

**FUNGOS MICORRÍZICOS, BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS E UREIA  
EM MUDAS MICROPROPAGADAS E EM REBENTOS ORIUNDOS  
DE COROAS DO ABACAXIZEIRO**

**AURILENA DE AVIZ SILVA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
OUTUBRO– 2017**

FUNGOS MICORRÍZICOS, BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS E UREIA  
EM MUDAS MICROPROPAGADAS E EM REBENTOS ORIUNDOS  
DE COROAS DO ABACAXIZEIRO

**AURILENA DE AVIZ SILVA**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutora em Produção Vegetal”

Orientador: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
OUTUBRO– 2017

S586 Silva, Aurilena de Aviz.

Fungos micorrízicos, bactérias diazotróficas e ureia em mudas micropropagadas e em rebentos oriundos de coroas do abacaxizeiro / Aurilena de Aviz Silva – Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

99 f. : il.

Bibliografia: f. 81- 94

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2018.

Orientador: Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

1. *Ananas comosus*. 2. Adubação Nitrogenada. 3. Abacaxi - Cultivo. 4. Micro-organismos. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD – 634.774

FUNGOS MICORRÍZICOS, BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS E UREIA  
EM MUDAS MICROPROPAGADAS E EM REBENTOS ORIUNDOS  
DE COROAS DO ABACAXIZEIRO

**AURILENA DE AVIZ SILVA**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutora em Produção Vegetal”

Aprovada em 25 de outubro de 2017

Comissão Examinadora

---

Prof. Moises Zucoloto (D.Sc., Fruticultura) – UFES

---

Drº Paulo Cesar dos Santos (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Drº Janielio Gonçalves da Rocha (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho (D.Sc., Fruticultura) – UENF  
(Orientador)

**Os céus proclamam a glória de Deus e o firmamento anuncia as obras das suas mãos (Salmos 19:1).**

A Deus;  
Ao meu esposo, Roberto Barbosa;  
A minha mãe, Nelci de Aviz (*In memoriam*).  
(Dedicatória)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, meu amigo, meu refúgio e fortaleza;

Ao meu esposo Roberto Barbosa pelo amor, apoio, companheirismo e compreensão;

Ao meu filho (a), que ainda dentro do meu ventre, foi a minha maior motivação para finalização desta etapa;

Aos demais familiares que torceram e acreditaram no meu potencial;

Ao Pr. Geraldo Dutra, Telma Dutra, Pr. Fernando Dutra e Renata pela amizade, compreensão e apoio espiritual;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, por proporcionar uma excelente qualificação profissional;

A Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela concessão da bolsa de doutorado;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e a FAPERJ pelo financiamento dos projetos;

Ao prof. Dr. Almy Junior pela orientação científica e pelo exemplo de competência e profissionalismo;

Aos professores Dr. Fabio Olivares e Dr. Marco Antônio Martins pela colaboração neste trabalho;

Aos técnicos Sr. Acácio e Detony pela colaboração na realização das análises;

Ao Laboratório de Fitotecnia, Laboratório de Biologia Celular e Tecidual e ao Laboratório de Solos pela disponibilização da estrutura e material para realização dos experimentos;

Aos amigos do Laboratório de Fitotecnia, que foram essenciais durante toda a condução dos experimentos;

A todos que colaboraram, direta e indiretamente na realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos!

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Aspectos gerais do abacaxizeiro e a sua importância econômica .....	4
2.2. Cultivares de abacaxi .....	5
2.3. Propagação do abacaxizeiro .....	7
2.4. Nitrogênio na nutrição do abacaxizeiro .....	9
2.5. Bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos .....	11
3. TRABALHOS .....	15
3.1. PRODUÇÃO DE REBENTOS EM COROAS DE ABACAXI ADUBADAS COM NITROGÊNIO .....	15
3.2. QUALIDADE DE REBENTOS PRECOSES PRODUZIDOS EM COROAS DE ABACAXI ADUBADAS COM NITROGÊNIO.....	37
3.3. RESPOSTA DE MUDAS MICROPROPAGADAS DE ABACAXIZEIRO INOCULADAS COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS E FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES DURANTE A ACLIMATIZAÇÃO.....	53
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	78



5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
APÊNDICE .....	95

## RESUMO

Silva, Aurilena de Aviz, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Outubro de 2017. Fungos micorrízicos, bactérias diazotróficas e ureia em mudas micropropagadas e em rebentos oriundos de coroas do abacaxizeiro. Orientador: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

Foram realizados três experimentos com objetivo de avaliar formas alternativas de propagação de mudas de cultivares do abacaxizeiro. No primeiro trabalho objetivou-se avaliar a adubação nitrogenada na produção de rebentos colhidos em diferentes tamanhos, oriundos de coroas de abacaxi. O delineamento foi o de blocos ao acaso, em fatorial 4x4, com quatro doses de ureia (5, 10, 15 e 20 g de ureia por vaso) e quatro tamanhos mínimos de altura de colheita de rebentos (10, 15, 20 e 25 cm) do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', com quatro repetições. Coroas cultivadas até 380 dias após o plantio produzem 18,11 e 6,83 rebentos com 10 e 25 cm, respectivamente. Verificou-se redução nos teores de K das coroas quando os rebentos foram colhidos com 20 e 25 cm e aumento linear do N com o crescimento na adubação nitrogenada, porém reduzem os teores foliares de P, K, Ca e S das coroas. No segundo trabalho, objetivou-se avaliar as características morfológicas e o estado nutricional de diferentes tamanhos de rebentos precoces produzidos em coroas de abacaxi com adubação nitrogenada ao longo de 380 dias. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x4x3, sendo quatro doses de nitrogênio (5, 10, 15 e 20 g de ureia por vaso), quatro tamanhos mínimos de altura de colheita de

rebentos (10, 15, 20 e 25 cm) do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' em três épocas de avaliação (180, 300 e 380 dias após o plantio das coroas), com quatro repetições. As doses crescentes de ureia aumentam os teores foliares de N em todas as épocas avaliadas e reduzem os teores de P, K, Ca e Cu na matéria seca aérea dos rebentos. Os tamanhos de colheita dos rebentos não influenciam os teores foliares de N, P e Ca aos 180 dias após o plantio das coroas. No terceiro trabalho, objetivou-se verificar o efeito da inoculação de bactérias diazotróficas e de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no crescimento e nutrição de mudas micropropagadas de abacaxizeiro durante a aclimatização. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em um fatorial (4x2x2), com quatro inóculos mistos: FMAs (*Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita*), bactérias diazotróficas (*Burkholderia* sp. UENF 114111 + *Burkholderia silvatlantica* UENF 11711 + *Herbaspirillum seropedicae* HRC 54), inóculo misto das espécies de bactérias diazotróficas + FMAs e o controle; duas cultivares de abacaxizeiro ('BRS Vitória' e 'BRS Imperial'), com duas épocas de avaliação (90 e 150 dias de aclimatização) e quatro repetições. Verificou-se que os tratamentos microbiológicos não promovem o crescimento da parte aérea das mudas. O inóculo de bactérias diazotróficas incrementa a matéria seca radicular, aos 150 dias de aclimatização. Além do inóculo misto de FMAs e o inóculo de bactéria + FMAs aumentar os teores de P das mudas do abacaxizeiro 'Vitória' e 'Imperial', estes acrescentam os teores foliares de Ca, Mg e S das mudas micropropagadas de abacaxizeiro.

## ABSTRACT

Silva, Aurilena de Aviz, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. October, 2017. Mycorrhizal fungi, diazotrophic bacteria and urea in micropropagated pineapple crown seedlings and shoots. Advisor: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

Three experiments were carried out to evaluate alternative forms of pineapple cultivar propagation. In the first, the aim was to evaluate nitrogen fertilization effects on the production of different-sized shoots harvested from pineapple crowns. The experimental design consisted in a randomized 4x4 factorial block design, comprising four urea doses (5, 10, 15 and 20 g urea per pot) and four minimum 'Smooth Cayenne' pineapple shoot heights (10, 15, 20 and 25 cm), with four replicates. Crowns cultivated up to 380 days after planting produced 18.11 and 6.83 shoots, 10 and 25 cm, respectively. A decrease in crown K contents when the shoots were harvested at 20 and 25 cm and a linear N increase with increasing nitrogen fertilization was observed, while crown P, K, Ca and S leaf contents decreased. In the second study, the aim was to evaluate the morphological characteristics and nutritional status of different-sized early shoots produced in pineapple crowns after nitrogen fertilization throughout 380 days. The experimental design was a complete randomized block design in a 4x4x3 factorial scheme, comprising four nitrogen doses (5, 10, 15 and 20 g urea per pot), four minimum 'Smooth Cayenne' pineapple shoot heights (10, 15, 20 and 25 cm) at three evaluation times (180, 300 and 380 days after crown planting), with four

replications. Increasing urea doses increased leaf N contents at all evaluated time points and reduced P, K, Ca and Cu contents in dry shoot matter. Harvest shoot sizes did not influence N, P and Ca leaf contents at 180 days after crown planting. In the third study, the aim was to verify the effect of diazotrophic bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation on the growth and nutrition of micropropagated pineapple seedlings during acclimatization. The experimental design was a complete randomized block in a factorial scheme (4x2x2), with four mixed inoculums: AMF (*Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita*), diazotrophic bacteria (*Burkholderia* sp. UENF 114111 + *Burkholderia silvatlantica* UENF 11711 + *Herbaspirillum seropedicae* HRC 54), mixed inoculum of the diazotrophic bacteria species + AMF and the control; two pineapple cultivars ('BRS Vitória' and 'BRS Imperial'), with two evaluation periods (90 and 150 days of acclimatization) and four replications. The microbiological treatments do not promote the growth of the aerial portion of the seedlings. The diazotrophic bacteria inoculum increases dry root matter at 150 days of acclimatization. In addition to increasing P contents in the 'Vitoria' and 'Imperial' pineapple seedlings, the mixed AMF inoculum and the bacteria + AMF inoculum also increased the Ca, Mg and S contents of the micropropagated pineapple seedlings.

## 1. INTRODUÇÃO

O fruto do abacaxizeiro destaca-se como um dos principais consumidos no Brasil e no mundo, sendo que no ano de 2014, o Brasil foi considerado o segundo maior produtor mundial do fruto (FAO, 2017). No entanto, a cultura apresenta entraves que dificultam o seu cultivo, como as perdas na produção causada principalmente por doenças como a fusariose (Ventura et al., 2009), que tem como agente patogênico o fungo *Fusarium subglutinans*. Outro entrave é a limitada produção de mudas de qualidade, em decorrência da falta de viveiristas, que encontram dificuldades na produção de mudas, principalmente pelo lento crescimento das mudas e do longo período para obtenção destas.

Vários são os métodos de propagação vegetativa do abacaxizeiro, que podem ser por propagação convencional ou por multiplicação acelerada. São exemplos de métodos de multiplicação acelerada de mudas de abacaxizeiro: a micropropagação (Baldotto et al., 2010; Oliveira-Cauduro et al., 2016), o seccionamento do caule (Freitas et al., 2012; Reinhardt e Cunha, 2006) e a destruição do meristema apical, utilizando a coroa do abacaxi (Coelho et al., 2007a, Santos et al., 2011a).

A coroa do fruto pode ser utilizada para a formação de mudas do tipo rebento. A técnica consiste na quebra da dominância apical da coroa, que estimula o crescimento de brotações laterais (Coelho et al., 2007a). Entretanto, o método de multiplicação por destruição do meristema apical é pouco utilizado na prática (Reinhardt e Cunha, 1999).

A micropropagação tem sido utilizada na propagação do abacaxizeiro, sobretudo na multiplicação de novas cultivares, como o abacaxizeiro 'BRS Vitória' (Berilli et al., 2011; Oliveira et al., 2015) e o 'BRS Imperial' (Silva et al., 2007; Cruz et al., 2015), pois este método propagativo pode produzir mudas em larga escala, uniformes e livre de doenças, com alta qualidade (Cid, 2001). Contudo, faz-se necessário que as mudas passem por um longo período de aclimatização após o cultivo *in vitro*, para adaptação destas ao período *ex vitro* (Barboza et al., 2006); o que faz desta fase a mais crítica, onerando a produção de mudas micropropagadas (Steinmacher et al., 2007).

