,5	3,02
Nitrogênio	20,4*	142,8 ^{ns}	58,4*	2,93 ^{ns}
Fósforo	18,3*	141,9 ^{ns}	54,4*	2,86 ^{ns}
Potássio	21,9 ^{ns}	143,5 ^{ns}	58,6*	2,89 ^{ns}
Cálcio	21,9 ^{ns}	143,5 ^{ns}	62,4 ^{ns}	2,89 ^{ns}
Magnésio	20,9*	137,0*	59,5*	2,79 ^{ns}
Enxofre	27,6 ^{ns}	162,8 ^{ns}	63,9 ^{ns}	3,24 ^{ns}
Boro	22,2 ^{ns}	148,2 ^{ns}	59,5*	3,04 ^{ns}
CV%	18,0	15,9	7,21	10,4

Tratamentos	Comprimento do pedúnculo (cm)	Espessura da folha 'D' (cm)	Diâmetro do pedúnculo (cm)	Textura da Casca (N)
Solução Completa	22,3	0,183	2,18	11,4
Nitrogênio	17,3*	0,155*	1,92 ^{ns}	14,1*
Fósforo	25,1*	0,140*	1,70*	10,8 ^{ns}
Potássio	22,3 ^{ns}	0,150*	1,89*	13,0 ^{ns}
Cálcio	21,8 ^{ns}	0,144*	1,87*	8,43*
Magnésio	21,2 ^{ns}	0,159*	1,96 ^{ns}	11,0 ^{ns}
Enxofre	22,3 ^{ns}	0,149*	2,11 ^{ns}	11,7 ^{ns}
Boro	19,2*	0,141*	1,93*	8,26*
CV%	8,94	8,76	7,84	9,61

Valores seguidos por "ns" na mesma coluna não foram significativos; e por "*" foram significativos quando comparados com o tratamento com solução completa pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

Observou-se também clorose nas folhas da coroa, descolorimento da polpa e alterações químicas na qualidade dos frutos, em comparação com o tratamento completo (Cunha et al., 2019). Devido à colheita ter seguido a ordem natural de maturação, os frutos do tratamento deficiente em N iniciaram tardiamente a maturação e amarelecimento dos frutinhos.

OMISSÃO DE FÓSFORO

O único sintoma visual, característico da deficiência nutricional de fósforo observado, foram as folhas que apresentaram a coloração verde escura.

Aos nove meses de cultivo, no momento da indução floral, após 73 dias do início da deficiência de fósforo, seu teor reduziu 30,0%, em relação ao tratamento completo (Tabela 4). Isso ocorreu devido à maior demanda de P nos processos de florescimento, frutificação e formação de rebentos, causando a diluição desse nutriente na folha pela sua translocação, para atender a tais processos (Ramos et al., 2010). Os teores de P reduziram também aos oito e dezesseis meses de cultivo, 22,9 e 34,1%, respectivamente.

Tabela 4. Teores nutricionais de N, P, K, Ca, Mg, S e B da folha 'D' no abacaxizeiro 'Vitória', na solução completa (SC) e em função da deficiência de fósforo, aos oito, nove e dezesseis meses após o plantio, em casa de vegetação, em Campos dos Goytacazes, 2020.

Épocas	Meses	Trat.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	CV (%)
			g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹	
8	SC		15,3	1,83	33,8	3,50	2,87	1,37	15,7	13,0
	-P		14,9 ^{ns}	1,41*	27,1*	4,04 ^{ns}	2,98 ^{ns}	1,32 ^{ns}	16,8 ^{ns}	
9	SC		15,5	1,67	29,8	3,01	2,60	1,33	14,1	11,5
	-P		11,3 ^{ns}	1,17*	25,4 ^{ns}	3,22 ^{ns}	2,87 ^{ns}	1,21 ^{ns}	14,7 ^{ns}	
16	SC		13,3	1,67	32,6	2,73	2,55	1,29	14,5	13,3
	-P		10,2 ^{ns}	1,10*	23,3*	3,0 ^{ns}	2,72 ^{ns}	0,87*	13,4 ^{ns}	

Médias seguidas por "ns" na mesma coluna não foram significativas; e por "*" foram significativas quando comparados com o tratamento com solução completa pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

Os teores nutricionais de P no tratamento completo variaram de 1,67 a 1,83 g kg⁻¹ (Tabela 4). Estes valores estão abaixo dos 2,09 g kg⁻¹ encontrados por Siebeneichler et al. (2002), na folha inteira na cv. Pérola, e superior ao valor de 1,37 g kg⁻¹, encontrado por Ramos et al. (2010) na cultivar Imperial, no momento da indução floral. Entretanto, deve-se considerar que a solução usada pelos autores apresentava concentração de nutrientes em solução nutritiva inferior ao utilizado no presente estudo.

Os teores de K reduziram aos oito e dezesseis meses de cultivo, e o teor de S aos dezesseis meses de cultivo no tratamento deficiente em P. De acordo com Fernandes (2006), o P participa de processos metabólicos como transferência de energia, ativação e desativação de enzimas, assim, sua deficiência afeta nutrientes como o K, que atua em processos fisiológicos, sistemas enzimáticos e favorece o estado de energia necessária para produção de ATP. Já o S é responsável pela estrutura de aminoácidos e proteínas, e necessita do ATP para sua ativação.

A deficiência de P causou redução no número de mudas, com produção de quatro mudas nesse tratamento, corroborando Malavolta (2006) que ressalta que a deficiência de fósforo causa dormências das gemas laterais nas plantas. O diâmetro do pedúnculo foi afetado com redução de 22,0%. Já o comprimento teve um incremento de 12,6%, em relação ao tratamento completo, ocasionando maior tombamento de frutos. A espessura da folha foi reduzida em 23,5%, em relação ao tratamento completo. Observou-se que a maturação dos frutos foi retardada nos tratamentos deficientes em P. As características de comprimento e massa fresca da folha 'D', no momento da indução floral, reduziram 18,2 e 33%, respectivamente, em relação ao tratamento completo (Tabela 3).

OMISSÃO DE POTÁSSIO

Durante a aplicação do tratamento deficiente em potássio as plantas não apresentaram sintomas visuais de deficiência nas folhas. Os teores desse nutriente nas folhas do abacaxizeiro 'Vitória' foram reduzidos em 38, 34 e 47%, aos oito, nove e dezesseis meses, respectivamente, em relação ao tratamento completo (Tabela 5). Aos nove meses de cultivo, no momento da indução floral, a deficiência de potássio proporcionou redução no comprimento e espessura da folha 'D', de 12,0 e 18,0%, respectivamente, e no diâmetro do pedúnculo de 13,3%, quando comparado com o tratamento completo (Tabela 3).

Aos nove meses, o tratamento completo apresentou teor de K de 29,8 g kg⁻¹, já o tratamento com deficiência deste nutriente, o teor de K foi 19,7 g kg⁻¹ (Tabela 5). Portanto, o teor de K observado no tratamento completo esteve próximo ao obtido por Soares et al. (2005), no momento da indução floral, que indicam valores acima de 28 g kg⁻¹ para a cultivar Smooth Cayenne, já Bataglia e

Santos (2008) indicam a faixa de teores adequados de K entre 22-30 g kg⁻¹, para a cultivar Pérola.

Tabela 5. Teores nutricionais de N, P, K, Ca, Mg, S e B da folha 'D' no abacaxizeiro 'Vitória', na solução completa (SC) e em função da deficiência de potássio, aos oito, nove e dezesseis meses após o plantio, em casa de vegetação, em Campos dos Goytacazes, 2020.

Épocas		N	P	K	Ca	Mg	S	B	CV (%)
Meses	Trat.	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹	
8	SC	15,3	1,83	33,8	3,50	2,87	1,37	15,7	8,17
	-K	13,3 ^{ns}	1,51 ^{ns}	21,0*	3,77 ^{ns}	2,86 ^{ns}	1,12 ^{ns}	13,8 ^{ns}	
9	SC	15,5	1,67	29,8	3,01	2,60	1,33	14,1	14,3
	-K	11,2 ^{ns}	1,42 ^{ns}	19,7*	3,60 ^{ns}	2,80 ^{ns}	1,07 ^{ns}	11,9 ^{ns}	
16	SC	13,3	1,67	32,6	2,73	2,55	1,29	14,5	7,96
	-K	10,2 ^{ns}	1,42 ^{ns}	17,3*	3,21 ^{ns}	2,57 ^{ns}	0,94*	11,5 ^{ns}	

Médias seguidas por "ns" na mesma coluna não foram significativas; e por "*" foram significativas quando comparados com o tratamento com solução completa pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

A redução no teor de potássio observado na primeira época de coleta da folha 'D' demonstra como o nutriente é requerido pela planta e acumulado em maior quantidade na cultura, com redução de 38% de seu teor, esse fato pode estar atribuído à elevada demanda do K no período vegetativo e reprodutivo, pela extração desse nutriente na fase de florescimento e frutificação, demonstrando a influência marcante sobre a qualidade do fruto.

O K desempenha papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais e ativação de aproximadamente 40 enzimas (Marschner, 2012). A adequada nutrição potássica promove aumento no teor de vitamina C e de sólidos solúveis (Caetano et al., 2013).

Os cátions monovalentes, como o íon potássio, podem formar ligações eletrostáticas com os grupos carboxílicos de muitos ácidos orgânicos, inclusive o ácido cítrico, o que tem relação com o efeito dos íons potássio na regulação osmótica e na ativação enzimática dentro da célula, por isso na sua deficiência ocorre redução da acidez na polpa (Taiz et al., 2017).

OMISSÃO DE CÁLCIO

As plantas desse tratamento não apresentaram sintomas visuais de deficiência. Por outro lado, aos nove meses de cultivo, os teores de cálcio foram reduzidos em 23,5% nas folhas do abacaxizeiro 'Vitória', em relação ao tratamento completo (Tabela 6). A deficiência de Ca causou reduções de 21,3% na espessura da folha 'D' e 14,2% no diâmetro do pedúnculo, em relação ao tratamento completo (Tabela 3).

Nos frutos desse tratamento ocorreu a redução de 26% na firmeza da casca, em comparação com o tratamento completo (Tabela 3). A maior parte do Ca^{2+} no tecido do fruto está ligada à parede celular, tornando o compartimento celular um importante regulador da partição Ca^{2+} . A proporção de Ca^{2+} ligada à parede celular pode variar de 60 a 75%, por isso sua deficiência afeta a firmeza da casca (Freitas et al., 2015). O cálcio é considerado um elemento mineral importante que regula a qualidade do fruto, especificamente, na manutenção da firmeza dos frutos, na diminuição da deterioração pós-colheita e na incidência de distúrbios fisiológicos (Aghdam et al., 2012).

A captação de água do xilema no fruto é maior nos estágios iniciais do crescimento, diminuindo posteriormente. Possivelmente, isto ocorre devido a uma redução no número de vasos dos xilemas condutores no fruto e à baixa transpiração do fruto (Freitas et al., 2012), por isso a redução do nutriente afetou aspectos como a firmeza e a massa fresca do fruto e da coroa (Cunha et al., 2019). Fatores ambientais reduzem o fluxo de Ca no fruto, como o rápido desenvolvimento, desviando o fluxo do xilema preferencialmente para as folhas, acarretando altas taxas de transpiração do dossel, prejudicando os teores do nutriente no fruto (Aghdam et al., 2012).