A aclimatização das mudas de abacaxizeiro pode ser melhorada pela inoculação com bactérias diazotróficas (Baldotto et al., 2010; Silva et al., 2016). Estas fixam N<sub>2</sub> atmosférico e colonizam o interior de tecidos vegetais de diferentes órgãos da planta sem causar sintomas de doenças, promovendo efeito benéfico no desenvolvimento da planta inoculada, como o crescimento da raiz e parte aérea (Amorim e Melo, 2002).

Técnicas que possibilitem acelerar o crescimento de plantas têm sido testadas, como o uso de bactérias diazotróficas (Weber et al., 2003; Baldotto et al., 2010), de fungos micorrízicos arbusculares (Stancato et al., 2010; Santos et al., 2011) ou com a inoculação conjunta de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos (Soares et al., 2009; Lima et al., 2011; Vitorazi Filho et al., 2012); também busca-se o aumento de resistências de plantas à estresse bióticos e abióticos por meio dos efeitos de bactérias diazotróficas e FMA's (Soler et al., 2016).

Os efeitos físicos da micorrização por meio da extensão do sistema radicular e dos efeitos fisiológicos de utilização de fósforo pela planta representam um importante mecanismo para a maximização da eficiência da nutrição fosfatada (Andreola et al., 1985). Estes micro-organismos podem melhorar a nutrição e a absorção de água na planta, além de beneficiar o crescimento de mudas e o seu estabelecimento no campo (Smith e Read, 1997; Barbara et al., 2006).

Outra forma de promover o maior crescimento das mudas de abacaxizeiro é suprindo a demanda nutricional, principalmente a do nitrogênio, que é o segundo nutriente acumulado pela planta. Os nutrientes exigidos em maiores quantidades por mudas de abacaxizeiro são o nitrogênio e o potássio (Silva, 2013), que exercem funções primordiais à qualidade da planta durante todo o seu

cultivo. Na deficiência de nitrogênio, o abacaxizeiro tem o seu crescimento limitado (Ramos et al., 2011). No entanto, a adubação nitrogenada pode promover o crescimento de rebentos obtidos pelo método de seccionamento do caule de abacaxizeiro (Coelho et al., 2007b) e o crescimento de mudas micropropagadas desta mesma espécie, diminuindo o enviveiramento das mudas (Silva et al., 2016).

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar os efeitos da adubação nitrogenada, da inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) na produção de mudas de abacaxizeiro. Os objetivos específicos foram: (i) Avaliar coroas de abacaxi adubadas com nitrogênio na produção de mudas do tipo rebento em diferentes estádios de crescimento; (ii) Avaliar a qualidade morfológica e nutricional de rebentos oriundos de coroas de abacaxi submetidas à adubação nitrogenada; (iii) Avaliar o efeito da inoculação com bactérias diazotróficas e FMAs sobre o crescimento e estado nutricional de mudas micropropagadas de abacaxizeiro durante o período de aclimatização.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos gerais do abacaxizeiro e a sua importância econômica

O abacaxizeiro é valorizado pela produção de seu fruto denominado abacaxi, que é consumido *in natura*, mas pode ser utilizado na indústria de bebidas (Carvalho e Cunha, 1999; Moreira et al., 2006); também do fruto, são produzidos doces cristalizados, geleias, sorvetes, cremes, gelatinas, dentre outros produtos (Gonçalves e Carvalho, 2000).

A planta do abacaxizeiro é herbácea, perene, pertencente à família Bromeliaceae do gênero *Ananas*, com espécies cultivadas e espécies silvestres (Collins, 1960; Cunha e Cabral, 1999). Ao redor do caule, as folhas desenvolvem-se, sendo compridas e estreitas, quase sempre com espinhos nas bordas. A inflorescência e o fruto são sustentados pelo pedúnculo. A planta pode atingir 1,0 a 1,20m de altura, com diâmetro de 1,5m (Nascente et al., 2005). O abacaxi é formado a partir da gema terminal da planta (Hepton, 2003) e apresenta características aceitáveis de sabor, aroma e cor, e pode atingir, aproximadamente, 15 cm de comprimento, apresentando quando maduro polpa abundante e sucosa (Cunha e Cabral, 1999).

Acredita-se que o abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) seja originário da América tropical e subtropical, possivelmente do Brasil (Medina et al., 1978). Conforme Py et al. (1984), a planta é originária da região compreendida

entre 15°N e 30°S de latitude e 60°W de longitude, que inclui as zonas central e sul do Brasil, o nordeste do Paraguai e da Argentina.

Por ser originário de regiões de clima quente, o abacaxizeiro tem o seu crescimento e desenvolvimento normal e produção de fruto de melhor qualidade, influenciado pela temperatura. A faixa de temperatura adequada encontra-se entre 22 a 32°C, com variação térmica diária, entre dia e noite, de 8 a 14°C. Quando cultivado em temperaturas abaixo de 20°C e acima de 32°C, o crescimento é reduzido (Reinhardt et al., 2000).

O ciclo do abacaxizeiro divide-se em três fases: a fase vegetativa, que vai do plantio à indução floral ou floração natural, e pode variar entre cinco a doze meses; a fase reprodutiva, onde ocorre a formação do fruto, variando de cinco a seis meses e a fase propagativa, que é a fase da produção de mudas, que pode durar de dois a dez meses, dependendo do tipo de muda produzido (Silva et al., 2004).

No ano de 2014, o Brasil foi considerado o segundo produtor mundial de abacaxi, com 10% da produção (FAO, 2017). Por possuir plantio em quase todas as regiões do Brasil, no ano de 2015, o País possuía uma área plantada de 69.565 ha e produziu 1.801.415 toneladas de frutos, em uma área colhida de 69.165 ha, distribuídas nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste (IBGE, 2017).

Ainda em 2015, a região sudeste teve uma área plantada de 18.294 ha e 494.353 toneladas de frutos. O estado do Rio de Janeiro teve uma área plantada de 3.614 ha, com produção estimada de 93.240 toneladas, sendo o sexto produtor nacional, perdendo apenas para os estados do Pará, Paraíba, Minas Gerais, Bahia e São Paulo. No estado do Rio de Janeiro, a região Norte Fluminense se destacou com 3.602 ha, que corresponde a 99% de toda a área plantada neste estado, com a produção de 92.914 toneladas. Aproximadamente 81% desta produção foi proveniente do município de São Francisco de Itabapoana e Campos dos Goytacazes teve participação de 4,5% na produção do Norte Fluminense (IBGE, 2017).

## **2.2. Cultivares de abacaxi**

As cultivares de abacaxizeiro dos grupos Cayenne, Spanish, Queen, Pernambuco e Perolera correspondem às mais plantadas no mundo e dispõem de características comuns, como os números de filhotes e rebentões, comprimento das folhas, presença de espinhos, comprimento do pedúnculo, peso médio do fruto, forma e tamanho dos frutinhos, coloração da polpa, teor de açúcar e acidez (Py et al., 1984).

O abacaxizeiro Smooth Cayenne também conhecido como abacaxi havaiano é uma planta robusta com porte semiereto e folhas praticamente sem espinhos e apresenta suscetibilidade à fusariose (*Fusarium subglutinans*) e à murcha causada por cochonilhas (Cunha e Cabral, 1999). O fruto desta cultivar apresenta o formato cilíndrico, com peso entre 1,5 e 2,5 kg, com coroa relativamente pequena, casca de cor amarelo-alaranjada e polpa amarela, firme, rica em açúcares e acidez elevada, sendo o mais utilizado para a industrialização (EMBRAPA, 2005; Cunha e Cabral, 1999).

O abacaxizeiro Pérola, também conhecido como Pernambuco, apresenta plantas com as seguintes características: eretas, folhas longas com espinhos nas bordas e próximo ao pedúnculo, pedúnculos longos, numerosos filhotes e poucos rebentões, com mudas do tipo filhotes variando de 10 a 15. O fruto tem forma cônica com casca amarela e coroa grande; o peso varia de 1 a 1,5 kg com a polpa branca e alto teor de açúcar e pouca acidez. Esta cultivar apresenta-se suscetível à fusariose e à cochonilha (EMBRAPA, 2005; Cunha e Cabral, 1999).

Planta originada do cruzamento entre a cultivar Primavera e a cultivar Smooth Cayenne, o abacaxizeiro BRS Vitória apresenta, como características, a ausência de espinhos nas folhas e fruto com polpa branca, boa suculência, pequeno eixo central, elevado teor de açúcares (média de 15,8° Brix). O fruto pode ser destinado ao mercado de consumo '*in natura*' e para a agroindústria, por apresentar características sensoriais e físico-químicas adequadas para estes fins. Uma das principais vantagens do cultivo da 'BRS Vitória' é a indicação que a mesma é resistente à fusariose (Ventura et al., 2006; Ventura et al., 2009).

O abacaxizeiro 'BRS Imperial' é um híbrido resultante do cruzamento das cultivares 'Perolera' e 'Smooth Cayenne', e é uma cultivar resistente à fusariose, fator limitante à produção de abacaxi (Cabral e Matos, 2005). A planta apresenta as seguintes características: não desenvolve espinhos nas folhas, as quais apresentam coloração verde escuro arroxeado; pedúnculo curto; fruto cilíndrico

com casca de cor amarela na maturação, pesando em torno de 1,6 kg (Matos et al., 2016). O fruto apresenta características sensoriais e físico-químicas apropriadas para o consumo '*in natura*' e para a industrialização, com a polpa amarela, elevado teor de açúcar, acidez moderada e excelente sabor (Cabral e Matos, 2005).

### **2.3. Propagação do abacaxizeiro**

O aumento de áreas cultivadas com o abacaxizeiro no Brasil tem sido relativamente pequeno ao longo dos últimos anos (IBGE, 2017). Isso pode ser atribuído a escassez de mudas de boa qualidade (vigor e sanidade), que são fatores que afetam o desenvolvimento inicial das plantas de abacaxizeiro, possibilitando a ocorrência de pragas e doenças que dificultam o cultivo (Cunha e Reinhardt, 2004).

As formas de propagação assexuadas mais utilizadas em plantios de abacaxizeiro são obtidas a partir de diferentes partes da planta, principalmente, por meio de brotações que se desenvolvem a partir de gemas axilares originadas da planta mãe, localizadas no caule (rebentões), pedúnculo (filhotes) e região de inserção do pedúnculo no caule (filhote-rebentão) (Cunha e Cabral, 1999; Hepton, 2003). A coroa, também pode formar uma planta, porém, este tipo de muda é pouco utilizado, pois a mesma é levada junto ao fruto no momento da venda (Faria, 2008). Já a propagação por via semente é utilizada apenas em trabalhos de melhoramento genético (Cunha e Cabral, 1999).

Com uso de mudas convencionais de baixa qualidade, muitos problemas são acarretados nas lavouras do Brasil, tornando este tipo de propagação um fator limitante na expansão da cultura, principalmente pela ausência de viveiristas; já que mudas originadas de material propagativo de lavouras velhas, têm baixo custo e ao serem utilizadas em plantios comerciais de abacaxi, causam problemas, sobretudo, em áreas novas, devido a pragas e doenças de plantas matrizes infectadas (Cunha e Reinhardt, 2004; Sanches, 2005).

Outro entrave é a baixa eficiência dos métodos de propagação utilizados e o longo período de tempo de produção das mudas correspondente ao ciclo natural da cultura. Assim, buscam-se melhorias no processo de multiplicação, para maior eficiência e rapidez na produção de mudas (Coelho et al., 2007b).

Trabalhos de pesquisa têm sido realizados, no intuito de desenvolver técnicas para o aprimoramento de outros métodos de propagação do abacaxizeiro. Pode-se destacar dentre estes métodos: a propagação por seccionamento do caule (Freitas et al., 2012), a micropropagação (Berilli et al., 2011; Silva et al., 2016) e a destruição do meristema apical (Coelho et al., 2007a).

A multiplicação por destruição do meristema apical da planta é um método utilizado para a produção de mudas, que pode ser realizado a partir do uso da coroa do abacaxi (Coelho et al., 2007a). Este método possui a vantagem de evitar o descarte desse material, que pode ser aproveitado para produção de mudas. O aproveitamento pode ser feito, principalmente, utilizando coroas de cultivares como a 'Smooth Cayenne', que têm o fruto destinado à indústria, com uma quantidade elevada de coroas descartadas, por ser um material excedente que, geralmente, não apresenta utilidade econômica.