A partição do Ca^{2+} fluindo das raízes para as folhas e frutos, dependerão da concentração de Ca^{2+} no xilema, e também das taxas de transpiração e crescimento das folhas e frutos. Assim, as folhas têm taxas de transpiração muito maiores que os frutos, o que resulta em um teor de Ca^{2+} superior nas folhas em relação aos frutos (Ho e White, 2005; Freitas et al., 2011). Isto explica porque os teores de Ca não diminuíram aos oito meses de cultivo.

Nesse tratamento ocorreram reduções acima de 30% de K aos oito e dezesseis meses, e redução de 23,5% de P aos oito meses, em comparação com

o tratamento completo (Tabela 6). O cálcio está presente na maioria das cascatas de sinalização celular, incluindo a regulação de várias proteínas e enzimas. Nas membranas celulares, o Ca forma complexos em grupos fosfolipídios fosfato, com isso, sua deficiência causou uma redução nos níveis de potássio e fósforo nas plantas, devido ao desequilíbrio nutricional (Pathak et al., 2020)

Tabela 6. Teores nutricionais de N, P, K, Ca, Mg, S e B da folha 'D' no abacaxizeiro 'Vitória', na solução completa (SC) e em função da deficiência de cálcio, aos oito, nove e dezesseis meses após o plantio, em casa de vegetação, em Campos dos Goytacazes, 2020

Épocas		N	P	K	Ca	Mg	S	B	CV (%)
Meses	Trat.	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
8	SC	15,3	1,83	33,8	3,50	2,87	1,37	15,7	12,1
	-Ca	12,4 ^{ns}	1,40*	21,8*	3,03 ^{ns}	2,63 ^{ns}	1,15 ^{ns}	14,4 ^{ns}	
9	SC	15,5	1,67	29,8	3,01	2,60	1,33	14,1	13,9
	-Ca	11,1 ^{ns}	1,55 ^{ns}	27,8 ^{ns}	2,30*	2,89 ^{ns}	1,06 ^{ns}	11,9 ^{ns}	
16	SC	13,3	1,67	32,6	2,73	2,55	1,29	14,5	17,1
	-Ca	10,1 ^{ns}	1,44 ^{ns}	21,8*	2,18 ^{ns}	2,77 ^{ns}	1,11 ^{ns}	11,7 ^{ns}	

Médias seguidas por "ns" na mesma coluna não foram significativas; e por "*" foram significativas quando comparados com o tratamento com solução completa pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

OMISSÃO DE MAGNÉSIO

As plantas desse tratamento não apresentaram sintomas visuais de deficiência. Ocorreram reduções nos teores de magnésio aos oito, nove e dezesseis meses, de 36,9, 44,6 e 51,4%, respectivamente, em relação ao tratamento completo (Tabela 7). A deficiência de magnésio reduziu o diâmetro e a massa fresca do fruto e da coroa, e o volume do suco (Cunha et al., 2019).

Foi observada no momento da indução floral a redução do comprimento, da massa fresca, da área foliar e da espessura da folha 'D' em: 10,5, 23,4, 22,4 e 13,1%, respectivamente, em relação ao tratamento completo (Tabela 3).

Os teores de Mg obtidos neste trabalho, no tratamento completo, foi de 2,55 a 2,87 g kg⁻¹, na folha inteira. Estes valores estão próximos dos citados por Siebeneichler (2002), que foi de 2,42 g kg⁻¹ com a cultivar Pérola, e Ramos et al. (2010) que encontraram teores de 2,10 a 3,07 g kg⁻¹, com a cultivar Imperial.

As competições envolvendo K, Ca e Mg, são bem conhecidas (Marschner, 2012). Foi observado que na deficiência de Mg, ocorreu incremento acima de 27% no teor de cálcio, aos oito e nove meses de cultivo, e redução de 24% nos teores de potássio.

Aos dezesseis meses, no momento da colheita, foram observados redução nos teores de N e S, no tratamento deficiente em Mg (Tabela 7). Segundo Malavolta (2006), as principais funções do magnésio são: armazenamento e fornecimento de energia, estrutura e funcionamento dos ribossomos, constituinte da molécula de clorofila e ativação enzimática, por isso, na ausência de Mg todo o metabolismo do N e S é influenciado, afetando a síntese de proteína e ativação dos aminoácidos.

Tabela 7. Teores nutricionais de N, P, K, Ca, Mg, S e B da folha 'D' no abacaxizeiro 'Vitória', na solução completa (SC) e em função da deficiência de magnésio, aos oito, nove e dezesseis meses após o plantio, em casa de vegetação, em Campos dos Goytacazes, 2020

Épocas		N	P	K	Ca	Mg	S	B	CV (%)
Meses	Trat.	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹	
8	SC	15,3	1,83	33,8	3,50	2,87	1,37	15,7	9,81
	-Mg	12,6 ^{ns}	1,80 ^{ns}	25,4*	4,46*	1,81*	1,19 ^{ns}	11,0*	
9	SC	15,5	1,67	29,8	3,01	2,60	1,33	14,1	12,9
	-Mg	10,8 ^{ns}	1,61 ^{ns}	26,3 ^{ns}	3,81*	1,44*	1,07 ^{ns}	13,5	
16	SC	13,3	1,67	32,6	2,73	2,55	1,29	14,5	12,2
	-Mg	9,95*	1,54 ^{ns}	24,9*	3,96*	1,24*	0,90*	14,1 ^{ns}	

Médias seguidas por "ns" na mesma coluna não foram significativas; e por "*" foram significativas quando comparados com o tratamento com solução completa pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

OMISSÃO DE ENXOFRE

Não foram observados sintomas visuais de deficiências de enxofre nas plantas. Entretanto, ocorreu redução de 18,6% na espessura da folha 'D', em comparação com as plantas do tratamento completo (Tabela 3). Os teores de enxofre nas folhas do abacaxizeiro 'Vitória' foram reduzidos em 25,0%, nas três épocas analisadas, em relação ao tratamento completo (Tabela 8).

O enxofre auxilia em processos como respiração, fotossíntese e síntese de proteínas (Malavolta, 2006). Sua deficiência reduz a síntese de aminoácidos e proteínas, promovendo maior disponibilidade de ácidos orgânicos, como ácido málico, ácidos tricarbóxicos e ácido ascórbico, sendo que este último auxilia na defesa ao estresse em plantas (Taiz et al., 2017).

Os teores de enxofre foram reduzidos com o avanço do ciclo da cultura em todas as épocas (Tabela 8). Os teores foliares de S do tratamento completo foram de 1,29 a 1,37 g kg⁻¹, próximos do valor de 1,4 g kg⁻¹ obtido por Siebeneichler (2002) em abacaxizeiro ‘Pérola’, mas abaixo da faixa de 1,45 a 1,80 g kg⁻¹ relatada por Ramos et al. (2010) no abacaxizeiro ‘Imperial’.

Tabela 8. Teores nutricionais de N, P, K, Ca, Mg, S e B da folha ‘D’ no abacaxizeiro ‘Vitória’, na solução completa (SC) e em função da deficiência de enxofre, aos oito, nove e dezesseis meses após o plantio, em casa de vegetação, em Campos dos Goytacazes, 2020

Épocas		N	P	K	Ca	Mg	S	B	CV (%)
Meses	Trat.	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹	
8	SC	15,3	1,83	33,8	3,50	2,87	1,37	15,7	13,2
	-S	14,3 ^{ns}	1,52 ^{ns}	28,7*	5,17*	2,85 ^{ns}	1,03*	16,7 ^{ns}	
9	SC	15,5	1,67	29,8	3,01	2,60	1,33	14,1	12,9
	-S	11,1 ^{ns}	1,50 ^{ns}	26,5 ^{ns}	4,47*	2,50 ^{ns}	1,01*	14,0 ^{ns}	
16	SC	13,3	1,67	32,6	2,73	2,55	1,29	14,5	15,5
	-S	10,3 ^{ns}	1,42 ^{ns}	25,0*	4,33 ^{ns}	2,47 ^{ns}	0,97*	12,9 ^{ns}	

Médias seguidas por “ns” na mesma coluna não foram significativas; e por “*” foram significativas quando comparados com o tratamento com solução completa pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

Na deficiência de S houve um aumento de aproximadamente 50,0% no teor nutricional de Ca no oitavo e nono meses de cultivo e uma redução de 15 e 23,3% no teor de K aos oito e dezesseis meses de cultivo.

OMISSÃO DE BORO

As plantas deste tratamento não apresentaram sintomas visuais de deficiência nas folhas. No entanto, todos os frutos deste tratamento apresentaram redução 13,9% no comprimento, e 11,5% no diâmetro do pedúnculo. Além disso, foram observados pedúnculos tortos, o que, em condições de campo, poderia aumentar o tombamento de frutos e, conseqüentemente, a incidência de frutos com queima solar. Também foram observadas reduções no comprimento e na espessura da folha 'D', de 10,5 e 22,9%, respectivamente, e na firmeza da casca do fruto de 27,5 %, em relação ao tratamento completo (Tabela 3).

Os teores de boro nas folhas do abacaxizeiro 'Vitória' foram reduzidos apenas no momento da indução floral, aos nove meses de cultivo, em 43,0%, em relação ao tratamento completo (Tabela 9).

Tabela 9. Teores nutricionais de N, P, K, Ca, Mg, S e B da folha 'D' no abacaxizeiro 'Vitória', na solução completa (SC) e em função da deficiência de boro, aos oito, nove e dezesseis meses após o plantio, em casa de vegetação, em Campos dos Goytacazes, 2020

Épocas		N	P	K	Ca	Mg	S	B	CV (%)
Meses	Trat.	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹	
8	SC	15,3	1,83	33,8	3,50	2,87	1,37	15,7	15,1
	-B	13,3 ^{ns}	1,57 ^{ns}	28,8*	4,04 ^{ns}	3,03 ^{ns}	1,27 ^{ns}	14,0 ^{ns}	
9	SC	15,5	1,67	29,8	3,01	2,60	1,33	14,1	13,0
	-B	11,7 ^{ns}	1,64 ^{ns}	26,3 ^{ns}	2,50 ^{ns}	2,74 ^{ns}	1,06 ^{ns}	8,10*	
16	SC	13,3	1,67	32,6	2,73	2,55	1,29	14,5	16,3
	-B	10,4 ^{ns}	1,48 ^{ns}	25,5*	2,39 ^{ns}	2,65 ^{ns}	0,91*	13,4 ^{ns}	

Médias seguidas por "ns" na mesma coluna não foram significativas; e por "*" foram significativas quando comparados com o tratamento com solução completa pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

A deficiência de boro acarretou redução nos teores de 12,1 e 21,7% aos oito e dezesseis meses, respectivamente, para o potássio, e de 29,4% para o S na última época analisada. Os teores de boro variaram de 8,05 a 15,7 mg kg⁻¹ nos intervalos de crescimento analisados. Ramos et al. (2009) observaram teores nutricionais de boro variando de 5,5 a 8,5 mg kg⁻¹ e observaram sintomas de deficiência de boro, denominados '*Skin Russeting*', que são rachaduras

principalmente entre frutinhos e a formação de excrescência corticosa. Esta reação ocorre devido ao papel do boro na estruturação da parede celular e na funcionalidade da membrana plasmática, indicando que poderia ocorrer o início dos sintomas de deficiência nos frutos, caso a redução do teor fosse menor que $8,0 \text{ mg kg}^{-1}$ no abacaxizeiro 'Vitória'.

A deficiência de boro afetou as massas frescas dos frutos e das coroas, reduzindo o volume do suco e do ácido ascórbico (Cunha et al., 2019). De acordo com Taiz et al. (2017) e Malavolta (2006), o boro desempenha funções estruturais como: complexos com polióis, fenóis, carboidratos, ácidos orgânicos, entre outros, e ainda atua como regulador enzimático. Sua deficiência afeta a síntese de ácidos nucleicos, comprometendo o teor de ácido ascórbico/vitamina C, afetando assim, a qualidade dos frutos.

CONCLUSÃO

A deficiência de nitrogênio causa sintomas visuais de deficiência nas plantas do abacaxizeiro 'Vitória'. Os demais tratamentos, mesmo não apresentando sintomas visuais de deficiência, interferem nos teores nutricionais e características das plantas.

As deficiências de cálcio e boro reduzem a firmeza da casca do fruto, enquanto a deficiência de nitrogênio aumenta. A deficiência de boro aumenta a ocorrência de pedúnculos tortos nas plantas.

A deficiência de fósforo reduz o diâmetro e o comprimento do pedúnculo, provocando o aumento do tombamento dos frutos.

As deficiências de N, P, K, Mg e B, reduzem a massa fresca da folha 'D' no momento da indução floral.

Os tratamentos deficientes de nutrientes apresentam reduções nos teores foliares, no momento da indução floral, de -N (42,8%), -P (29,9%), -K (34,0%), -Ca (23,6%), -Mg (44,6%), -S (24,0%) e -B (43,0%), em relação ao tratamento completo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aghdam, M.S., Hassanpouraghdam, M.B., Paliyath, G., Farmani, B. (2012) The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Scientia Horticulturae*, v.144, p.102-115.
- Augostinho, L.M.D., Prado, R.D.M., Rozane, D.E., Freitas, N. (2008) Acúmulo de massa seca e marcha de absorção de nutrientes em mudas de goiabeira 'Pedro Sato'. *Bragantia*, v. 67, n. 3, p. 577-585.
- Arrobas, M., Ferreira, I.Q., Freitas, S., Verdial, J., Rodrigues, M.Â. (2014) Guidelines for fertilizer use in vineyards based on nutrient content of grapevine parts. *Scientia Horticulturae*, v. 172, p. 191-198.
- Bataglia, O.C., Santos, W.R. (2001). Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. *Informações Agrônomicas, Piracicaba*, n.96, p.1-8.
- Barbosa, Z., Soares, I., Crisóstomo, L.A. (2003) Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 3, p. 519-522.
- Caetano, L.C.S., Ventura, J.A., Costa, A.F.S., Guarçoni, R.C. (2013) Efeito da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento, na produção e na qualidade de frutos do abacaxi 'Vitória'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 883-890.
- Caetano, L.C.S., Ventura, J.A., Balbino, J.D.S. (2015) Comportamento de genótipos de abacaxizeiro resistentes à fusariose em comparação a cultivares comerciais suscetíveis. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 37, n. 2, p. 404-409.
- Cardoso, M.M., Pegoraro, R.F., MAIA, V.M., Kondo, M.K., Fernandes, L.A. (2013) Crescimento do abacaxizeiro 'Vitória' irrigado sob diferentes densidades

populacionais, fontes e doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.35, n.3, p. 769-781.

Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C.D., Thiebaut, J.T.L., Souza, M.F.D. (2010) Teores foliares de nutrientes em mudas do abacaxizeiro smooth cayenne em resposta à adubação. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 33, n. 2, p. 173-179.

Cunha, J.M., Freitas, M.S.M., Caetano, L.C.S., Carvalho, A.J.C.D., Peçanha, D. A., Santos, P.C.D. (2019). Fruit quality of pineapple 'Vitória' under macronutrients and boron deficiency. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41.

Freitas, S.T., Padda, M., WU, Q., Park, S., Mitcham, E.J. (2011) Dynamic Alternations in Cellular and Molecular Components during Blossom-End Rot Development in Tomatoes Expressing sCAX1, a Constitutively Active Ca^{2+}/H^{+} Antiporter from Arabidopsis. *Plant Physiology (Bethesda)*, v. 156, n. 2, p. 844-855.

Freitas, S.T., Jiang, C.Z., Mitcham, E.J. (2012) Mechanisms involved in calcium deficiency development in tomato fruit in response to gibberellins. *Journal of plant growth regulation*, v. 31, n. 2, p. 221-234.

Freitas, S.T., Amarante, C.V.T., Mitcham, E. J. (2015) Mecanismos que regulam a suscetibilidade de cultivares de maçã a caroço amargo. *Scientia Horticulturae*, v. 186, p.54-60.

Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1950) The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: *California Agricultural Experimental Station*, 347p.

Jackson, M. L. (1965) Soil chemical analysis. *New Jersey: Prentice Hall*, 498p.

Ho, L.C., White, P.J. (2005) A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. *Annals of botany*, v. 95, n. 4, p.571-581.

- Malavolta, E. (2006) Manual de nutrição mineral de plantas. *São Paulo: Editora Agronômica Ceres*, 638p.
- Malézieux, E., Bartholomew, D.P (2003) Nutrição de plantas. *O abacaxi: botânica, produção e usos*, 143-165p.
- Marschner, H. (2012) Nutrição mineral de Marschner de plantas superiores. 651p.
- Pathak, J., Ahmed, H., Kumari, N., Pandey, A., Sinha, R.P. (2020). Role of Calcium and Potassium in Amelioration of Environmental Stress in Plants, 535-562.doi: 10.1002 / 9781119552154.ch27
- Pegoraro, R.F., Souza, B.A.M.D., Maia, V.M., Amaral, U.D., Pereira, M.C.T. (2014) Growth and production of irrigated Vitória pineapple grown in semi-arid conditions. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.36, n. 3, p. 693-703.
- Peters, J.B. (2005) Wisconsin Procedures for Soil Testing, Plant Analysis and Feed & Forage Analysis: Plant Analysis. Department of Soil Science, College of Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin-Extension, Madison, WI.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Carvalho, A.D., Pinto, J.D.A., Silva, J.D. (2009) Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro "Imperial". *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31, n.1, p 252-256.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.D.R., Silva, J.D. (2010) Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, n.1, p 261-271.
- Siebeneichler, S.C., Monnerat, P.H., Carvalho, A.D., Silva, J.D. (2002) Composição mineral da folha em abacaxizeiro: efeito da parte da folha analisada. *Rev. Bras. Frutic*, v.24, p.194-198.

- Soares, A. G., Trugo, L. C., Botrel, N., Souza, L. F.S. (2005) Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus L.*) by preharvest soil application of potassium. *Postharvest Biology and Technology*, v.35, n.2, p.201-207.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., Murphy, A. (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora, 858p.
- Ventura, J. A., Costa, H., Cabral, J. R. S., de Matos, A. P. (2009) 'Vitoria': new pineapple cultivar resistant to fusariosis. In *VI International Pineapple Symposium*. v. 822, p. 51-56.

3.3 ARTIGO 3: ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA QUALIDADE DE FRUTOS DE ABACAXIZEIRO 'VITÓRIA'

RESUMO

O potássio é o nutriente com elevada importância para a cultura do abacaxizeiro, afetando o crescimento e a qualidade dos frutos. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito das doses de potássio aplicadas no solo, na qualidade dos frutos de abacaxizeiro 'Vitória'. O experimento foi realizado de maio de 2017 a novembro de 2018, em São Francisco do Itabapoana, estado do Rio de Janeiro. O delineamento foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, os tratamentos foram constituídos de cinco doses de K_2O : 0; 222; 444; 666 e 888 $kg\ ha^{-1}$, aplicados na forma de cloreto de potássio, parcelados em duas aplicações, após a indução floral. As variáveis avaliadas foram: massas frescas do fruto e da coroa, diâmetros do fruto e do cilindro central, comprimentos do fruto e da coroa, acidez titulável, sólidos solúveis, vitamina C, pH do suco e relação sólidos solúveis/acidez titulável. A elevação das doses de K_2O promoveram maiores comprimento, diâmetro e massa de fruto. Os valores de acidez titulável, sólidos solúveis e vitamina C, cresceram linearmente em função das doses de potássio. O aumento da nutrição potássica melhora os aspectos de qualidade e rendimento de fruto de abacaxizeiro 'Vitória'.

Palavras chave: *Ananas comosus*, nutrição mineral, abacaxi, potássio.

ABSTRACT

POTASSIUM FERTILIZATION IN THE QUALITY OF PINEAPPLE FRUIT 'VITÓRIA'

Potassium is the most important nutrient for pineapple cultivation, affecting growth and fruit quality. In this sense, the objective of this study was to evaluate the influence of potassium doses applied on the soil on the quality of the pineapple fruits 'Vitória'. The experiment was carried out from May 2017 to November 2018, in São Francisco do Itabapoana, state of Rio de Janeiro. The design was in randomized blocks, with four replications, the treatments consisted of five doses of K_2O : 0; 222; 444; 666 and 888 kg ha⁻¹ applied in the form of potassium chloride, divided into two applications, after floral induction. The variables evaluated were: fresh fruit and crown masses, fruit and central cylinder diameters, fruit and crown lengths, titratable acidity, soluble solids, vitamin C, juice pH and soluble solids / titratable acidity ratio. The increase in K_2O doses promoted greater length, diameter and fruit mass. The values of titratable acidity, soluble solids and vitamin C increased linearly as a function of potassium doses.

Keywords: *Ananas comosus*, mineral nutrition, pineapple, potassium.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de abacaxi do mundo, em 2017, a produção brasileira foi de 2,25 milhões toneladas de frutos em uma área de 62,1 mil hectares, com uma produção média de 36,3 mil toneladas frutos ha⁻¹ (FAOSTAT, 2017). O estado do Rio de Janeiro participa, na produção brasileira, com área colhida de 4,557 mil hectares, produzindo 142,2 milhões de frutos, o que resulta em uma média de 31,2 mil frutos ha⁻¹, representando 8% da produção nacional (IBGE, 2019).

A produção e a industrialização de abacaxi no mundo são dominadas pela cultivar Smooth Cayenne. Já em território nacional, o cultivo baseia-se nas cultivares Pérola, para consumo in natura, e na Smooth Cayenne, com destino à agroindústria. Ambas as cultivares que dominam o cenário nacional, são suscetíveis à fusariose, principal problema fitossanitário da cultura no país, acarretando enormes perdas produtivas (Reinhardt et al., 2002; Ventura et al., 2009).

O uso de variedades resistentes às doenças é certamente a medida de controle mais econômica, eficiente e ambientalmente segura. Nesse sentido, é necessária a introdução de novas cultivares na produção nacional, que sejam resistentes à fusariose. A cultivar Vitória é uma opção viável, uma vez que é resistente à fusariose, e considerada de dupla aptidão (consumo fresco e agroindústria), além de ser uma cultivar promissora, por permitir maior diversificação da produção (Ventura et al., 2009).