Conforme Coelho et al. (2007a), uma única coroa possui até 40 folhas e pode desenvolver dezenas de gemas, as quais poderão gerar vários brotos. Estes mesmos autores demonstraram que a coroa tem potencial para produção de mudas de abacaxizeiro, que foi confirmado com emissão dos brotos quando as coroas foram tratadas com ácido giberélico ( $GA_3$ ) e benzilaminopurina (BAP), apresentando resultados promissores.

Santos et al. (2011a) avaliaram a produção de mudas do tipo rebentão, pelo método de destruição do meristema apical da coroa das cultivares 'Smooth Cayenne', 'Pérola' e 'Jupi', inoculadas com fungos micorrízicos. Estes autores verificaram que independente da inoculação, as coroas da 'Smooth Cayenne' foram mais eficientes na produção de mudas, com média de 26 rebentos de 10 cm, em 420 dias após o plantio das coroas.

Em relação à cultura de tecido, esta técnica tem se tornado uma excelente aliada na busca por novas ferramentas para a produção massal de plantas que sejam saudáveis, vigorosas e geneticamente superiores, pois este método tem oferecido a oportunidade de produção em escala comercial de plantas de diferentes espécies (Alves et al., 2008).

No caso do abacaxizeiro, a técnica da micropropagação está sendo utilizada comercialmente visando, principalmente, à multiplicação de novas cultivares e o aumento na quantidade e qualidade das mudas (Macêdo et al., 2003; Silva et al., 2007). De acordo com Zepeda e Sagawa (1981) uma gema

axilar pode produzir ao final de um ano, aproximadamente 5.000 mudas de abacaxizeiro por meio da propagação *in vitro*.

O abacaxizeiro é uma das espécies que mais demora em ser micropropagada, levando de 9 a 18 meses para a produção da muda e segue o seguinte cronograma de produção: estabelecimento do estoque de mudas a partir das gemas axilares, multiplicação das gemas, alongamento e enraizamento e aclimatização/aclimatação (Teixeira et al., 2001).

Embora a micropropagação ofereça diversas vantagens, o emprego comercial ainda é reduzido, pois o custo final para a produção da muda é oneroso, uma vez que demanda mão de obra qualificada, além de problemas relacionados à mortalidade de plantas no período de aclimatização (Kitto, 1997). A passagem das mudas micropropagadas pela etapa de aclimatização é primordial, pois é necessário que as mudas se adaptem ao cultivo *ex vitro*, que é totalmente diferente do ambiente *in vitro* no qual foram cultivadas.

Estudos têm sido realizados a fim de melhorar o período de aclimatização em diferentes espécies vegetais, dentre estas, o abacaxizeiro, sendo incluídas técnicas com uso de diferentes substratos em abacaxizeiro e videira (Moreira et al., 2006; Schuck et al., 2012), diferentes condições de luminosidade em bananeira (Pereira et al., 2005); suplementação nutricional de plantas de Ipê-roxo (Martins et al., 2011); reguladores de crescimento em abacaxizeiro (Catunda et al., 2008), tipos de coberturas em ambiente protegido em mudas de cana-de-açúcar (Guiselini et al., 2013); inoculação com bactérias diazotróficas em abacaxizeiro (Weber et al., 2003; Silva et al., 2016); micorriza arbuscular em abacaxizeiro e bananeira (Matos et al., 2002; Soares et al., 2009). Todas essas técnicas buscam estimular o crescimento vegetativo e a melhor adaptação das plantas à aclimatização.

#### **2.4. Nitrogênio na nutrição do abacaxizeiro**

De acordo com Souza e Reinhardt (2009), os quais reuniram dados de diversos autores sobre a extração de macronutrientes do solo pela cultura, é possível verificar a seguinte ordem de extração: K>N>Ca>Mg>S>P. Já Silva (2013) verificou que mudas micropropagadas de abacaxizeiro, no período de aclimatização, obtiveram a seguinte ordem de extração dos nutrientes:

K>N>Ca>Mg>S>P>Fe>Mn>B>Zn>Cu>Mo>Ni. Conforme o observado nestas pesquisas, o K e o N são os nutrientes exigidos em maiores quantidades.

Até aproximadamente os quatros meses de plantio, o abacaxizeiro demanda uma pequena quantidade de N e K, porém, após este período com o crescimento da planta, a demanda por estes nutrientes aumenta e permanece até a fase da indução floral (Malézieux; Bartholomew, 2003).

Nas plantas, o nitrogênio faz parte da constituição de muitos compostos, como aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, enzimas, ácidos nucleicos e vitaminas, que são essenciais aos processos de crescimento do vegetal (Malavolta, 2006; Ramos et al., 2011).

O nitrogênio é o principal elemento que influencia no aumento da produtividade do abacaxizeiro e a sua deficiência diminui o crescimento e o desenvolvimento de folhas, caules e raízes, alterando a produção (Teixeira et al., 2002; Silva et al., 2009).

Na deficiência de N, as mudas de abacaxizeiro podem apresentar desde os 26 dias após a redução da quantidade de nitrogênio, folhas com coloração verde-amarelada, principalmente nas mais velhas. Já aos cinco meses, com a suspensão total de N, as plantas apresentam pequena concentração do nutriente, que limita o crescimento da planta. No nono mês após plantio, os ápices das folhas podem estar totalmente necrosados, como verificado por Ramos et al. (2011) em abacaxizeiro 'Imperial'.

Silva (2013) estudando o crescimento e a nutrição de mudas micropropagadas de abacaxizeiro 'BRS Vitória', inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com ureia (0, 2, 5, 7, 10 g L<sup>-1</sup>) durante o período de aclimatização; constatou que a adubação nitrogenada influencia positivamente sobre a altura, o número de folhas, a área foliar e a massa seca da parte aérea das mudas, a partir dos 60 dias com o aumento das concentrações de N, principalmente nas concentrações de 7 a 9 g L<sup>-1</sup> de ureia.

Faria (2008), estudando o abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' em função da adubação nitrogenada, observou influência positiva da adubação no aumento de número de mudas do tipo filhote e rebentão emitidas por cada planta-mãe.

Coelho et al. (2007b) estudaram o sistema de multiplicação rápida pelo seccionamento do caule de abacaxizeiro. Neste estudo foi verificado que a adubação nitrogenada aumenta a altura dos brotos, o número de folhas, a área

foliar, as massas fresca e seca em mudas de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', principalmente, quando adubadas com  $10 \text{ g L}^{-1}$  de ureia.

A adubação potássica juntamente com adubação nitrogenada pode promover o crescimento da parte aérea de mudas micropropagadas de abacaxizeiro 'Gold' dependendo do recipiente de plantio (Brejense et al., 2008). Já em mudas de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' obtidas por seccionamento do caule, o crescimento da planta não é influenciado pelo potássio, mas somente pela adubação nitrogenada (Coelho et al., 2007a).

Oliveira et al. (2015) em estudos com a adubação de N ( $0$  a  $550 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e K ( $0$  a  $600 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em abacaxizeiro 'BRS Imperial' obtido por seccionamento do caule, constataram que a adubação nitrogenada influenciou na emissão das folhas, com o máximo de folhas emitidas na dose de  $405 \text{ kg ha}^{-1}$ , no período de entre 4 a 10 meses após o plantio das mudas. Já a adubação potássica influenciou sobre esta variável somente quando as plantas estavam mais velhas, em condições de campo.

Nota-se que a nutrição nitrogenada promove aumento no crescimento vegetativo das mudas sejam estas obtidas por propagação convencional ou por propagação rápida, porém, depende do método, do tipo de muda, da cultivar, das condições de plantio, os quais modificam a resposta da planta. O aprimoramento dos métodos, por meio do uso correto de adubos e do fornecimento da quantidade adequada de nutrientes, principalmente com a adubação nitrogenada, de maneira que possa suprir a necessidade da planta, pode melhorar a qualidade das mudas de abacaxizeiro.

## **2.5. Bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos**

As bactérias diazotróficas estão incluídas em um grupo de bactérias conhecidas como fixadoras de nitrogênio, que são capazes de reduzir a molécula do nitrogênio atmosférico ( $\text{N}_2$ ) em amônia ( $\text{NH}_3$ ) (Döbereiner, 1997). Estas não apenas fixam o  $\text{N}_2$ , mas seus efeitos ao crescimento da planta surgem de um conjunto de diferentes mecanismos, incluindo: a solubilização de fosfatos; produção ou alteração da concentração de ácido indol acético, ácido giberélico, citocininas; inibição da síntese de etileno; redução a estresses; produção de sideróforos; antibiose e antagonismo a patógenos (Döbereiner et al., 1993).



Dentre as bactérias diazotróficas, as do gênero *Azospirillum* spp., são as que mais se destacam na pesquisa, com ênfase na espécie *Azospirillum brasilense*, devido à sua ocorrência mundial e à sua associação em plantas de muitas famílias botânicas. São rizobactérias livres capazes de promover crescimento de plantas e a produtividade de muitas culturas de importância econômica. Estas bactérias têm sido estudadas ao longo de pelo menos 20 anos, os quais comprovam que *Azospirillum* aumentam a produtividade nos mais variados tipos de solo e clima. (Okon e Labandera-Gonzalez, 1994; Dobbelaere et al., 2003).

Com a utilização de bactérias diazotróficas é possível reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados, os quais são muito utilizados no Brasil, podendo causar danos ao meio ambiente e a até ao homem. Como isto, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) realizada pelas bactérias diazotróficas, pode gerar ganhos ao produtor, que pode diminuir os custos de produção com os adubos nitrogenados. (Pedrinho, 2009). Tais microrganismos associam-se com leguminosas, gramíneas como a cana-de-açúcar (Oliveira et al., 2002) e várias outras plantas lenhosas, como espécies frutíferas-bananeira (Weber e Freire, 2003) e o abacaxizeiro (Weber et al., 1999; Silva et al., 2016) e têm produzido efeitos benéficos no crescimento de mudas em condições de viveiro (Weber et al., 2000; Silva et al., 2016).

Em estudos realizados por Weber et al. (2000), no qual objetivou-se a seleção de estirpes de bactérias diazotróficas do tipo *Herbaspirillum* e *Burkholderia cepacia* associadas com bananeiras, e a influência destas no crescimento de mudas micropropagadas da espécie vegetal em condições de casa de vegetação; os autores constataram que o tratamento que continha a mistura de bactérias do tipo *Herbaspirillum* e *Burkholderia cepacia* promoveu maior crescimento de mudas da cultivar Caipira, aos 60 dias após o transplante das mudas.

Em mudas micropropagadas de abacaxizeiro 'BRS Vitória' a inoculação com bactérias diazotróficas promoveu o crescimento das mudas no período de aclimatização, contribuído com incrementos na matéria seca da parte aérea e do sistema radicular (Silva et al., 2016), e ainda, aumentou os conteúdos de nutrientes como N, K e S (Silva, 2013).

As plantas também podem estabelecer relações compatíveis com alguns grupos de fungos do solo. Este fenômeno, conhecido como micorrizas, é caracterizado pela associação mutualista entre os fungos e as raízes da planta (Siqueira, 1986), onde as plantas, via fotossíntese, fornecem energia e carbono para as atividades do fungo desde a sobrevivência até a multiplicação dos mesmos; estes por sua vez, absorvem e transferem para as raízes das plantas, nutrientes minerais e água do solo (Smith, 1993).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) podem ser encontrados em plantas herbáceas, arbustivas ou arbóreas, que ocupam os mais diversos ecossistemas, como florestas, dunas, campos e agrossistemas (Stürmer e Siqueira, 2006). As espécies de importância agrônômica, quase em sua totalidade, formam associações simbióticas com FMAs. Estas associações têm resultado no aumento da absorção de nutrientes, principalmente os menos móveis, conseqüentemente, aumentando o crescimento de plantas tornando-as mais nutridas e vigorosas (Mosse, 1981). Além dos FMAs favorecerem a nutrição fosfatada de plantas, estes micro-organismos podem estruturar comunidades de vegetais, fornecer resistência da planta a patógeno e tolerância a estresses hídricos (Berbara et al., 2006).

A eficiência micorrízica corresponde na habilidade do fungo em aumentar a fotossíntese e o crescimento do hospedeiro, através de um melhor fornecimento de nutrientes, principalmente fósforo (P). Estudos com esta associação demonstram que o C alocado para o microssimbionte, constitui de 5 a 20% do fotossintato do hospedeiro. Este efeito benéfico é devido à expansão da hifa radicular além da zona de absorção das raízes (Jakobsen e Rosendahl, 1990).

Faria et al. (2008) avaliaram os teores nutricionais e a porcentagem de colonização micorrízica em abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' em mudas do tipo coroa, filhote e rebentão, adubadas com nitrogênio (4 e 15 g planta<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>); os autores verificaram que a elevação nas doses de nitrogênio proporcionou decréscimo na colonização micorrízica. Neste mesmo estudo, observou-se que a maior porcentagem de colonização micorrízica foi encontrada em mudas do tipo filhote e a menor em coroas.

Santos et al. (2011), objetivando avaliar a ação de FMAs (*Glomus etunicatum* e uma mistura dos fungos *Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita*) no crescimento de rebentos originados de coroas de abacaxi por meio da técnica

de eliminação do meristema apical, também inoculadas com estes FMAs; concluíram que a inoculação com FMA sem mudas da cv. Smooth Cayenne proporcionou incremento de P.

A eficiência da inoculação de bactérias diazotróficas associadas à inoculação com fungos micorrízicos em mudas de diferentes espécies tem sido comprovada, proporcionando às plantas diversos benefícios, com melhorias na nutrição e promoção de crescimento das mesmas (Borges et al., 2003).

Estudos que investigam a importância da interação entre bactéria que promove o crescimento do vegetal e FMAs têm sido relatados na literatura, tais como: Bolota et al. (1997) em mudas micropropagadas de mandioca; Tellechea (2007) em mudas de cana-de-açúcar; Vitorazi Filho et al. (2012) em mudas de maracujazeiro doce e Lima et al. (2012) em mudas de mamoeiro. Todos estes estudos visam à obtenção do conhecimento dos efeitos da inoculação conjunta destes micro-organismos no crescimento das mudas destas espécies, a fim de entender como ocorre o crescimento do vegetal nestas condições, contribuindo para melhoria do processo produtivo de mudas.

Graça et al. (1991), trabalhando com a inoculação conjunta de bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> e FMAs, observaram que as *Azospirillum brasiliense* e *Glomus etunicatum* em maracujazeiro amarelo promoveram maiores efeitos na altura e biomassa seca das raízes em solo. Estes autores observaram que a colonização por *Scutellospora heterogam* na planta ocorreu somente na presença de *A. brasiliense*. Assim, demonstrou-se que existe uma dependência entre algumas espécies de FMAs e bactérias diazotróficas, e que partir da interação entre estes microrganismos, pode haver melhorias no sistema produtivo das plantas.

### 3. TRABALHOS

#### 3.1. PRODUÇÃO DE REBENTOS EM COROAS DE ABACAXI ADUBADAS COM NITROGÊNIO

**Resumo:** O entendimento da técnica de eliminação da dominância apical e do uso de doses apropriadas de nitrogênio é essencial para a produção de mudas de abacaxizeiro em viveiros. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da produção de rebentos precoces colhidos em diferentes tamanhos e da adubação nitrogenada sobre as variáveis morfológicas e nutricionais da coroa de abacaxi utilizada como matriz. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, em fatorial 4x4, com quatro doses de ureia (5, 10, 15 e 20 g vaso<sup>-1</sup>) e quatro tamanhos mínimos de altura de colheita de rebentos (10, 15, 20 e 25 cm) do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', com quatro repetições. Aos 380 dias foram avaliadas as seguintes características das coroas: número total de brotos emitidos, número de folhas, matéria seca da parte aérea, da raiz e do caule e os teores foliares de macronutrientes e micronutrientes. O número total de rebentos produzidos foi registrado aos 180, 240, 300 e 380 dias após o plantio das coroas. Conclui-se que as coroas produzem 18,11 e 6,83 rebentos com 10 e 25 cm de comprimento, respectivamente, até aos 380 dias. Os diferentes tamanhos de colheita dos rebentos influenciam sobre a matéria seca da raiz e do caule das coroas. A colheita de rebentos nos tamanhos 20 e 25 cm de altura promove a maior redução dos teores de potássio das coroas. A adubação nitrogenada aumenta os

teores de nitrogênio e influencia negativamente os teores foliares de fósforo, potássio, cálcio e enxofre das coroas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'.

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*, adubação nitrogenada, abacaxizeiro, propagação vegetativa.

## SHOOT PRODUCTION IN NITROGEN-FERTILIZED PINEAPPLE CROWNS

**Abstract:** Understanding the apical dominance elimination technique and the use of appropriate nitrogen doses is essential for the production of pineapple seedlings in nurseries. The aim of this study was to evaluate the effects of the production of early shoots harvested at different sizes and of nitrogen fertilization on the morphological and nutritional variables of the pineapple crown used as matrix. A 4x4 factorial design was applied, comprising four urea doses (5, 10, 15 and 20 g pot<sup>-1</sup>) and four minimum 'Smooth Cayenne' pineapple shoot heights (10, 15, 20 and 25 cm), with four replicates. At 380 days, the following crown characteristics were evaluated: total number of shoots, number of leaves, dry shoot, root and stem matter and macronutrients and micronutrients leaf content. The total number of shoots was recorded at 180, 240, 300 and 380 days after crown planting. The crowns produce 18.11 and 6.83 shoots at 10 and 25 cm in length, respectively, up to 380 days. The different shoot sizes affect the crown dry root and stem matter. Harvesting shoots at 20 and 25 cm in height stimulates the greatest decrease in crown potassium contents. Nitrogen fertilization increases nitrogen content and negatively influences phosphorus, potassium, calcium and sulfur contents in 'Smooth Cayenne' pineapple crowns.

**Keywords:** *Ananas comosus*, nitrogen fertilization, pineapple, vegetative propagation.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o segundo maior produtor mundial de abacaxi, sendo que no ano de 2014, os maiores produtores em ordem de importância foram: Costa Rica, Brasil, Filipinas, Tailândia e Indonésia; que juntos representaram cerca de 46% da produção global. Neste mesmo ano, a produção brasileira foi de aproximadamente 2,4 milhões de toneladas de abacaxis (FAOSTAT, 2017) com uma área plantada de 66.723 ha (IBGE, 2017). A quantidade de mudas de abacaxizeiro necessária para o plantio desta área foi de aproximadamente 3,4 bilhões de mudas (IBGE, 2017), uma vez que, no Brasil são utilizadas cerca de 25 a 51 mil mudas por hectare no plantio (Reinhardt e Cunha, 2000; Gomes et al., 2003).

A produção de mudas de abacaxi de qualidade em quantidade o suficiente para suprir esta demanda, há tempos se constitui um entrave para o crescimento e expansão da cultura (Teixeira et al., 2001; Cunha e Reinhardt, 2004), principalmente pela baixa produção de mudas e o longo período para a obtenção destas pelo método convencional de propagação (Reinhardt e Cunha, 1999).

Com estas dificuldades, o desafio é aumentar a produção de mudas com características superiores, para suprir a escassez do material propagativo. Neste intuito, vários estudos têm sido realizados para o aprimoramento dos métodos de multiplicação acelerada de abacaxizeiro, para a produção de mudas com vigor e sanidade superior, tais como: a micropropagação (Oliveira et al., 2015), o seccionamento do caule (Coelho et al., 2009; Freitas et al., 2014) e a quebra da dominância apical da coroa (Coelho et al., 2007a; Santos et al., 2014).

Como observado por Coelho et al. (2007a) e Santos et al. (2014) a coroa do abacaxi pode ser utilizada como fonte de material propagativo em viveiros para a produção de mudas, por meio da quebra da dominância apical da coroa, que resulta na estimulação do crescimento de gemas laterais, as quais proporcionam a produção de mudas do tipo rebento. O manejo dos rebentos crescidos em coroas e o fornecimento de uma adubação equilibrada podem acelerar o crescimento dos brotos.

A adubação nitrogenada é um dos fatores responsáveis pela qualidade das mudas e pelo maior crescimento vegetativo destas, pois o nitrogênio é o

nutriente que apresenta efeito sobre o desenvolvimento das plantas de abacaxizeiro, tais como na produção e crescimento das mudas, no desenvolvimento do fruto e produtividade (Coelho et al., 2007b; Bregonci et al., 2008; Ribeiro et al., 2011; Freitas et al., 2012; Caetano et al., 2013), com exceção do exceção do potássio, o nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo abacaxizeiro (Malézieux e Bartholomew, 2003).

A eficiência das técnicas de multiplicação rápida pode ser maior com o conhecimento da absorção de nutrientes e os requerimentos nutricionais desta espécie, visando promover futuros programas de produção de mudas em viveiros que possam auxiliar o produtor nas tomadas de decisões para o aumento da produção de mudas. No entanto, ainda são escassos os estudos relacionados com a adubação durante a fase de viveiro.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da produção de rebentos precoces colhidos em diferentes tamanhos e da adubação nitrogenada sobre as variáveis morfológicas e nutricionais da coroa de abacaxi utilizada como matriz.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Campos dos Goytacazes – RJ, em bancadas a pleno sol, localizadas no *campus* da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Latitude = 21°19', Longitude = 41°10' e Altitude = 14 m).

O delineamento foi em blocos ao acaso, em fatorial 4x4, com quatro doses de ureia (5, 10, 15 e 20 g vaso<sup>-1</sup>) e quatro tamanhos mínimos de altura de colheita de rebentos (10, 15, 20 e 25 cm) do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por dois vasos, contendo duas coroas por vaso com capacidade de 10 L.

As coroas utilizadas foram provenientes de frutos colhidos em uma lavoura comercial do município de São Francisco de Itabapoana, no Estado do Rio de Janeiro. Após a retirada das coroas dos frutos, os meristemas apicais das

coroas foram eliminados, com auxílio de um alicate de ponta fina e uma chave de fenda, conforme a metodologia adotada por Coelho et al. (2007a).

Após a quebra da dominância apical, as coroas foram plantadas em vasos contendo o seguinte substrato: uma mistura de areia lavada + substrato Basaplant® hortaliça, nas proporções de 1:1 (v/v), respectivamente. Após a preparação do substrato, uma amostra foi retirada e destinada para a análise química, e apresentou as características da na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas da amostra do substrato utilizado no plantio das coroas de abacaxi

pH	K	Ca	Mg	Al	SB	V	P	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
4,5	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					(%)	mg dm <sup>-3</sup>						
	3,2	26,5	12,9	3,1	44,2	47	100	168	74,07	0,57	8,06	35,23	1,46
Matéria orgânica = 40,69 g dm <sup>-3</sup>													

A adubação nitrogenada das coroas de abacaxi foi realizada a cada 60 dias, utilizando ureia aplicada na forma sólida em cobertura, sendo iniciada a partir dos 40 dias após o plantio das coroas e realizada até os 220 dias após o plantio.

Quantificou-se até aos 300 dias após o plantio das coroas, o número de dias necessário para o rebento atingir a altura estipulada (tamanho), obtido pela contagem do número de dias desde a emissão do broto até a sua colheita, conforme os tratamentos. Registrou-se o número total de rebentos produzidos, por coroa, aos 180, 240, 300 e 380 dias após o plantio das coroas.

Aos 380 dias foram avaliadas as seguintes características das coroas: número total de brotos emitidos (pela contagem dos rebentos que não atingiram a altura estipulada para a colheita), número de folhas, matéria seca da parte aérea, e matéria seca da raiz e do caule (determinadas em balança analítica de precisão, após secagem das folhas e dos caules em estufa de circulação forçada de ar a 70°C por 72 horas e 96 horas, respectivamente) e os teores foliares de macronutrientes e micronutrientes.

Para a análise nutricional, as folhas das coroas foram secas em estufa de circulação forçada a 70°C por 72 horas. Em seguida estas foram moídas em



moinho do tipo Wiley com peneira de 20 mesh e armazenadas em frascos hermeticamente fechados para posterior determinação do teor nutricional.

As amostras foliares moídas de cada tratamento foram submetidas às análises químicas para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), níquel (Ni) e molibdênio (Mo), no setor de Nutrição Mineral de Plantas do Laboratório de Fitotecnia da UENF. Para determinação dos teores de N, o material vegetal foi submetido à digestão sulfúrica e o nutriente foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965). Outra amostra do material vegetal foi pesada e os teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Zn, Cu, Ni e Mo foram determinados usando o equipamento plasma (ICPE-9000) da marca Shimadzu®, após digestão com  $\text{HNO}_3$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$ , em sistema de digestão aberta conforme Peters (2005).