Dentre os fatores que afetam a produção vegetal, a nutrição mineral influencia diretamente a produtividade. Diversos autores (Soares et al., 2004; Ramos et al., 2010; Caetano et al., 2013; Rios et al., 2018; Cunha et al., 2019) demonstraram que a adubação potássica tem influência na qualidade dos frutos de abacaxi, com incrementos na acidez titulável e nos sólidos solúveis. Além disso, a adubação potássica pode influenciar outras características como: rendimento de suco, pH, coloração da polpa, escurecimento interno, vitamina C, diâmetro do fruto e firmeza da casca, demonstrando a importância do potássio para a cultura do abacaxizeiro.

Considerando a importância da nutrição mineral para a qualidade do fruto de abacaxi, e a lacuna existente quanto às demandas nutricionais das novas cultivares resistentes à fusariose, sobretudo, em condições de campo, estudos adicionais são necessários para um melhor entendimento sobre a relação entre a nutrição mineral e a qualidade de fruto. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito das doses de potássio na qualidade dos frutos de abacaxizeiro 'Vitória', cultivados em condições de campo na região Norte do estado do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na zona rural do município de São Francisco de Itabapoana – RJ, em propriedade particular (21°28'S e 41°7'W, 4 m acima do nível do mar). O solo da área é classificado como Argissolo Amarelo Álico, com textura arenosa e relevo suavemente ondulado. Uma amostra composta de solo foi coletada na camada 0-20 cm de profundidade e analisada, apresentando as seguintes características químicas: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$: 4,2; $\text{P}_{\text{Mehlich1}}$: 9 mg dm^{-3} ; K: 62,4 mg dm^{-3} ; Na: 0,06; $\text{H}^+ + \text{Al}^+$: 3,56 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al^{+3} : 0,63 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca^{+2} : 0,18 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg^{+2} : 0,06 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; SB 0,46 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; CTC 4,02 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V 11%; m 58% e MO 7,07 g dm^{-3} . A correção da acidez foi realizada com aplicação de 1,95 toneladas ha^{-1} de calcário dolomítico.

Os dados de temperatura e precipitação foram coletados pela estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), compilados no período experimental e expressos na figura 1.

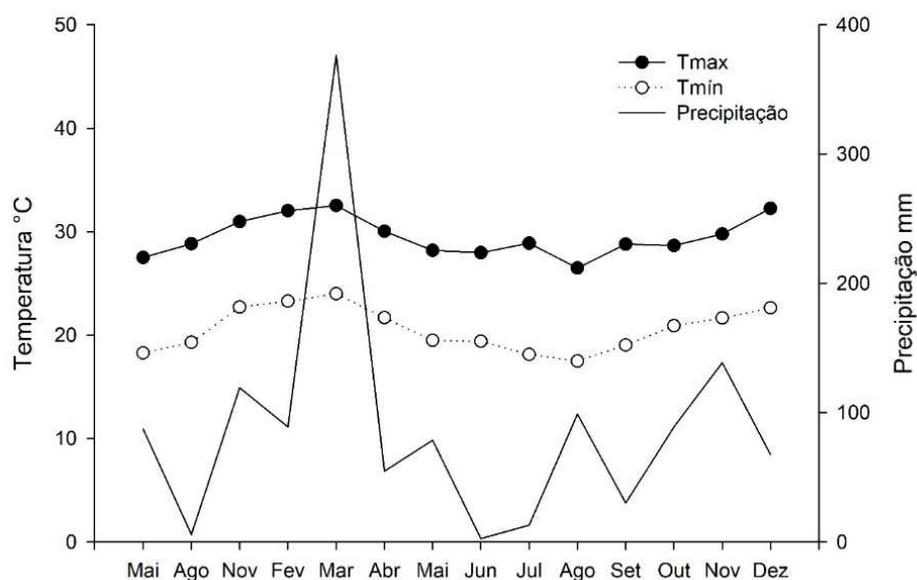


Figura 1. Média dos valores diários de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação (mm) no período de maio de 2017 a dezembro de 2018. Campos dos Goytacazes, 2020. Fonte: INMET/ <http://www.inmet.gov.br/>.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e cinco doses de K_2O (0, 222, 444, 666 e 888 $kg\ ha^{-1}$), aplicados na forma de cloreto de potássio. A parcela experimental foi composta de seis linhas simples. Cada linha era formada por oito plantas, com espaçamento de 0,3 m entre plantas, 0,9 m entre as linhas. No total, a parcela foi composta por 48 plantas, sendo 24 plantas úteis, das quais foram avaliados cinco frutos.

As mudas de abacaxizeiro 'Vitória' utilizadas no plantio foram do tipo filhote, com aproximadamente 35 cm de comprimento e 215 g de massa fresca. As mudas foram disponibilizadas por um produtor do município de Iconha-ES, em parceria com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

A adubação nitrogenada foi aplicada na forma de ureia, parcelada em três vezes, com duas aplicações antes da indução, e a terceira e última após o florescimento, totalizando 740 $kg\ ha^{-1}$ de ureia. A adubação fosfatada foi aplicada na forma de superfosfato simples na dose de 555 $kg\ ha^{-1}$. A adubação potássica foi aplicada na forma de cloreto de potássio, parcelada em duas vezes, após a indução floral, até que se atingisse o equivalente aos tratamentos. A indução floral foi realizada aos 13 meses (412 dias) após o plantio. Na ocasião, foram aplicados 50 mL $planta^{-1}$ da solução de Ethrel®, na roseta foliar.

Antes da indução floral coletaram-se folhas 'D' do abacaxizeiro para avaliação de seus teores de macronutrientes, do comprimento, da massa fresca e massa seca. Os resultados obtidos apresentaram médias de 52,6 cm de comprimento, 21,1 g de massa fresca, e 3,4 g de massa seca. Os teores nutricionais encontrados foram de 16,3 $g\ kg^{-1}$ para N; 2,79 $g\ kg^{-1}$ para P; 25,8 $g\ kg^{-1}$ para K; 4,15 $g\ kg^{-1}$ para Ca; 4,02 $g\ kg^{-1}$ para Mg e; 1,22 $g\ kg^{-1}$ para S.

Para a determinação dos teores de nutrientes minerais, as folhas foram limpas e secas em estufa a 65 °C, com circulação forçada de ar. Após a secagem, as folhas foram moídas em micromoinho tipo Willey, peneiradas a 20 *mesh* e homogeneizadas. Utilizou-se a folha inteira para a quantificação dos teores nutricionais (Siebeneichler et al., 2002).

Os teores de nitrogênio (N) amoniacal foram determinados após a digestão do material com ácido sulfúrico, por espectrofotometria, utilizando-se reagente tipo Nessler e tartarato de sódio para o desenvolvimento da cor. Os teores foliares de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre

(S), foram determinados após digestão aberta com ácido nítrico concentrado e peróxido de hidrogênio, e quantificados em plasma (ICPE-9000) da marca Shimadzu®.

Os frutos foram colhidos dezessete meses após o plantio, em novembro de 2018, quando atingiram o estágio cinco de maturação (Ogawa et al., 2017). Logo após a colheita foram tomados os dados de massa do fruto inteiro, massa do fruto sem coroa, massa da coroa, comprimento do fruto, comprimento da coroa e diâmetros do fruto e do cilindro central. Para a obtenção dos dados de massa utilizou-se uma balança digital. Para obtenção dos dados de comprimento foi utilizada fita métrica e para os dados de diâmetro foi utilizado paquímetro digital.

O suco foi extraído a partir da polpa do fruto, sem adição de água, utilizou-se para a extração do suco, um miniprocessador tipo “mixer”. No suco foram determinadas as variáveis: acidez titulável (AT), por meio da titulação com hidróxido de sódio 0,1 N, expressa em % de ácido cítrico (g 100 mL⁻¹ de suco); sólidos solúveis (SS), determinados por refratômetro digital e calculada a relação SS/AT; pH do suco, determinado com medidor de pH digital; vitamina C, determinada por meio da titulação do suco com solução de 2,6-diclorofenol-indofenol, sal sódico, e expressa em mg de ácido ascórbico 100 mL⁻¹ de suco (AOAC, 2016).

Os dados foram submetidos à análise de variância, em seguida foi aplicada a análise de regressão, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que as doses de potássio influenciaram significativamente, com efeito linear crescente, as variáveis de massas do fruto inteiro, massa do fruto sem coroa, diâmetro do fruto, diâmetro do cilindro central, sólidos solúveis, vitamina C, acidez titulável e a relação SS/AT do suco dos frutos de abacaxizeiro cv. Vitória (Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8). A análise de regressão não demonstrou efeito significativo para as características de coroa e pH do suco do fruto.

O aumento nas doses de K₂O no solo proporcionaram incremento na massa do fruto inteiro (Figura 2). As massas frescas dos frutos, observadas neste

estudo, foram inferiores ao reportado por Ventura et al. (2009), na ocasião do lançamento da cultivar Vitória, que foram frutos com massa média de 1.500 g. Para que o abacaxizeiro produza frutos de tamanhos comerciáveis, a demanda hídrica da cultura gira em torno de 1,3 a 5,0 mm de água dia⁻¹ (Reinhardt et al., 2002), dependendo do seu estágio fenológico. Porém, como o estudo foi conduzido em área sem irrigação complementar, foi possível observar que a demanda hídrica não foi adequada para que os frutos atingissem massas superiores às observadas por Reinhardt et al. (2002) (Figura 1).

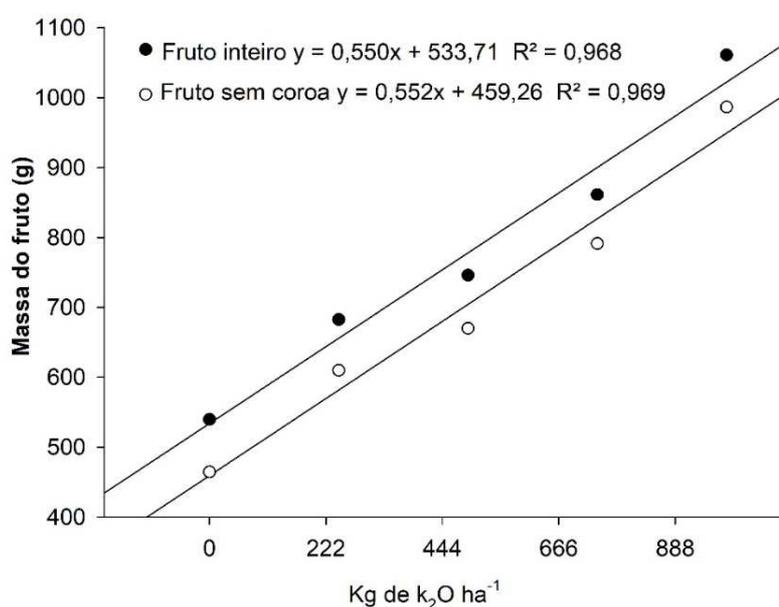


Figura 2. Efeito das doses de potássio sobre as massas do fruto inteiro e do fruto sem coroa de abacaxizeiro 'Vitória'.

Quando cultivadas a campo, as cultivares resistentes à fusariose, como é o caso do abacaxizeiro 'Vitória', tendem a apresentar valores de massas de fruto inteiro inferiores às aquelas tradicionalmente cultivadas. Como observados por Caetano et al. (2013), Cardoso et al. (2013) e Silva et al. (2012), que encontraram massas de fruto inteiro de 1247, 1057 e 911,1 g, respectivamente, para a cultivar Vitória. Considerando o padrão de referência das cultivares tradicionais, a massa mínima para comercialização do abacaxi deve ser de 900 g. Frutos considerados muito pequenos (massa ≤ 700 g) ou muito grandes (massa ≥ 2.300 g), apresentam baixo valor comercial para consumo fresco (BRASIL, 2002).

Segundo Santana et al. (2001), existe uma tendência de demanda do mercado internacional por frutos menores (abaixo de 1,0 kg ou até mesmo abaixo de 500 g), chamados de “baby-ananas”, cuja vantagem maior consiste no consumo mais rápido por indivíduos que moram sozinho, por exemplo, não acarretando em perda do alimento. Entretanto, no Brasil, tais nichos de mercado ainda não se consolidaram e os frutos desse porte são aproveitados apenas para extração de suco ou polpa.

As variáveis comprimento e diâmetro de fruto foram influenciadas pelas doses de K_2O , apresentando respostas lineares, com o máximo de 14,6 cm para comprimento de fruto, e 10,7 cm para diâmetro de fruto, na dose de 888 kg de K_2O ha^{-1} (Figura 3).

Ramos et al. (2009) e Razzaque e Hanafi (2001) estudando as cultivares Imperial e Gandul, observaram o efeito da aplicação do K sobre o aumento da massa da planta, corroborando o mesmo aumento no diâmetro do fruto demonstrado no presente trabalho.

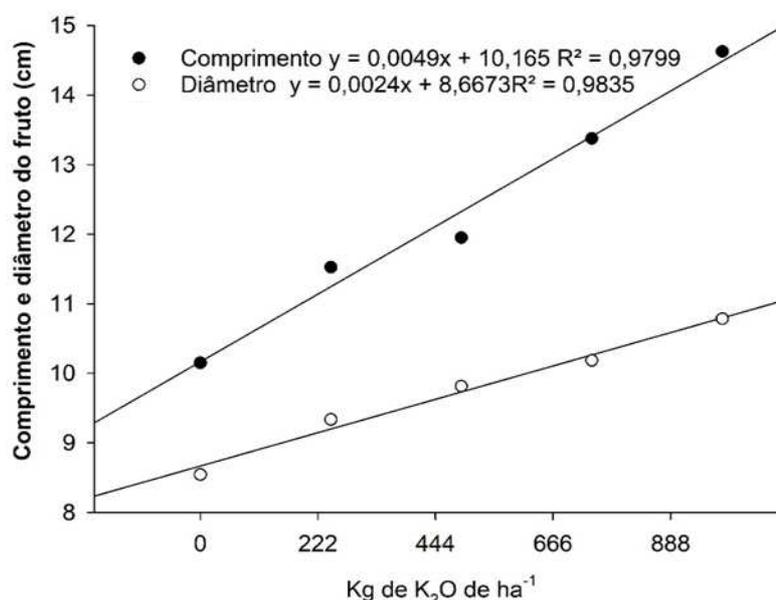


Figura 3. Efeito das doses de potássio sobre o comprimento e o diâmetro do fruto de abacaxizeiro ‘Vitória’.

O diâmetro do fruto na cultivar Vitória correlaciona-se positivamente com a massa do fruto, sendo um importante atributo fitotécnico a ser levado em consideração, já que essa correlação pode ultrapassar os 90%. É uma importante observação a ser feita, uma vez que um milímetro de aumento no diâmetro pode corresponder a um incremento de 19 gramas na massa do fruto (Vilela et al., 2015).

As características de massa e comprimento da coroa não foram afetadas pelas doses crescentes de K_2O no solo, com valores de 74 g e 13,2 cm, respectivamente. Segundo Bengozi et al. (2007), o mercado tem preferência por frutos com coroas pequenas, a fim de proporcionar melhor aparência quando oferecidos aos consumidores.

O diâmetro do cilindro central ajustou-se ao modelo de regressão linear crescente, atingindo o valor máximo de 1,36 cm, na dose de K_2O de 888 kg ha^{-1} (Figura 4). Ventura et al. (2009) comparando o diâmetro do cilindro central de três cultivares Vitória, Pérola e Smooth Cayenne, encontraram valores de 1,2; 2,3 e 2,7 cm, respectivamente. Os autores observaram que frutos com menores valores de diâmetros do cilindro central, tendem a apresentar maiores ganhos de polpa, o que possibilita melhor aproveitamento da polpa da fruta. Segundo Berilli et al. (2014), frutos com menor diâmetro do cilindro central são preferidos pelos consumidores, caracterizando nesse aspecto, a cultivar Vitória como superior às demais.

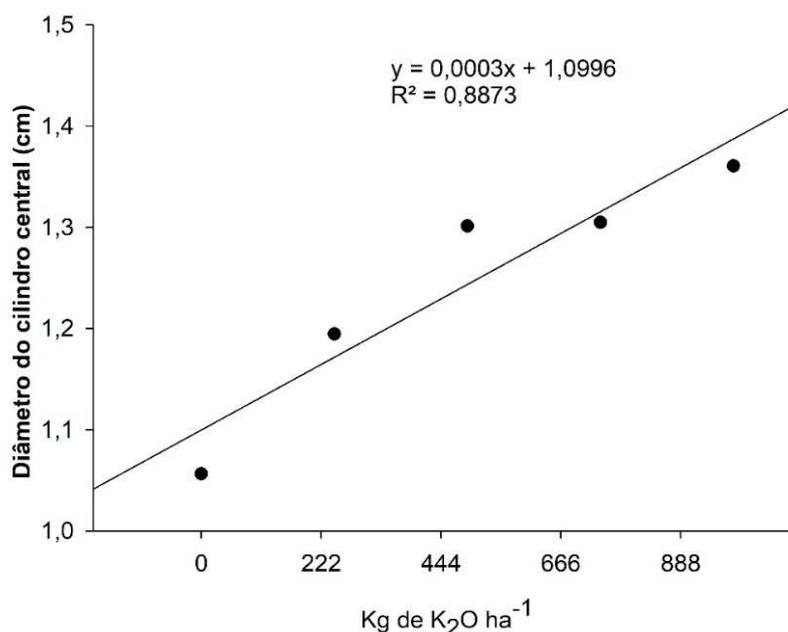


Figura 4. Efeito das doses de potássio sobre o diâmetro do cilindro central do fruto de abacaxizeiro 'Vitória'.

O aumento na adubação potássica não interferiu na característica de pH do fruto, se mantendo com valores de 3,41, em todos os frutos avaliados. Cunha et al. (2019) encontraram valores de pH de 3,8 e 3,6 para a cultivar Vitória, com e sem adubação potássica, demonstrando que esta adubação tem pouca influência na determinação do pH dos frutos. Outros autores obtiveram valores próximos ao presente estudo, Barker et al. (2018) e Berilli et al. (2014) obtiveram pH de 3,6; Silva et al. (2015) pH de 3,44 e; Silva et al. (2012) com valores de pH de 3,7, para a mesma cultivar.

O potássio é o principal nutriente que influencia os atributos de qualidade dos frutos de abacaxizeiro. Observou-se que os SS e a AT aumentaram linearmente, com o aumento da dose de potássio aplicada ao solo (Figura 5 e 6). As médias obtidas para SS na dose de 888 kg de K₂O ha⁻¹ ficaram próximas do valor recomendado por Ventura et al. (2009), que são 15,8 °Brix para essa cultivar, mas acima do valor exigido pelos parâmetros mínimos para comercialização de frutos de abacaxi, que são os teores de SS de 12°Brix (BRASIL, 2002).

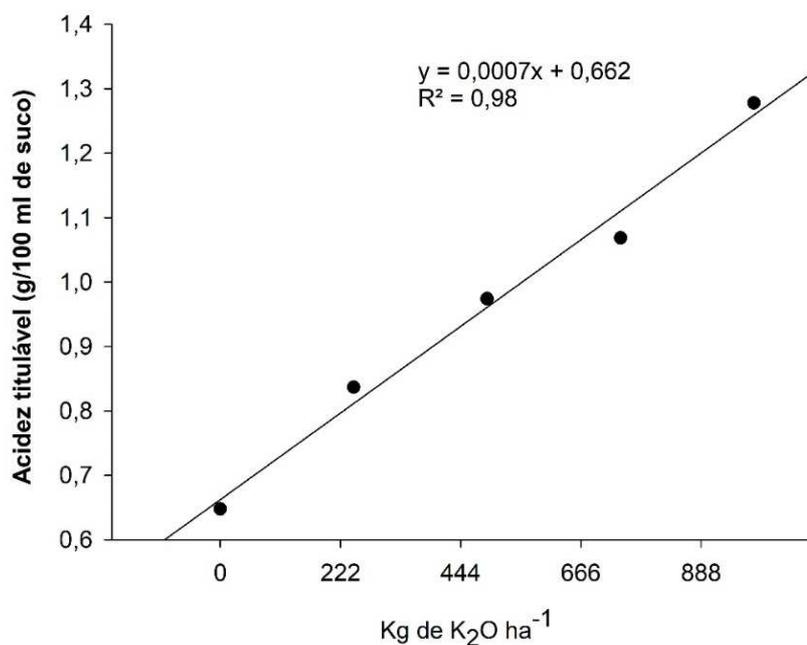


Figura 5. Efeito das doses de potássio sobre a acidez titulável do fruto de abacaxizeiro 'Vitória'.

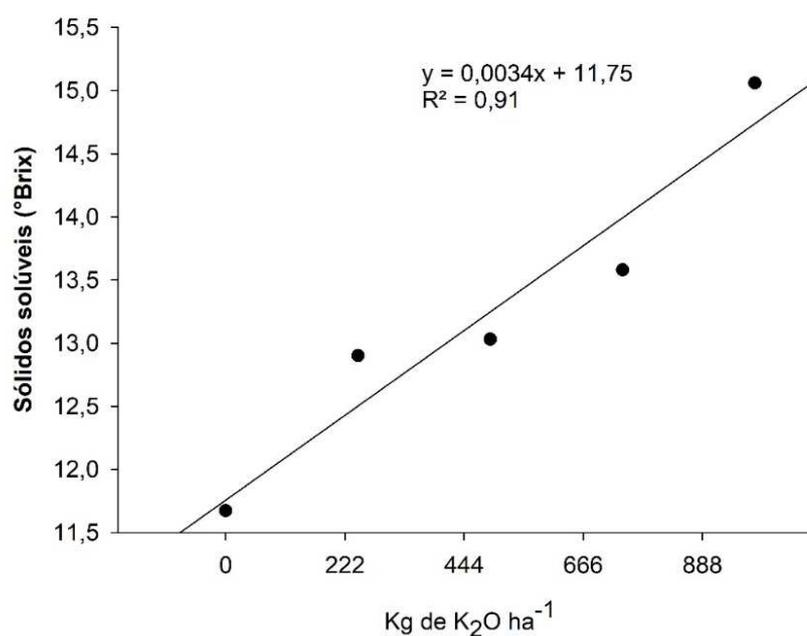


Figura 6. Efeito das doses de potássio sobre os sólidos solúveis do fruto de abacaxizeiro 'Vitória'.

A acidez titulável foi influenciada com resposta linear crescente para todas as doses de potássio estudadas (222, 444, 666, e 888 kg K₂O ha⁻¹). O valor

máximo de acidez encontrado foi 1,28%, ressalta-se que valores acima de 1% foram observados por Barker et al. (2018) e Cunha et al. (2019). Entretanto, Ventura et al. (2009) observaram valores de 0,69 e 0,8%, respectivamente, para a mesma cultivar.