Os dados foram submetidos à análise de variância. Foi utilizada a análise de regressão polinomial para os fatores quantitativos, incluindo o teste F da análise de regressão. Para os fatores qualitativos foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que independente do tamanho de colheita, a produção do rebento aumentou linearmente em função do tempo de avaliação (Figura 1). Esta resposta aponta que o aumento da retirada dos rebentos ao longo do tempo, possibilita às coroas o aumento da emissão e produção de novos rebentos até aos 380 dias.

Nota-se um maior incremento na produção dos rebentos com o tamanho de 10 cm quando comparado aos outros tratamentos, nas diferentes épocas. O número total de rebentos produzidos por coroa, aos 380 dias após o plantio, estimado pelas equações de regressão foi de 18,11; 12,72; 8,99 e 6,83 em coroas cujos os rebentos foram colhidos com 10, 15, 20 e 25 cm de altura, respectivamente (Figura 1).

Resultados diferentes foram observados por Coelho et al. (2007a), que verificaram que a coroa de abacaxi ‘Smooth Cayenne’ produziu 5,2 rebentos com comprimento de 35,9 cm, aos 360 dias após o plantio da coroa. Já em estudos realizados por Santos et al. (2011) em coroas desta mesma cultivar, observou-se que a coroa tratada com o inóculo misto dos fungos *Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita* produziu, em média, 25,75 mudas com aproximadamente 10 cm de comprimento, aos 420 dias após o plantio da coroa. Estes resultados demonstram que a produção de mudas por este método pode apresentar melhor eficiência com uso de um conjunto de recursos para a produção e que a produção dos rebentos pode ser maior com o aumento do número de dias das matrizes em viveiro dependendo das condições de cultivo.

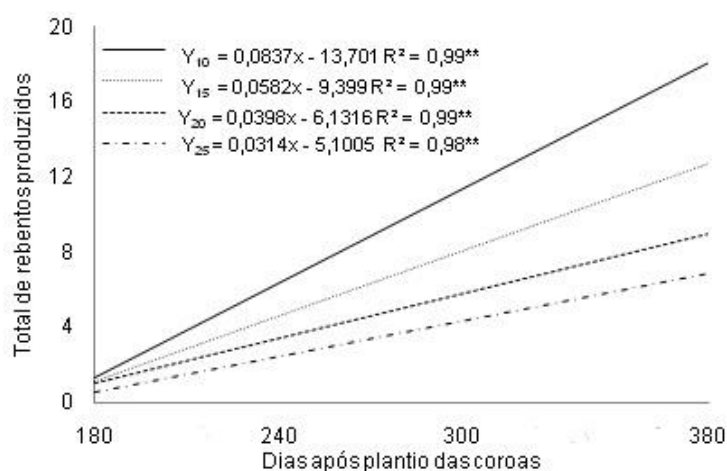


Figura 1. N° de rebentos colhidos por coroa de abacaxi ‘Smooth Cayenne’ em função dos tamanhos da coleta e da idade de plantio das coroas.

Observa-se ainda, na Figura 1, que a quantidade de rebentos produzidos, até aos 380 dias, foi menor nas coroas que os rebentos foram colhidos com os tamanhos de 20 e 25 cm de altura. O maior tempo de permanência dos rebentos com estes tamanhos aderidos às coroas (Tabela 3), segundo Coelho et al. (2007a) funcionou como fonte de auxina.

As auxinas produzidas pelas células meristemáticas do ápice do caule são indispensáveis para promover a dominância apical, causando a inibição do crescimento de gemas axilares, que têm maior sensibilidade à auxina do que outros tecidos caulinares (Taiz e Zeiger, 2013). A decapitação do ápice caulinar

da coroa (Agogbua e Osuji, 2011) e a remoção dos rebentos (Coelho et al., 2007a), permitiram que as gemas laterais saíssem do estado de dormência, e com a emergência das gemas, originaram-se novos rebentos, aumentando a produção de mudas, conforme observado neste experimento (Tabela 3 e Figura 1).

Não houve interação entre os fatores dose de nitrogênio e tamanho do rebento na colheita. Também não foi constatado o efeito isolado das doses de N sobre as variáveis número de folhas, matéria seca foliar e matéria seca do caule das coroas.

Verificou-se efeito significativo do fator tamanho do rebento para as variáveis matéria seca da raiz e matéria seca do caule das coroas. A matéria seca da raiz de coroas com rebentos colhidos com tamanho de 25 cm foi superior a daquelas em que os rebentos foram colhidos com o tamanho de 10 cm, no entanto, não diferiu dos valores de médias observados nas coroas que foram colhidos rebentos nos tamanhos de 15 e 20 cm de altura (Tabela 2).

Tabela 2. N° de folhas, matéria seca foliar, matéria seca da raiz e matéria seca do caule de coroa de abacaxi 'Smooth Cayenne', em função dos diferentes tamanhos de rebentos na colheita (10, 15, 20 e 25 cm de altura), aos 380 dias após o plantio das coroas

Tamanho do rebento (cm)	Nº de folhas	Matéria seca foliar (g)	Matéria seca da raiz (g)	Matéria seca do caule (g)
10	25,78 a	13,17 a	1,23 b	8,38 a
15	24,92 a	12,70 a	1,45 ab	7,96 ab
20	24,28 a	12,30 a	1,44 ab	7,03 b
25	23,50 a	11,24 a	1,73 a	7,06 b
Média	24,62	12,35	1,46	7,61
CV (%)	15,51	20,35	24,34	15,22

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

Apesar das coroas não apresentarem diferenças quanto ao número de folhas e a matéria seca foliar (Tabela 2), nota-se que naquelas em que os rebentos foram colhidos com o tamanho de 10 cm apresentaram menor matéria seca radicular quando comparado com as coroas que os rebentos eram colhidos com tamanho de 25 cm. Isto pode estar relacionado à maior quantidade de

rebentos produzidos com 10 cm e á menor produção de rebentos com 25 cm (Figura 1).

Mudanças na atividade dos drenos podem promover ajustes nas taxas de carregamento pelo floema, e tanto a taxa de fixação de carbono, quanto a distribuição e utilização dos carboidratos para os diferentes órgãos e tecidos da planta que não realizam processos fotossintéticos, podem influenciar e limitar a produtividade da planta (Lalonde et al., 2003). No presente trabalho, como os rebentos eram constantemente colhidos das coroas, modificando a atividade dos drenos (rebentos), pode ter ocorrido maior ou melhor partição dos assimilados dos órgãos fontes para os órgãos drenos, conforme os tamanhos colhidos e a quantidade de rebentos produzidos.

Aos 380 dias após o plantio, as coroas de abacaxi apresentavam-se exauridas devido aos reduzidos números de folhas e matéria seca foliar (Tabela 2). Entretanto, foi observado que mesmo nestas condições, as coroas ainda apresentavam potencial para a produção de novos rebentos pela emissão de novos brotos, que poderiam ser aproveitados para o plantio após o crescimento completo dos rebentos.

Esta resposta pode indicar que a produção de rebentos oriundos de coroa, pode ser realizada até os 380 dias após o plantio das coroas. Porém, a qualidade da muda pode ser menor, uma vez que os órgãos fontes podem ser afetados com o tempo de produção. Nesta mesma época de avaliação, foi possível observar que muitos brotos foram emitidos de partes inferiores do caule e apresentavam-se com aspecto visualmente menos vigorosos do que os primeiros rebentos produzidos pelas coroas.

Fitchet e Van de Venter (1988) avaliando a produção de rebentos em secções inferiores e superiores do caule da coroa de abacaxi 'Smooth Cayenne', verificaram que as secções inferiores produziram mais precocemente brotos com 24 mm de comprimento (em 44 dias após o plantio), do que as secções superiores, entretanto, os rebentos apresentavam folhas finas e tenras e os rebentos produzidos pela parte superior da coroa, apresentavam folhas vigorosas e firmes, mas a produção foi tardia.

Shiyam et al. (2016) utilizando diferentes tamanhos de coroas seccionadas em 1/2, 1/4, 1/8 e coroas inteiras e três tipos de substratos na produção de rebentos, verificaram que coroas intactas, por apresentarem maior

vigor, produziram aos três meses após o plantio, brotos com qualidade superior aos demais tratamentos, com maior número de folha e de área foliar, independente do substrato utilizado para o plantio das coroas.

A colheita de rebentos com os maiores tamanhos (20 e 25 cm) promoveu menor matéria seca do caule das coroas, diferindo estatisticamente da matéria seca de caules quando os rebentos foram colhidos com o tamanho de 10 cm (Tabela 2).

A maior quantidade de rebentos emitidos foi observada no tratamento com o tamanho de 10 cm, os quais eram colhidos em menor tempo (Tabela 3). Santos et al. (2011) verificaram que à medida que se coletavam os rebentos das coroas, novos brotos eram emitidos. Coelho et al. (2007a) testando a aplicação do ácido giberélico ( $GA_3$ ) e de benzilaminopurina (BAP) em coroa do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' na produção de rebentos com comprimento igual ou superior a 20 cm, pelo método de destruição da gema apical, constataram que a aplicação de  $230 \text{ mg L}^{-1}$  de BAP promoveu a emissão de 12,67 brotos por coroa aos 420 dias após o plantio das coroas.

Quanto ao tempo necessário para a produção dos rebentos, de acordo com o fator tamanho, observa-se que quando os rebentos foram coletados com 10 cm as coroas produziam rebentos em menor tempo. Em contrapartida, à medida que se aumentava o tamanho para a colheita do rebento, o tempo para a produção foi maior; com aumento de 32 dias para a colheita do tamanho de 25 cm quando comparado com o de 10 cm (Tabela 3). As primeiras emissões foram obtidas aos 98 dias após o plantio das coroas.

Tabela 3. Nº total de rebentos emitidos até 380 dias após o plantio de coroas e número de dias para o crescimento do rebento por coroa de abacaxi 'Smooth Cayenne', em função dos tamanhos de colheita

Tamanho do rebento (cm)	Nº de rebentos emitidos	Nº de dias para o crescimento do rebento
10	19,89 a	23,17 a
15	14,19 b	32,35 b
20	10,68 c	43,04 c
25	8,72 c	55,21 d
Média	13,37	38,44
CV (%)	16,23	9,37

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

Verificou-se que o tempo total para a produção de mudas pelo método de destruição do meristema apical da coroa é reduzido e que a técnica demonstra a sua eficiência na produção de mudas do tipo rebentão, quando comparado ao método convencional de propagação do abacaxizeiro. Conforme Reinhardt e Cunha (1999) a quantidade de mudas produzidas por abacaxizeiro no campo, pelo método de propagação convencional, depende da cultivar, do clima e dos tratamentos culturais, os quais influenciam no crescimento da planta; sendo que o abacaxizeiro 'Pérola' produz, em média, de cinco a nove filhotes e um rebentão por planta. Já a 'Smooth Cayenne' a produção varia, em média, de zero a três filhotes e de um a dois rebentões por planta. O período de ceva para estas mudas pode variar (Reinhardt e Cunha, 1999; Gomes et al., 2003) para mudas do tipo filhote, de um a seis meses, e para as do tipo rebentão, de dois a 12 meses após a colheita dos frutos (Reinhardt e Cunha, 1999).

Foi possível observar durante a condução do experimento, no decorrer dos 380 dias, que como os rebentos foram coletados em diferentes tamanhos, semanalmente, havia nesta área de produção com as 256 coroas como matrizes, a disponibilidade de rebentos com os quatro diferentes tamanhos prontos para a colheita, em todas as semanas.

Observou-se, ainda, que as matrizes que produziam rebentos de tamanho de 10 cm, produziam, simultaneamente, de 3 a 6 rebentos por coroa, onde a maioria dos rebentos podia ser coletada na mesma colheita semanal. Para os rebentos de tamanho 20 e 25 a quantidade de mudas aderidas às coroas variou de 1 a 3 rebentos por coroa.

A produção de mudas de abacaxizeiro em diferentes tamanhos obtido por este método de produção de rebentão em coroas de abacaxi pode ser vantajosa para o produtor, pois o mesmo poderá classificar por tamanho a sua produção de acordo com a demanda de mudas pelo mercado e ajustar o maior controle da produção e do preço da muda, uma vez que será possível a disponibilidade de mudas em diferentes estádios de crescimento em várias épocas de produção. Com o tempo necessário para o completo crescimento do rebento, a partir da emissão do broto, variando conforme apresentado na Tabela 3.

A adubação nitrogenada promoveu efeito sobre a matéria seca da raiz, o maior valor estimado pela equação de regressão foi de 1,77 g de raiz na dose 13,80 g de ureia por vaso (Figura 2).