Caetano et al. (2013) observaram que doses crescentes de K_2O conferiram aumento no SS e na AT, mostrando a importância da adubação potássica nas características que conferem qualidade aos frutos de abacaxi, mesmo com doses do nutriente superiores àquelas em que se alcança a máxima massa de frutos.

O teor de acidez na polpa do abacaxi é fundamental para que este seja bem aceito no mercado consumidor, pois, a baixa acidez da polpa acarreta frutos com reduzido aroma e gosto insípido (Guarçoni e Ventura, 2011). A relação SS/AT confere sabor ao fruto, no presente estudo essa relação apresentou redução com a dose crescente de K_2O utilizado, podendo-se atribuir o decréscimo à elevação da AT. (Figura 7). A relação SS/AT reduziu 37,6% no tratamento com a dose de potássio de 888 kg de K_2O ha^{-1} , em relação ao tratamento sem adubação potássica.

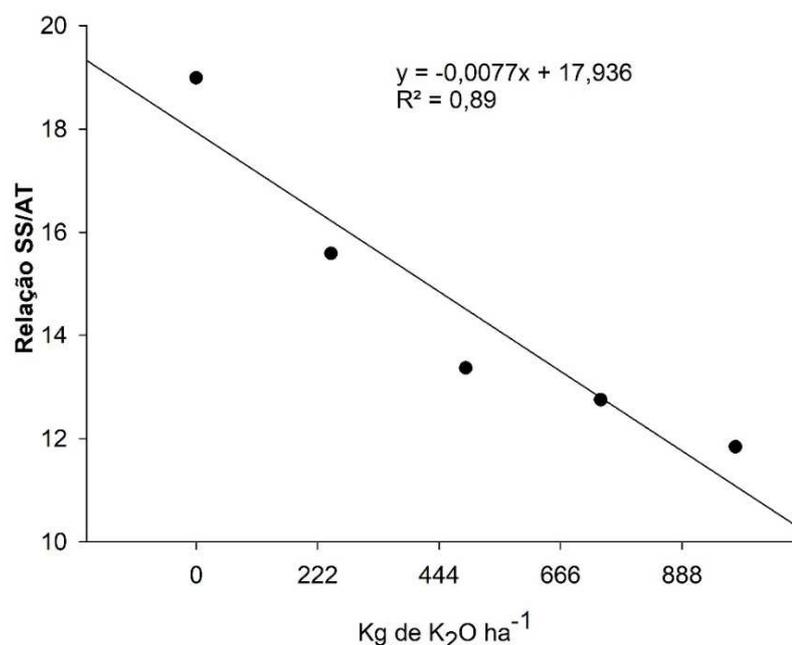


Figura 7. Efeito das doses de potássio sobre a relação SS/AT do fruto de abacaxizeiro 'Vitória'.

Quaggio et al. (2009) observaram que no abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' a AT aumentou, em resposta à aplicação de potássio, principalmente quando KCl foi a fonte utilizada, diminuindo a relação SS/AT.

Os teores de vitamina C aumentaram de forma linear crescente, em decorrência da aplicação das doses de potássio, atingindo o teor máximo de 11,2 mg 100 mL⁻¹ de suco na dose de 888 kg K₂O ha⁻¹, valor 96% acima ao teor de vitamina C da dose de 222 kg de K₂O ha⁻¹ (Figura 8). Spironello et al. (2004) observaram que taxas crescentes de K também melhoraram a qualidade da fruta, conseqüentemente, melhorando teor de vitamina C.

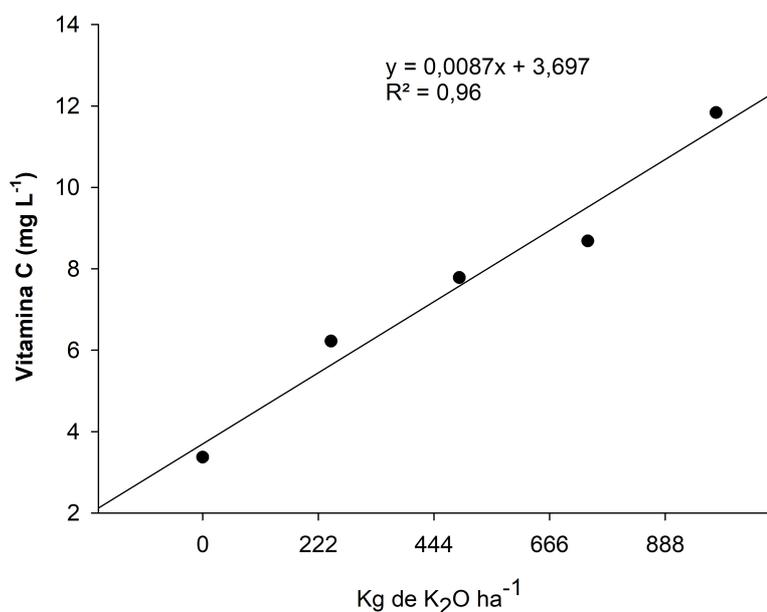


Figura 8. Efeito das doses de potássio sobre a Vitamina C do fruto de abacaxizeiro 'Vitória'.

CONCLUSÕES

O incremento na adubação potássica proporciona aumento na massa dos frutos, nos sólidos solúveis, na acidez titulável e na vitamina C, melhorando a qualidade dos frutos de abacaxizeiro 'Vitória'.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC- Association of Official Analytical Chemistry. (2016) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 20 ed., 1115p.
- Barker, D.L., Arantes, S.D., Schmildt, E.R., Arantes, L.D.O., Soares, P., Fontes, F., Buffon, S.B., n.d. (2018) Post-harvest quality of ' Vitória ' pineapple as a function of the types of shoots and age of the plant for floral induction de mudas e idade da planta para indução floral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.40, n. 4, (e-297).
- Bengozi, J.F, Sampaio, A.C, Spoto, M.H.F, Mischan, M.M, Pallamin, M.L. (2007) Qualidades físicas e químicas do abacaxi comercializado na CEAGESP São Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 29, n. 3, 540-545.
- BRASIL. (2002) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 1, de 1º de fevereiro de 2002. Regulamentos Técnicos de Identidade e de Qualidade para a classificação de Abacaxi, Uva Fina de Mesa e Uva Rústica, 2002. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/actiondetalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMpa&chave=661183307>>. Acesso em: 10 de jan. de 2020.
- Berilli, S. D. S., Freitas, S. D. J., Santos, P. C. D., Oliveira, J. G. D., Caetano, L.C.S. (2014) Avaliação da qualidade de frutos de quatro genótipos de abacaxi para consumo in natura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, n.2, p.503-508.
- Caetano, L.C.S., Ventura, J.A., Costa, A.F.S., Guarçoni, R.C. (2013) Efeito da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento, na produção e na qualidade de frutos do abacaxi 'Vitória'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.35, n.3, p.883-890.
- Cardoso, M.M., Pegoraro, R.F., MAIA, V.M., Kondo, M.K., Fernandes, L.A. (2013) Crescimento do abacaxizeiro 'Vitória' irrigado sob diferentes densidades

- populacionais, fontes e doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.35, n.3, p. 769-781.
- Cunha, J.M., Freitas, M.S.M., Caetano, L.C.S., Carvalho, A.J.C.D., Peçanha, D. A., Santos, P.C.D. (2019). Qualidade de frutos de abacaxizeiro 'Vitória' sob deficiência de macronutrientes e boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.41, n.5.
- FAOSTAT. (2017) Food and agriculture organization of the United nations. Statistic division. Disponível em <http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/browse/Q/QC/E>. Acessado em jan. de 2020.
- Guarçoni, M., Ventura, J.A. (2011) Adubação NPK e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi'gold'(MD-2). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n.4, 1367-1376.
- IBGE (2019) Levantamento Sistemático de Produção Agrícola Produção brasileira de abacaxi em 2017. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/abacaxi/b1abacaxi.pdf. Acessado em 15 de jan. de 2020.
- Ogawa, E.M., Costa, H.B., Ventura, J. A., Caetano, L., Pinto, F.E., Oliveira, B.G., Romão, W. (2017) Chemical profile of pineapple cv. vitória in different maturation stages using electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v.98, n.3, p.1105-1116.
- Quaggio, J.A., Teixeira, L.A. J., Cantarella, H., Mellis, E.V., Sigrist, J.M. (2007) Post-harvest behaviour of pineapple affected by sources and rates of potassium. In *VI International Pineapple Symposium 822*, 277-284p.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.G.D.R., Carvalho, A.J.C.D. (2010) Qualidade sensorial dos frutos do abacaxizeiro 'Imperial' cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, n.3, p.692-699.

- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., da R. Pinho, L.G., Carvalho, A.J.C., da Silva, J. A. (2009) Morphological characteristics of 'Imperial' pineapple fruits under deficiency of macronutrients and boron. In *VI International Pineapple Symposium 822*. 147-154p.
- Razzaque, A.H.M., Hanafi, M.M. (2001). Effect of potassium on growth, yield and quality of pineapple in tropical peat. *Fruits*, v.56, n.1, p. 45-49.
- Rios, C., Santos, E., Nunes, M.D., de Almeida, C.E., Costa, J.D., Melo Silva, S. (2018) Quality of 'Imperial' pineapple infructescence in function of nitrogen and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife*, v.13, n. 1, p. 1-8.
- Reinhardt, D.H., Cabral, J.R.S., Souza, L.F.S, Sanches, N.F., Matos, A.P. (2002) Pérola and Smooth Cayenne pineapple cultivars in the state of Bahia, Brazil: growth, flowering, pests, diseases, yield and fruit quality aspects. *Fruits*, v.57, n. 1, p 43-53.
- Santana, L.L.D.A., Reinhardt, D.H., Cunha, G.A.P.D., Caldas, R.C. (2001). Altas densidades de plantio na cultura do abacaxi cv. Smooth Cayenne, sob condições de sequeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, n.2, p. 353-358.
- Siebeneichler, S.C., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C. de, Silva, J.A. da. (2002) Composição mineral da folha em abacaxizeiro: efeito da parte da folha analisada. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v.24, n.1, p.194-198.
- Soares, A.G., Trugo, L.C., Botrel, N., Souza, L.F.S (2005) Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus* L.) by preharvest soil application of potassium. *Postharvest Biology and Technology*, v.35, n.2, p. 201-207.
- Silva, A.L.P.D., Silva, A.P.D., Souza, A.P.D., Santos, D., Silva, S.D.M., Silva, V. B. D. (2012) Resposta do abacaxizeiro 'Vitória' a doses de nitrogênio em solos de tabuleiros costeiros da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, n. 2, p. 447-456.