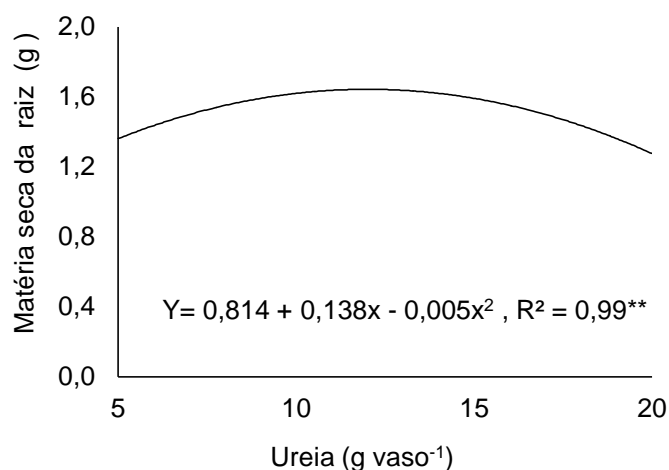


Figura 2. Matéria seca da raiz por coroa de abacaxi 'Smooth Cayenne', em função da adubação nitrogenada, em g de ureia por vaso.

Quanto ao efeito isolado do fator tamanho dos rebentos, os tratamentos não influenciaram significativamente nos teores foliares de N, P, Ca, Mg e S das coroas (Tabela 4). Apesar dos diferentes tamanhos do rebento na colheita e do aumento da produção conforme o tamanho do rebento (Figura 1), não foram observadas as deficiências destes nutrientes nas coroas de abacaxi. Estes teores foliares (Tabela 4) estão acima dos teores encontrados por Santos et al. (2011) em coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne' submetidas a produção de rebentos.

Com relação ao teor de K, que foi o único macronutriente influenciado pelos tratamentos de tamanhos dos rebentos, aos 380 dias após o plantio das coroas, nota-se que não houve efeito significativo entre os tamanhos de rebentos de 10 e 15 cm, que apresentaram maiores valores de média quando comparados as coroas que eram colhidos rebentos com 20 e 25 cm de altura (Tabela 4).

Os teores de K foliares das coroas estavam muito abaixo dos teores recomendados para o abacaxizeiro conforme Malézieux e Bartholomew (2003) que consideram como faixa adequada de teor de K, os valores de 22 a 30 g kg<sup>-1</sup> de K. E estavam abaixo dos teores foliares de coroas das cultivares 'Pérola', 'Jupi' e 'Smooth Cayenne' verificados por Santos et al. (2011). Entretanto, estes últimos

autores utilizaram uma coroa por vaso, diferente da quantidade de coroas utilizadas no presente estudo.

Tabela 4. Teores de macronutrientes, em  $\text{g kg}^{-1}$ , na matéria seca da parte aérea de coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne', em função dos diferentes tamanhos de rebentos na colheita aos 380 dias após o plantio

Tamanho do rebento (cm)	N	P	K	Ca	Mg	S
	.....g $\text{kg}^{-1}$ .....					
10	18,35 a	1,66 a	8,55 a	7,86 a	5,64 a	2,08 a
15	17,90 a	1,54 a	7,49 a	7,53 a	5,58 a	1,74 a
20	18,46 a	1,58 a	5,74 b	7,86 a	5,96 a	1,81 a
25	18,38 a	1,68 a	5,15 b	8,06 a	6,16 a	2,02 a
Média	18,27	1,62	6,73	7,83	5,83	1,91
CV (%)	7,08	12,12	23,27	14,33	12,47	23,13

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

Os resultados sobre teores de K nas coroas submetidas à produção de rebentos em diferentes tamanhos até os 380 dias após o plantio também podem ter sido ocasionados pela redistribuição deste nutriente nos rebentos produzidos pelas coroas, que apresentaram média geral de  $24,63 \text{ g kg}^{-1}$  de K.

Santos et al. (2014), avaliando a aplicação de ácidos húmicos em rebentos oriundos de coroas do abacaxi 'Smooth Cayenne' cultivados em vasos sob condição de casa de vegetação, até 170 dias após o plantio dos rebentos, observaram que os rebentos que não receberam a substância, apresentaram os teores foliares de  $24,03 \text{ g kg}^{-1}$  de K. Diante dos resultados de Santos et al. (2014) com rebentos e dos resultados obtidos no presente estudo com coroas, observa-se que as coroas produziram rebentos até os 380 dias, com teores de K semelhantes aos de rebentos que já passaram por outra etapa em viveiro, posterior à do cultivo dos rebentos em coroas. O que pode ter ocasionado valores baixos dos teores deste nutriente nas coroas, independente do tamanho do rebento na colheita.

Quanto ao efeito isolado das doses N, observou-se o efeito linear crescente do teor de N na matéria seca foliar das coroas em função da adubação nitrogenada (Figura 3). Nas condições deste experimento até aos 380 dias de avaliação, o menor teor foliar de N observado foi de  $15,97 \text{ g kg}^{-1}$  na dose de 5 g e o maior teor ( $20,57 \text{ g kg}^{-1}$ ) na dose de 20 g vaso<sup>-1</sup> de ureia. Na menor dose, o teor



de N foi inferior ao recomendado por Malavolta et al. (1997), que citam valores de 20 a 22 g kg<sup>-1</sup> de N, como adequados para o abacaxizeiro, analisado na folha D inteira ou na porção basal não clorofilada.

Conforme Malézieux e Bartholomew (2003), o N é o segundo o nutriente requerido em maior quantidade pelo abacaxizeiro, com isto, além deste promover o crescimento em mudas desta espécie, com indica Silva et al., (2016), o nitrogênio influencia na massa do fruto (Guarçoni e Ventura, 2011).

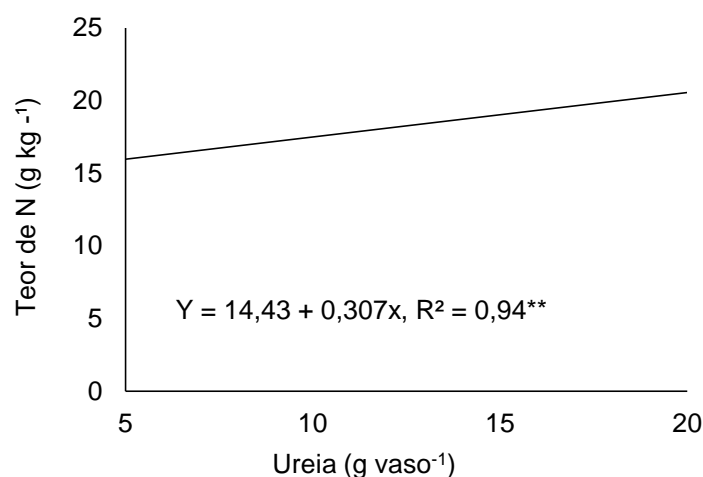


Figura 3. Teor de N (g kg<sup>-1</sup>) na matéria seca da parte aérea de coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne' em função da adubação nitrogenada aos 380 dias após o plantio.

A análise de regressão evidenciou uma resposta quadrática para os teores de K e de S em função das doses de N (Figuras 4B e 4D). Os teores foliares de K (Figura 4B), assim como em função dos tamanhos (Tabela 4), estavam abaixo dos teores verificados por (Santos et al., 2011) e daqueles recomendados por Malavolta et al. (1997) e por Malézieux e Bartholomew (2003). O decréscimo no teor de K em função da adubação nitrogenada pode ter ocorrido devido ao antagonismo que ocorre entre N e K no tecido vegetal (Spironello et al., 2004; Malavolta, 2006).

Somente com a aplicação da menor dose de N, foi constatado teor de S acima dos valores de referência para o abacaxizeiro: 2 a 3 g kg<sup>-1</sup> de S (Malavolta et al., 2007) e com a aplicação das maiores doses, os teores de S estavam abaixo dos recomendados por estes autores (Figura 5D). Coelho et al. (2010) também

observaram redução nos teores de S nos tecidos foliares das mudas do abacaxizeiro obtidas pelo métodos de seccionamento do caule e tratadas com ureia e  $H_3BO_3$ , onde os maiores teores foliares deste nutriente foram verificados nos tratamentos que não receberam pulverização foliar com ureia, aos nove meses após o enviveiramento das secções.

Embora tenha ocorrido esta redução em função das maiores doses do adubo nitrogenado, o decréscimo no teor de S em plantas de abacaxizeiro já foi constatado na deficiência de N, como observado por Ramos et al. (2011) em abacaxizeiro 'Imperial' aos cinco, sete, nove e 12 meses após o plantio das mudas cultivadas em solução nutritiva com a omissão de N.

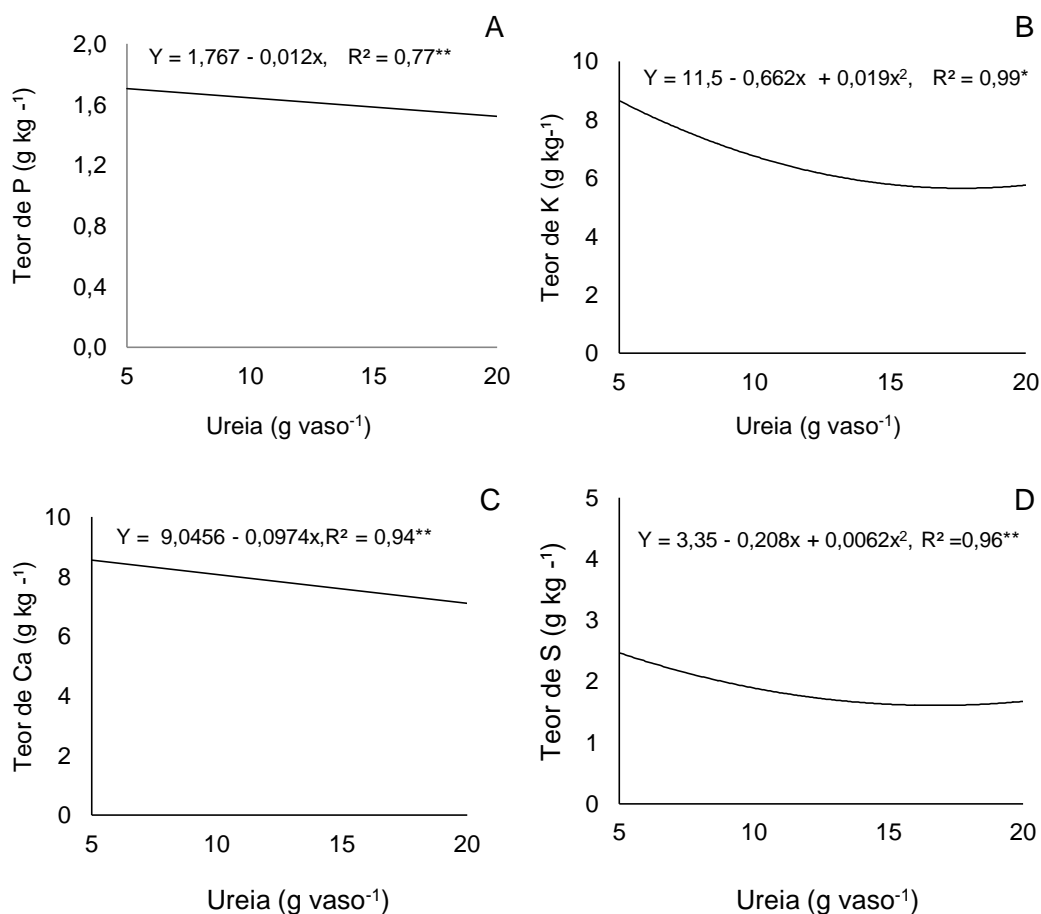


Figura 4. Teores de fósforo (A), potássio (B), cálcio (C) e enxofre (D) na matéria seca da parte aérea de coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne', em função da adubação nitrogenada (g de ureia por vaso), aos 380 dias após o plantio.

Os teores foliares de P e Ca diminuíram linearmente em função das doses de N (Figuras 4A e 4C). Em relação aos teores de Ca, observou-se a variação de 8,56 a 7,10 g kg<sup>-1</sup> de Ca na matéria seca foliar em função da menor e da maior dose de N, respectivamente. Em todas as doses, os valores encontrados para o Ca estão acima ou próximos daqueles observados em coroas de cultivares de abacaxizeiro (Santos et al., 2011). Nas coroas que receberam as maiores doses da adubação com N (15 e 20 g kg<sup>-1</sup> de ureia) os teores de Ca observados estavam abaixo daqueles considerados adequados para o abacaxizeiro (8 a 12 g kg<sup>-1</sup> de Ca) por Malézieux e Bartholomew (2003) cultivados em condições de campo e estão acima da faixa adequada (3 a 4 g kg<sup>-1</sup> de Ca) considerada por Malavolta et al. (1997).

O decréscimo observado dos teores de P variou de 1,75 a 1,53 g kg<sup>-1</sup> de P na matéria seca foliar entre a menor e a maior dose de N utilizada nas coroas, ou seja, uma diminuição de 12,7%. Os teores foliares de P estão acima dos verificados por Santos et al. (2011) e dos teores considerados por Malézieux e Bartholomew (2003).

A diminuição nos teores de K, P (Spironello et al., 2004; Silva et al., 2012) e S (Coelho et al., 2010) em função da adubação nitrogenada em abacaxizeiro, já foi relatada, sendo atribuída pelos autores, principalmente, ao efeito diluição, que pode ocorrer com o crescimento das plantas pela ação do N (Spironello et al., 2004; Silva et al., 2012). No entanto, no presente trabalho, observou-se o efeito do N sobre o crescimento das coroas somente por meio dos resultados observados na matéria seca da raiz (Figura 1), pois as coroas de abacaxi, após serem decapitadas, têm o seu crescimento vegetativo praticamente paralisado, passando a direcionar o seu metabolismo para o desenvolvimento dos brotos.

Os resultados sugerem que a disponibilidade de K nesta pesquisa, aos 380 dias, pode ter sido um dos fatores para a redução da produção das coroas e o crescimento dos rebentos neste período, pois este nutriente é o mais exigido pelo abacaxizeiro desde o crescimento inicial das mudas (Silva, 2013).

Os teores de Mg na matéria seca foliar das coroas não foram afetados pela adubação nitrogenada e nem pelo tamanho do rebento na colheita (Tabela 4). A média geral observada foi igual a 5,83 g kg<sup>-1</sup> de Mg na matéria seca foliar, sendo que este valor está acima dos valores encontrados por Santos et al. (2011) e dos recomendados por Malavolta et al. (1997) e Malézieux e Bartholomew

(2003). Também não foram constatados efeitos dos tratamentos sobre os teores de Zn, sendo observado a média geral de  $35,47 \text{ mg kg}^{-1}$  de Zn na matéria seca foliar das coroas.

Quanto aos teores foliares dos micronutrientes B, Cu e Ni, houve efeito da interação entre as doses de N e os tamanhos dos rebentos sobre os teores destes nutrientes (Tabela 5). Com relação ao teor de B, nota-se que somente a partir do tamanho 20 cm de comprimento do rebento, houve efeito significativo das doses de N sobre os teores foliares deste nutriente.

Tabela 5. Regressão polinomial para teores de micronutrientes, em  $\text{mg kg}^{-1}$ , na matéria seca da parte aérea de coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne' em função da adubação nitrogenada e do tamanho de rebentos na colheita

Micronutrientes ( $\text{mg planta}^{-1}$ )	Tamanho do rebento (cm)	Regressão polinomial para doses de nitrogênio	R <sup>2</sup>
B	10	$Y = 36,81$	-
	15	$Y = 37,20$	-
	20	$Y = 49,60 - 0,7986x$	0,88**
	25	$Y = 16,62 + 3,261x - 0,108x^2$	0,91*
Cu	10	$Y = 5,775 - 0,1409x$	0,71**
	15	$Y = 3,47$	-
	20	$Y = 3,62$	-
	25	$Y = 8,641 - 0,725x + 0,023x^2$	0,96**
Ni	10	$Y = 2,1713 - 0,0318x$	0,75*
	15	$Y = 1,69$	-
	20	$Y = 1,36 + 0,167x - 0,008x^2$	0,52*
	25	$Y = 2,250 - 0,030x$	0,57*

\*\* e \* = significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Para os teores de Cu, verificou-se o efeito das doses de N somente sobre as coroas submetidas à colheita de rebentos do menor e do maior tamanho (Tabela 5). Quanto ao teor de Ni, foi constatado efeito das doses de N sobre os teores deste nutriente nas coroas que eram colhidos rebentos com 10, 15 e 25 cm de altura (Tabela 5).

Observou-se também resposta significativa dos teores foliares de Fe e Mo em função do aumento das doses do adubo nitrogenado. Para os teores de Mo, conforme demonstrado na seguinte equação:  $Y = 0,9184 - 0,1125x + 0,0036x^2$ ,  $R^2 = 0,95^{**}$ , as coroas apresentaram maiores teores deste nutriente quando

receberam a menor dose de N, com valores estimados pela equação de regressão de  $0,45 \text{ mg kg}^{-1}$  de Mo na dose de  $5 \text{ g vaso}^{-1}$  de ureia. Já para o nutriente Fe, houve efeito linear decrescente dos teores ( $Y = 63,075 - 1,2359x$ ,  $R^2 = 0,58^{**}$ ) com o maior valor ( $56,90 \text{ mg kg}^{-1}$  de Fe) observado na menor dose do adubo nitrogenado.

Coelho et al. (2010) verificaram em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' provenientes do seccionamento do caule, aos nove meses após o plantio, que doses crescentes de nitrogênio (0; 2,5; 5,0; 7,5 e  $10 \text{ g L}^{-1}$  de ureia) não afetaram os teores foliares de Zn, Cu, Fe e Mn. Estes autores observaram teores de Cu variando de 3,96 a  $5,03 \text{ mg kg}^{-1}$  e teores de Fe de 111 a  $127 \text{ mg kg}^{-1}$ . Os teores Cu do estudo apresentado estão na maioria, dentro desta faixa. Já os teores de Fe estão abaixo dos valores observados no estudo de Coelho et al. (2010).

No presente estudo, os teores dos nutrientes Fe e Cu em função da adubação nitrogenada, estavam abaixo dos citados por Malavolta et al. (2007) na folha D inteira ou na porção não clorofilada e daqueles citados por Malézieux e Bartholomew (2003) na folha D e os teores de B estavam acima dos citados por estes autores.

Freitas et al. (2012), estudando a aplicação de doses de N, utilizando ureia como fonte de N, e doses de um análogo de brassinosteróide na nutrição de mudas provenientes do seccionamento do caule do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', verificaram que a adubação nitrogenada não influenciou sobre os teores dos micronutrientes Zn, Fe, Mg e Cu, aos 270 dias após o plantio das seções em canteiros.

Ramos et al. (2011) ressaltaram que, em geral, as faixas de teores de nutrientes para o abacaxizeiro consideradas como adequadas por diversos autores, indicam que, se as concentrações encontradas estiverem dentro da faixa de teores, a planta não apresenta deficiência, no entanto, estando abaixo pode não significar que as plantas estejam deficientes, pois deve-se levar em consideração o nível crítico ou faixa crítica, que segundo estes autores, é raramente disponível na literatura.

Também se deve levar em consideração que não são encontrados na literatura, faixa de teores de nutrientes considerados adequados para mudas de abacaxizeiro e para coroas de abacaxi na produção de rebentos.

## CONCLUSÕES

- As coroas produzem 18,11 e 6,83 rebentos com 10 e 25 cm de comprimento, respectivamente, até aos 380 dias após o plantio;
- Os tamanhos de colheita dos rebentos influenciam sobre a matéria seca da raiz e do caule das coroas de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne';
- A colheita de rebentos nos tamanhos 20 e 25 cm de altura promove a maior redução dos teores de K das coroas;
- A adubação nitrogenada aumenta os teores de N e influencia negativamente os teores foliares de P, K, Ca e S das coroas.

## REFERÊNCIAS

- Agogbua, J.U., Osuji, J.O. (2011) Split crown technique for mass propagation of Smooth Cayenne pineapple in South–South Nigeria. *African Journal of Plant Science*, 5: 591-598.
- Bregonci, I. S., Schmildt, E. R., Coelho, R. I., Reis, E. F., Brum, V. J., Santos, J. G. (2008) Adubação foliar com macro e micronutrientes no crescimento de mudas micropropagadas do abacaxi cv. Gold [*Ananas comosus* (L.) Merrill] em diferentes recipientes. *Ciência e Agrotecnologia*, 32: 705-711.
- Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C. de., Lopes, J.C., Teixeira, S.L., Marinho, C.S. (2007a) Coroa do abacaxi 'Smooth Cayenne' na produção de mudas do tipo rebentão. *Ciência e Agrotecnologia*, 31: 1867-1871.
- Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C.de., Marinho, C.S., Lopes, J.C., Pessanha, P.G. O. (2007b) Resposta à adubação com ureia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29: 161-165

- Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C.de., Thibaut, J.T.L., Lopes, J.C. (2009) Brotação de gemas em secções de caule de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' tratadas com reguladores de crescimento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31: 203-209.
- Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C.de., Thiebaut, J.T.L. (2010) Teores foliares de nutrientes em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' em resposta à adubação. *Revista de Ciências Agrárias*, 33: 173-179.
- Cunha, G.A.P. da., Reinhardt, D.H.R.C. (2004) *Manejo de mudas de abacaxi*. Cruz das Almas, EMBRAPA. (Comunicado Técnico, 105).
- FAO, FAOSTAT. Data. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em 20 de junho 2017.
- Fitchet, M., Van de Venter, H.A. (1988) Rapid vegetative propagation of pineapples by crown sectioning. *South African Journal of Plant and Soil*. 5: 27-31.
- Freitas, S.J., Santos, P.C.dos., Carvalho, A.J.C.de., Berilli, S.S., Gomes, M.M.A. (2012) Brassinosteróide e adubação nitrogenada no crescimento e estado nutricional de mudas de abacaxizeiro provenientes do seccionamento de caule. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34: 612-618.
- Freitas, S.J., Santos, P.C.dos., Berilli, S.S., Lopes, L.C., Carvalho, A.J.C.de. (2014) Brotação, desenvolvimento e composição nutricional de mudas de abacaxizeiro provenientes de gemas axilares submetidas ao brassinosteróide. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9: 19-24.
- Gomes, J.A., Ventura, J.A., Alves, F.L., Arleu, R.J., Rocha, M.A.M., Salgado, J. S. (2003) *Recomendações técnicas para a cultura do abacaxizeiro*. Vitória: INCAPER, 28p. (INCAPER, Documentos, 122).
- 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*, 35: 1367-1376.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>. Acesso em 20 de junho de 2017.

- Jackson, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*. New Jersey, Prentice Hall, 498p.
- Lalonde, S. M., Tegeder, M., Throne-Holst, W. B., Fromer, J. W. Patrick.(2003) Phloem loading and unloading of sugars and amino acids. *Plant, Cell and Environment*, 26:37–56.
- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Ceres, 638p.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS. p.319.
- Malézieux, E., Bartholomew, D.P. Plant nutrition. In: Bartholomew, D.P., Paul, R.E., Rohrbach, K.G., eds. (2003) *The Pineapple: Botany, production and uses*. Honolulu, CAB. p.143-165.
- Peters, J.B. (2005) Wisconsin procedures for soil testing, plant analysis and feed & forage analysis: plant analysis. *Madison*: College of Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin -Extension.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.G.R., Silva, J.A. da. (2011) Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 261-271.
- Reinhardt, D.H., Cunha, G.A.P. (2000) Plantio. In: Reinhardt, D.H., Souza, L.F.S., Cabral, J.R.S. *Abacaxi produção: aspectos técnicos*. Brasília: Embrapa, p. 25-27.
- Reinhardt, H.R.C., Cunha, G.A.P. da. (1999) Métodos de propagação. In: Cunha, G. A. P., Cabral, J.R.S., Souza, L.F.S. *O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.105-138.
- Ribeiro, D.G., Vasconcellos, M.A.S., Araújo, A.P. (2011) Contribuição do sistema radicular de mudas micropropagadas na absorção de nitrogênio de abacaxizeiro cultivar Vitória. *Revista Brasileira Fruticultura*, 33: 1240-1250.
- Santos, P.C.dos., Freitas, S.J., Freitas, M.S.M., Sousa, L.B.de., Carvalho, A.J.C. de. (2011) Produção de mudas do tipo rebentão, utilizando coroas de três cultivares de abacaxi inoculadas com fungos micorrízicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 954-961.