- Silva, D.F., Pegoraro, R.F., Medeiros, A.C., Lopes, P.A.P., Cardoso, M.M., Maia, V.M. (2015) Nitrogênio e densidade de plantio na avaliação econômica e qualidade de frutos de abacaxizeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.45, n. 1, p. 39-45.
- Spironello, A., Quaggio, J.A., Teixeira, L.A.J., Furiani, P.R., Sigrist, J.M.M. (2004) Produção e qualidade de frutos de abacaxizeiro em resposta à adubação com NPK. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, n.1, p.155-159.
- Ventura, J.A., Costa, H., Cabral, J.R.S., Matos, A.P. (2009) Vitória: New Pineapple cultivar resistant to fusariosis. *Acta Horticulturae*, João Pessoa, Brazil, 822, 51-56p.
- Vilela, G.B., Pegoraro, R.F., Maia, V.M. (2015) Predição de produção do abacaxizeiro 'Vitória' por meio de características fitotécnicas e nutricionais. *Revista Ciência Agronômica*, v.46, n.4, p. 724-732.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Diante da importância que a abacaxicultura representa no Brasil, em termos econômicos e sociais, a busca pela aceitabilidade de cultivares resistentes à fusariose, principal doença que acomete a cultura, é de extrema importância. São necessários estudos mais detalhados com as cultivares resistentes a esta doença, para que possa se descrever suas características de cultivo, exigências nutricionais e qualidade dos frutos. A correta nutrição das plantas possibilita sucesso na produtividade e qualidade dos frutos, além de proporcionar crescimento vegetal vigoroso e tolerância a pragas e doenças.

O primeiro experimento foi conduzido em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes-RJ. Com o objetivo de avaliar o efeito das deficiências de macronutrientes e boro, no crescimento, nos teores nutricionais e na qualidade dos frutos de abacaxizeiro 'Vitória', e ainda caracterizar os sintomas visuais de deficiência.

O delineamento experimental foi realizado em blocos ao acaso, com oito tratamentos: solução completa, soluções deficientes em nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e boro (B), com seis repetições. A condução do experimento foi de outubro de 2016 a março de 2018, e as variáveis avaliadas foram: massas frescas do fruto e da coroa, diâmetro do fruto, comprimentos do fruto e da coroa, volume e massa do suco, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), vitamina C, pH do suco e relação SS/AT.

Foram avaliados os teores nutricionais de N, P, K, Ca, Mg, S e B, aos oito, nove e 16 meses após o plantio. No momento da indução floral, aos nove meses após o plantio, foram avaliados o comprimento, largura, massa fresca e área foliar da folha 'D', também foram caracterizados os sintomas de deficiências.

As deficiências de N, P, K, Ca, Mg, S e B reduziram a massa fresca do fruto inteiro e do fruto sem coroa. Nos tratamentos -N e -Ca, houve reduções de 41,9 e 35,3%, respectivamente, na massa fresca da coroa. O diâmetro dos frutos sob deficiência de N, K e Mg foi menor. Já o comprimento do fruto, os sólidos solúveis e o pH do suco foram menores apenas no tratamento deficiente em N.

As deficiências de N, P, K e Mg e S reduziram o comprimento da folha 'D' no momento da indução floral. Os teores foliares encontrados na folha 'D', no tratamento completo, no momento da indução floral foram: N: 12,5 g kg⁻¹; P: 1,67 g kg⁻¹; K: 29,8 g kg⁻¹; Ca: 3,01 g kg⁻¹; Mg: 2,60 g kg⁻¹; S: 1,33 g kg⁻¹ e B: 14,1 mg kg⁻¹.

As deficiências de cálcio e boro reduziram a firmeza da casca do fruto. Além disso, a deficiência de boro aumentou a ocorrência de pedúnculos tortos nas plantas.

A deficiência de fósforo reduziu o diâmetro e o comprimento do pedúnculo, provocando o aumento do tombamento dos frutos.

As reduções nos teores foliares nos tratamentos deficientes, no momento da indução floral, aos nove meses de cultivo, foram: -N (42,8%), -P (29,9%), -K (34,0%), -Ca (23,6%), -Mg (44,6%), -S (24,0%) e -B (43,0%), em relação ao tratamento completo.

As plantas deficientes em N produziram folhas 'D' menores. As reduções foram de 12,2, 25,3 e 15,3% no comprimento, na massa fresca e na espessura da folha 'D' no momento da indução floral, respectivamente. Também ocorreu redução de 22% no comprimento do pedúnculo e incremento de 23,7% na firmeza da casca do fruto.

Apenas a deficiência de nitrogênio causou sintomas visuais de deficiência nas plantas. Entretanto, mesmo na ausência de sintomas visuais de deficiências nos demais tratamentos, observou-se que as deficiências estudadas interferiram nas características dos frutos.

A deficiência de cada nutriente reduziu seu próprio teor foliar no momento da indução floral. Já a deficiência de macronutrientes e boro causaram reduções nos teores nutricionais, refletindo nas características dos frutos.

O segundo experimento foi realizado na zona rural do município de São Francisco de Itabapoana – RJ, o objetivo foi avaliar o efeito das doses de potássio aplicadas ao solo, na qualidade dos frutos de abacaxizeiro ‘Vitória’.

O experimento foi realizado de maio de 2017 a novembro de 2018, o delineamento foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de K_2O : 0; 222; 444; 666 e 888 kg ha⁻¹, aplicados na forma de cloreto de potássio, parcelados em duas aplicações, após a indução floral.

As variáveis avaliadas foram: massas frescas do fruto e da coroa, diâmetros do fruto e do cilindro central, comprimentos do fruto e da coroa, acidez titulável, sólidos solúveis, vitamina C, pH do suco e relação sólidos solúveis/acidez titulável.

A elevação das doses de K_2O promoveram maiores massa de fruto inteiro, diâmetro e comprimento do fruto. A massa média do fruto com coroa alcançou o valor máximo de 1061g, com 888 kg K_2O ha⁻¹. Os valores de acidez titulável, sólidos solúveis e vitamina C cresceram linearmente em função das doses de potássio.

Para as condições climáticas do norte do estado do Rio de Janeiro, a maior massa média de fruto do abacaxizeiro ‘Vitória’ encontrada foi de 1061 gramas. Essa média pode ser superior, caso a demanda hídrica da cultura seja atendida via irrigação complementar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aghdam, M.S., Hassanpouraghdam, M.B., Paliyath, G., Farmani, B. (2012). The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Scientia Horticulturae*, v.144, p.102-115.
- Amaral, U.D., Maia, V.M., Pegoraro, R.F., Kondo, M.K., Aspiazú, I. (2014). Water depths and macronutrients accumulation in 'pérola'pineapple irrigated by drip. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, n. 3, p. 755-760.
- Aular, J., Natale, W. (2013). Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p.1214-1231.
- Baldotto, L.E.B., Baldotto, M.A., Giro, V.B., Canellas, L.P., Olivares, F.L., E Bressan-Smith, R. (2009). Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 4, p. 979-990.
- Bataglia, O.C., Santos, W.D. (2001). Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. *Informações Agronômicas, Piracicaba*, v. 12, p. 3-8.

- Bengozi, J.F, Sampaio, A.C; Spoto, M.H.F; Mischan, M.M; Pallamin, M.L. (2007). Qualidades físicas e químicas do abacaxi comercializado na CEAGESP São Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 29, p. 3540-545.
- Berilli, S.D.S., Freitas, S.D.J., Santos, P.D., Oliveira, J.D. Caetano, L.C.S. (2014). Avaliação da qualidade de frutos de quatro genótipos de abacaxi para consumo in natura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 36, p.503-508.
- Bonfá, C.S., Villela, S.D.J., Castro, G.H.D.F., Santos, R.A.D., Evangelista, A.R., Neto, P. de Souza. O. (2017). Silagem de capim-elefante adicionada de casca de abacaxi. *Revista Ceres*, Viçosa, Minas Gerais, v. 64, n.2, p.176-182.
- Botrel, N., da Silva, L.F.S., Gomes, A.S., Martins, V.M. (2004). Influência do potássio na suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi pérola (ananas comosus l.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, v.6, n.1, p. 17-23.
- Bhugaloo, R.A, Lalouette, J.A, Bachraz, D.Y. Sukerdeep, N. (1999). Efeito de diferentes níveis de nitrogênio no rendimento e na qualidade da variedade de abacaxi Queen Victoria. *Reunião Anual de Cientistas Agrícolas*, v.9, p.57-59.
- BRASIL. (2002) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA. Instrução Normativa 1/2002, Anexo I/Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do abacaxi. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=661183307>>. Acessado em 13 de fev. de 2019.
- Caetano, L.C.S, Ventura, J.A, Balbino, J.M.S. (2015). Comportamento de genótipos de abacaxizeiro resistentes à fusariose em comparação a cultivares comerciais suscetíveis. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 37, n. 2, p. 404- 409.
- Caetano, L.C.S. Ventura, J.A. Costa, A.F.S. Guarçoni, R. C. (2013). Efeito da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento, na produção e na qualidade de frutos do abacaxi 'Vitória'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 883-890.

- Cabral, J.R.S. Jughans, D.T. (2003). Variedades de abacaxi, Cruz Das Almas Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 4, circular técnica 63.
- Clement, C.R., Araújo, D.C, D'Eeckenbrugge, G.C, Pereira, A.A, Rodrigues, D.P (2010). Origin and domestication of native Amazonian crops. *Diversity*, v. 2, n. 1, p. 72-106.
- Conceição, M.A., Yamashita, O.M., Koga, P.S., Peres, W.M., David, G.Q., Teixeira, S.O. de Carvalho, M.A.C. (2016). Quality and acceptance of pineapple as a result of potassic fertilization. *Nativa*, v.4, p.368-374.
- Coelho, R.I. Lopes, J.C., Carvalho, A.J.C., Amaral, J.A.T., Matta, F.P. (2007). Estado nutricional e características de crescimento do abacaxizeiro 'Jupi' cultivado em Latossolo Amarelo distrófico em função da adubação com NPK. *Ciências e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1696-1701.
- Crestani, M., Barbieri, R.L., Hawerroth, F.J., de Carvalho, F.I.F. de Oliveira, A.C. (2010). Das Américas para o Mundo-origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. *Ciência Rural*, v.40 p.6.
- Chitarra, M.I.F. Chitarra, A.B. (2005). Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. rev. amp. Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.783.
- Couto, R.F., Durigan, J.F., Santos, L.O., Souza, B.S.D. Menegucci, J.L.P. (2010). Características químicas de abacaxi 'pérola' após tratamento com calor e armazenagem em três temperaturas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, p.047-056.
- Cunha, G.A.P. (2009). Fisiologia da floração do abacaxizeiro. *Tópicos Ciências agrárias*, p.56.
- Cunha, G.A.P. (2019). Abacaxi do plantio à colheita. Exigências climáticas, Ecofisiologia e botânica. Viçosa (MG)1. Ed. Editora UFV. 202p.

- Cunha, G.A.P., Cabral, J.R.S. (1999). Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: Cunha, G.A.P. da, Cabral, J. R. S., SOUZA, I. F. Das. (org.). O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia. 1ª ed. Brasília: Embrapa, 17-51p.
- Cunha, J.M., Freitas, M.S.M., Caetano, L.C.S., Carvalho, A.J.C.D., Peçanha, D. A., Santos, P.C.D. (2019). Qualidade de frutos de abacaxizeiro 'Vitória' sob deficiência de macronutrientes e boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.41, n.5.
- Fernandes, M.S. (2006). Nutrição mineral de plantas. Viçosa- MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 432p.
- Ferreira, M.D., Calbo, A.G. (2008). Avaliação para a incidência de danos mecânicos em frutas e hortaliças. Capítulo 9. In: Ferreira, M.D. (Org.). Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças. 1 ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, v. 1, p. 117-128.
- FAOSTAT. (2019). Food and agriculture organization of the United nations. Statistic division. Disponível em <http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/browse/Q/QC/E>. Acessado em dez. de 2019.
- Fontes, P.S.F. (2011). Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose. Viçosa: Editora UFV, 296p.
- Freitas, M.S.M; Carvalho, A.J.C; Monnerat, P.H. (2012). Diagnose Foliar nas Culturas do Maracujá e do Abacaxi. Nutrição de plantas: Diagnose foliar em frutíferas. *Gráfica Multipress Ltda., Jaboticabal-SP, 579p.*
- Guarçoni, A., Ventura, J.A. (2011). Adubação NPK e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi'gold'(MD-2). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p. 1367-1376.

- Guerra, N.B., David, P.R.D.B.S., Melo, D.D.D., Vasconcelos, A.B.B. Guerra, M.R. M. (2004). Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. *Revista de Nutrição* v.17, n.1, p 45-52.
- IBGE. (2018). Levantamento sistemático da produção agrícola. Instituto Adolfo Lutz, Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 1020 p.
- IBGE (2019). Levantamento Sistemático de Produção Agrícola Produção brasileira de abacaxi em 2017. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/abacaxi/b1_abacaxi.pdf . Acessado em 15 de jan. de 2019.
- Kist, H.G.K., Ramos, J.D., dos Santos, V.A., Rufini, J.C.M. (2011). Fenologia 3 e escalonamento da produção do abacaxizeiro'Smooth Cayenne'no Cerrado de 4 Mato Grosso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.9, p. 992-997.
- Malézieux, D., Bartholomew, P. Plant Nutrition. In: Bartholomew, D.P.; Paul, R.E., Rohrbach, K.G. (eds.) (2003). The Pineapple- Botany, Production and Uses. Honolulu: CABI Publishing, 143-165p.
- Matos, A.P., Junghans, D.T. Spironello, A. (2011). Variedades de abacaxi resistentes à fusariose. In Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso. In: semana internacional da fruticultura e agroindústria, agroflores. Fortaleza. Frutal: anais. Fortaleza: Fruta. CD-ROM, 1-6p.
- Marschner, H. (2012). "Marschner's mineral nutrition of higher plants. 89p.
- Miguel, A.C.A., Spoto, M.H.F., Abrahão, C., Silva, P. P. M. (2007). Aplicação do método QFD na avaliação do perfil do consumidor de abacaxi pérola. *Ciência Agrotécnica, Lavras.*, v. 31, n. 2, p. 563- 569.

- Ogawa, E.M., Costa, H.B., Ventura, J.A., Caetano, L., Pinto, F.E., Oliveira, B.G., Romão, W. (2017). Chemical Profile of Pineapple cv. Vitória in Different Maturation Stages using Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v. 98, n. 3, p. 1105-1116.
- Oliveira, A., Gomes, M., Pereira, M.E.C., Natale, W., Nunes, W.S., Ledo, C.A.D. S. (2015). Quality of pineapple 'BRS Imperial' as a function of NK doses. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.37, n.2, p.497-506.
- Paula, M.B., de Carvalho, V.D., Nogueira, F., Souza, L.D.S. (1991). Efeito da calagem, potássio e nitrogênio na produção e qualidade do fruto do abacaxizeiro. *ALICE*.v. 26, n. 9, p.1337-1343.
- Parent, L.E., Rozane, D.E., de Deus, J.A.L., Natale, W. (2020). Diagnosis of nutrient composition in fruit crops: Major developments. In *Fruit Crops*.145-156p.
- Pegoraro, R.F., Souza, B.A.M.D., Maia, V.M., Silva, D.F.D., Medeiros, A.C., Sampaio, R.A. (2014). Macronutrient uptake, accumulation and export by the irrigated 'vitória' pineapple plant. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, n.3, p. 896-904.
- Ramos, MJM, Monnerat, PH, da R. Pinho, LG, Carvalho, AJC e Silva, JA (2009a). Características morfológicas de frutos de abacaxi imperial sob deficiência de macronutrientes e boro. *Acta Horticulturae*, (822), 147-154p.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C, Pinto J.D.A., Silva, J.D. (2009b). Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro "imperial". *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.31, p. 252-256,
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.D.R., Silva, J.D. (2010a) Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, p.261-271.

- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.G.D.R., Carvalho, A.J.C.D. (2010b). Qualidade sensorial dos frutos do abacaxizeiro 'imperial' cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, n.3, p. 692-699.
- Reinhardt, D.H.R., Souza, L.F.S., Cunha, G.A.P. (2008). A propagação do abacaxizeiro / Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. – 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 59p.
- Reinhardt, D.H.R., Bartholomew, D.P., Souza, F.V.D., Carvalho, A.C.P.P.D., Pádua, T. R. P. D., Junghans, D. T. e Matos, A. P. D. (2018). Advances in pineapple plant propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.40, n.4, p.35.
- Rios, C., Santos, E., Nunes, M.R.M., de Almeida, C.E., da Costa, J.P., de Melo SILVA, S. (2018). Quality of 'Imperial' pineapple infructescence in function of nitrogen and potassium fertilization. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 13, n. 1. p.1-8.
- Rodrigues, A.A., Mendonça, R.M.N., da Silva, A.P., Silva, S. M. (2013). Nutrição mineral e produção de abacaxizeiro 'Pérola', em função das relações K/N na adubação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.35, p.625-633.
- Silva, A.L.P., Silva, A.P., Souza, A.P., Santos, D., Silva S.M., Silva, V.B. (2012). Resposta do abacaxizeiro 'Vitória' a doses de nitrogênio em solos de tabuleiros costeiros da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p. 447-456.
- Silva, E.D., Macêdo, J.D., Cunha, R.D., Tavares, A. (2002). Avaliação do estado nutricional do dendezeiro: análise foliar. *Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental*, 1-10p.
- Souza, L.F. da S., Reinhardt, D.H. (2009). Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil. Embrapa Agroindústria Tropical; Horgen: Instituto Internacional de Potassa.

- Siebeneichler, S.C., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C. de, Silva, J.A. da. (2002). Composição mineral da folha em abacaxizeiro: efeito da parte da folha analisada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.24, p. 194-198.
- Siebeneichler, S.C., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C.D., Silva, J.A.D. (2008). Boro em abacaxizeiro 'Pérola' no norte fluminense: teores, distribuição e características do fruto. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.30, n.3, p. 787-793.
- Spironello, A., Quaggio, J.A., Teixeira, L.A.J., Furlani, P.R., Sigrist, J.M.M. (2004). Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, p.155-159.
- Souza, R.P.D., Pegoraro, R.F., Reis, S.T., Maia, V.M., Sampaio, R.A. (2019). Partition and macronutrients accumulation in pineapple under nitrogen doses and plant density. *Comunicata Scientiae*, v. 10, n.3, p.384-395.
- Souza, L.F.S., Reinhardt, D.H. (2004). A adubação do abacaxizeiro após indução floral. *Cruza das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura*, 3p.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M. Murphy, A. (2017). Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora, 858p.
- Teixeira, L.A.J., Spironello, A., Furlani, P.R., Sigrist, J.M.M. (2002). Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.24, p.219-224.
- Teixeira, L.A.J., Quaggio, J.A., Cantarella, H., Mellis, E.V. (2011). Potassium fertilization for pineapple: effects on plant growth and fruit yield. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, n.2, p. 618-626.
- Thé, P.M.P., Nunes, R.P., Silva, I.M.M., Araújo, B.M. (2010). Características físicas, físico-químicas, químicas e atividade enzimática de abacaxi cv. Smooth Cayenne recém colhido. *Alimentos e Nutricao Brazilian Journal of Food and Nutrition*, v.21, n.2, p.273-282.

- Veloso, C.A.C., Oeiras, A.H.L., Carvalho, E.J.M., Souza, F.R.S. (2001). Resposta do abacaxizeiro à adição de nitrogênio, potássio e calcário em latossolo amarelo do nordeste Paraense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, p.396-402.
- Ventura, J.A., Costa, H., Cabral, J.R.S., Matos, A.P. (2009). Vitória: New Pineapple cultivar resistant to fusariosis. *Acta Horticulturae*, João Pessoa, Brazil, 822,51-56p.
- Vilela, G.B, Pegoraro, F.R, Maia, V.M. (2015). Predição de produção do abacaxizeiro 'Vitória' por meio de características fitotécnicas e nutricionais. *Revista Ciência Agronômica*, v. 46, n. 4, p. 724-732.
- Viana, E.D.S., Reis, R.C., Jesus, J.L.D., Junghans, D.T., Souza, F.V.D. (2013). Caracterização físico-química de novos híbridos de abacaxi resistentes à fusariose. *Ciência Rural*, v.43, n.7, p.1155-1161.

APÊNDICE

ARTIGO 2.

Tabela 1. Resumo da análise de variância (Quadrados médios) das características de massa fresca, área foliar, comprimento, largura e espessura da folha 'D', diâmetro e comprimento do pedúnculo e textura da casca do fruto, em abacaxizeiro 'Vitória', aos nove meses cultivo, nos tratamentos deficientes em macronutrientes e boro, em casa de vegetação, em Campos dos Goytacazes, 2020.

FV	GL	Massa Fresca	Área Foliar	Comprimento da folha D	Largura da folha D
Blocos	5	21,0	395,4	43,7	0,05
Tratam.	7	64,2*	1060,0*	84,1*	0,12*
Erro	35	16,6	567,4	19,0	0,09
Média	-	22,6	149,6	60,4	2,96

FV	GL	Espessura da folha D	Diâmetro do pedúnculo	Comprimento do pedúnculo	Textura da casca do fruto
Blocos	5	0,0000804	0,058	4,298	1,09
Tratamentos	7	0,0010453*	0,135*	29,3*	24,7*
Erro	35	0,0001217	0,022	1,69	1,14
Média	-	0,151	1,951	21,91	11,1

ARTIGO 3.

Tabela 2. Resumo da análise de variância (Quadrados médios) das características de massas frescas do fruto e da coroa, diâmetros do fruto e do cilindro central, comprimentos do fruto e da coroa, acidez titulável, sólidos solúveis, vitamina C, pH do suco e relação sólidos solúveis/acidez titulável, submetidos as doses de 0, 222, 444, 666 e 888 kg de K₂O ha⁻¹ na qualidade dos frutos de abacaxizeiro 'Vitória', cultivados em condições de campo na região Norte do estado do Rio de Janeiro, 2020.

FV	GL	Massa do fruto inteiro	Massa do fruto sem coroa	Massa da coroa	Diâmetro do fruto	Diâmetro do cilindro central	Comprimento do fruto
Blocos	3	1992,5	2325,3	76,5	6,45	2,21	3,8758
Tratamentos	4	770109,3*	774167,9*	171,3 ^{ns}	1441,6*	29,1*	59,5*
Erro	92	2734,8	2764,2	139,4	16,5	2,44	1,64
Média	99	778,034	704,3	74,2	97,3	12,4	12,3

FV	GL	Comprimento da coroa	Acidez Titulável	Brix	Vitamina C	pH do suco	SS/ AT
Blocos	3	2,43	0,0036	0,717	0,617	0,010	3,751
Tratamentos	4	4,52 ^{ns}	1,129*	30,2*	194,8*	0,030 ^{ns}	163,899*
Erro	92	4,89	0,0064	2,43	0,85765	0,013	5,417
Média	99	13,3	0,9609	13,2	7,58	3,41	14,51