- Santos, P.C.dos., Silva, M.P.S. da., Freitas, S.J., Berilli, S.S., Altoé, J.A., Silva, A.A., Carvalho, A.J.C.de. (2014) Ácidos húmicos e brassinosteróide no crescimento e estado nutricional de rebentos de coroas de abacaxi. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9: 532-537.
- Shiyam, J.O., Binang, W.B., Obiefuna, J.C. (2016) Suckering and Survival Capacity of Pineapple (*Annanas comosus* L. Merrill) Propagules in Selected Potting Substrates. *Journal of Natural Sciences Research*, 6: 95-99.
- Silva, A.A., Carvalho, A.J.C. de., Freitas, F.P., Pessanha, P.G.O., Santos, P.C. dos., Silva, M.P.S., Vasconcelos, T.S., Olivares, F.L. (2016) Diazotrophic bactéria and nitrogen fertilization on the growth of micropropagated pineapple plantlets during acclimatization. *Ciência Rural*, 46: 1952-1958.
- 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*, 36: 447-456.
- Silva, A.A. (2013) *Bactérias diazotróficas e adubação nitrogenada na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes- RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 87p.
- 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*, 26: 155-159.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2013) *Fisiologia Vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artmed. 819p.
- Teixeira, J.B., Cruz, A.R.R., Ferreira, F.R., Cabral, J.R. (2001) Biotecnologia aplicada à produção de mudas: produção de mudas micropropagadas de abacaxi. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 3: 42-47.

### 3.2. QUALIDADE DE REBENTOS PRECOCES PRODUZIDOS EM COROAS DE ABACAXI ADUBADAS COM NITROGÊNIO

**Resumo:** A introdução de métodos propagativos mais eficientes como a multiplicação acelerada com a utilização da coroa de abacaxi para a produção de rebentos precoces pode constituir uma alternativa viável para produção de mudas de abacaxizeiro em viveiros. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características morfológicas e o estado nutricional de diferentes tamanhos de rebentos precoces produzidos em coroas de abacaxi com adubação nitrogenada ao longo 380 dias. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x4x3, sendo quatro doses de nitrogênio (5, 10, 15 e 20 g de ureia por vaso), quatro tamanhos mínimos de altura de colheita de rebentos (10, 15, 20 e 25 cm) do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' e em três épocas de avaliação (180, 300 e 380 dias após o plantio das coroas) com quatro repetições. Em cada época de amostragem foram coletados quatro rebentos por vaso para proceder as seguintes avaliações: diâmetro do caule; área foliar; matéria seca da parte aérea, teores de micronutrientes e macronutrientes. Aos 180 dias, verificou-se que independente do tamanho mínimo ou dose de N aplicada os rebentos apresentam melhor qualidade. As doses crescentes de ureia aumentam os teores foliares de N em todas as épocas de avaliação e reduzem os teores de P, K Ca e Cu na matéria seca da parte aérea dos rebentos. Os tamanhos de colheita dos rebentos não influenciam os teores foliares dos macronutrientes N, P e Ca e dos micronutrientes B, Mn e Zn aos 180 dias após o plantio das coroas.

**Palavras-chave:** propagação, adubação nitrogenada, abacaxizeiro.

## QUALITY OF EARLY SHOOTS PRODUCED IN NITROGEN-FERTILIZED PINEAPPLE CROWNS

**Abstract:** The introduction of more efficient propagation methods, such as accelerated multiplication with the use of the pineapple crowns for the production of early shoots, can be a viable alternative for the production of pineapple plantlets in nurseries. In this context, the aim of this study was to evaluate the morphological characteristics and nutritional status of different early shoot sizes produced in nitrogen-fertilized pineapple crowns over 380 days. The experimental design was a randomized block design in a 4 x 4 x 3 factorial scheme, with four nitrogen doses (5, 10, 15 and 20 g urea per pot), four 'Smooth Cayenne' pineapples with a certain minimum shoot height (10, 15, 20 and 25 cm) and at three evaluation times (180, 300 and 380 days after crown planting), with four replicates each. At each sampling timeframe, four shoots per pot were collected to carry out the following evaluations: stem diameter; leaf area; aerial dry matter and micro- and macronutrient contents. At 180 days, regardless of the minimum size of the shoot or applied N dose, the shoots displayed better quality. Increasing urea doses increased leaf N content at and decreased P, K Ca and Cu levels in dry shoot matter at all evaluated timeframes. Shoot harvest size does not influence leaf N, P and Ca macronutrient content or B, Mn and Zn micronutrient content at 180 days after crown planting.

**Keywords:** propagation, nitrogen fertilization, pineapple.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, o abacaxizeiro é considerado uma importante espécie frutífera, que auxilia na geração de emprego e renda. No ano de 2015, o Brasil teve uma

área colhida de 69.165 ha e produziu cerca de 1.801.415 toneladas do fruto. Dentre as regiões produtoras de abacaxi, a região sudeste contribuiu com a produção de 494.353 toneladas de frutos, sendo que o Norte Fluminense participou com aproximadamente 99% de toda área plantada no Estado do Rio de Janeiro, com produção de 92.914 toneladas (IBGE, 2017).

Apesar desta importante contribuição na produção de abacaxi, a disponibilidade de mudas com padrão de qualidade (sanidade e vigor) é baixa. Este fato pode estar relacionado principalmente à baixa eficiência dos métodos propagativos convencionais atualmente adotados e ao longo período necessário para a produção de mudas de abacaxizeiro o que acaba desestimulando os viveiristas.

Neste sentido, a introdução de métodos mais eficientes, como o método de multiplicação acelerada com a utilização da coroa de abacaxi para a produção de rebentos precoces, pode constituir uma alternativa viável. A técnica consiste na quebra da dominância apical da coroa, que estimula o crescimento de brotações laterais, oriundas de gemas que se tornam fisiologicamente ativas e formam novas mudas (Coelho et al., 2007a; Santos et al., 2011).

Aliado a este método de propagação, a adoção de doses adequadas de nitrogênio pode auxiliar no processo de crescimento das mudas (Coelho et al., 2007b) e reduzir o tempo requerido para obtenção destas, como foi verificado por Silva et al. (2016), no crescimento de mudas micropropagadas de abacaxizeiro no período de aclimatização. Nas plantas, o nitrogênio faz parte da constituição de muitos compostos, como os aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, enzimas, ácidos nucleicos e vitaminas, que são essenciais aos processos de crescimento e desenvolvimento vegetativo (Malavolta, 2006; Ramos et al., 2011).

O processo propagativo do abacaxizeiro com mudas produzidas a partir de coroas de abacaxi tem sido pouco estudado e faltam melhores esclarecimentos sobre o tamanho adequado para a colheita dos brotos, de modo a estabelecer a próxima etapa de crescimento dos rebentos, seja para o período de permanência das mudas em viveiro ou para o plantio definitivo no campo, bem como a qualidade das mudas produzidas nessas coroas ao longo do tempo.

Busca-se, ainda, informações sobre o estado nutricional dos rebentos, a fim de estabelecer a correta adubação nas etapas de produção de mudas em todo o sistema de propagação utilizando coroas, evitando a deficiência de

nutrientes em rebentos e coroas, bem como os desperdícios e excessos de adubos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características morfológicas e o estado nutricional de diferentes tamanhos de rebentos precoces produzidos em coroas de abacaxi com adubação nitrogenada ao longo de 380 dias.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Campos dos Goytacazes - RJ, em bancadas a pleno sol na Unidade de Apoio à Pesquisa, localizada no *campus* da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, latitude = 21°19', longitude = 41°10' e altitude = 14 m.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x4x3, sendo quatro doses de nitrogênio (5, 10, 15 e 20 g de ureia por vaso), quatro tamanhos do rebento na colheita (10, 15, 20 e 25 cm de altura da muda) do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' e três épocas de avaliação (180, 300 e 380 dias após o plantio das coroas) com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por dois vasos contendo duas coroas por vaso com capacidade de 10 L.

As coroas utilizadas no experimento foram provenientes de frutos sadios colhidos em uma lavoura comercial do município de São Francisco de Itabapoana, no Estado do Rio de Janeiro. Após a retirada das coroas dos frutos, o meristema apical de cada coroa foi eliminado, com auxílio de um alicate de ponta fina e uma chave de fenda, conforme a metodologia adotada por Coelho et al. (2007a).

O substrato utilizado para o plantio das coroas foi composto por areia lavada + substrato Basaplant<sup>®</sup> hortaliça, nas proporções de 1:1 (v/v), respectivamente e apresentou as características químicas presente na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas da amostra do substrato utilizado no plantio das coroas de abacaxi

pH	K	Ca	Mg	Al	SB	V	P	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
4,5	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					(%)	mg dm <sup>-3</sup>						
	3,2	26,5	12,9	3,1	44,2	47	100	168	74,07	0,57	8,06	35,23	1,46
Matéria orgânica = 40,69 g dm <sup>-3</sup>													

O adubo nitrogenado utilizado foi a ureia, aplicada em forma sólida em cobertura. A adubação foi realizada a cada 60 dias, sendo iniciada a partir dos 40 dias após o plantio das coroas e realizada até os 220 dias.

Coletaram-se quatro rebentos por vaso em cada época de amostragem para proceder as seguintes avaliações: diâmetro do caule (obtido com paquímetro digital, medido em aproximadamente dois centímetros acima da base do rebento); área foliar (obtida com o medidor de área foliar de bancada modelo LI-3100 LICOR, Lincoln, NE, USA); matéria seca da parte aérea (pesadas em balança analítica de precisão, após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70°C por 72 horas) com posterior determinação dos teores de micronutrientes e macronutrientes.

Para as análises nutricionais, as amostras foram moídas em moinho do tipo Wiley com peneira de 20 *mesh*. Para determinação dos teores de nitrogênio (N), o material vegetal foi submetido à digestão sulfúrica e o nutriente foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965). Para determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), Zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), molibdênio (Mo) e Níquel (Ni) outra amostra do material vegetal foi pesada e foram determinados os teores usando o equipamento plasma (ICPE-9000) da marca Shimadzu®, após digestão com HNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, em sistema de digestão aberta conforme Peters (2005).

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o programa SANEST. Para os fatores quantitativos foi utilizada a análise de regressão polinomial, incluindo o teste F da análise de regressão, a significância dos coeficientes dos modelos obtidos e o valor do R<sup>2</sup>. Para os fatores qualitativos foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificado efeito da interação dos fatores época de avaliação e tamanho de rebentos sobre as variáveis área foliar e matéria seca da parte aérea. Já para o fator dose de N foi verificado o efeito isolado deste sobre a matéria seca da parte aérea e o diâmetro do caule. Quanto ao efeito isolado do fator tamanho do rebento, este influenciou somente sobre a variável diâmetro do caule.

Observa-se que houve diferença significativa entre os tamanhos de rebentos na colheita nos três períodos de avaliação para a área foliar e a matéria seca da parte aérea (Tabela 2). Verificou-se que independente de tamanho, todos os rebentos apresentaram maiores massa seca da parte aérea e área foliar quando coletados aos 180 dias após o plantio das coroas (Tabela 2).

Tabela 2. Área foliar e matéria seca da parte aérea, por muda, em rebentos oriundos de coroa de abacaxi 'Smooth Cayenne' em função dos tamanhos de colheita e da idade de avaliação das mudas

Tamanho do rebento (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )			
	Época (dias)			
	180	300	380	Média
10	116,06 Ad	85,92 ABd	71,75 Bd	91,24
15	219,78 Ac	165,81 Bc	128,71 Bc	171,43
20	344,11 Ab	247,68 Bb	199,66 Cb	263,82
25	466,58 Aa	336,86 Ba	326,79 Ba	376,74
Média	286,63	209,07	181,73	
CV (%)	16,72			
Tamanho do rebento (cm)	Matéria seca da parte aérea (g)			
	Época (dias)			
	180	300	380	Média
10	2,14 Ad	0,61 Bd	0,68 Bd	1,14
15	3,90 Ac	1,37 Bc	1,32 Bc	2,20
20	6,24 Ab	2,34 Bb	2,34 Bb	3,64
25	8,43 Aa	3,33 Ca	4,38 Ba	5,38
Média	5,18	1,91	2,18	
CV%	19,82			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Vale ressaltar que durante a condução do experimento, as coroas no período de 380 dias após o plantio apresentavam-se menos vigorosas do que aos 180 dias após o plantio, indicando que o maior vigor das coroas afeta a qualidade dos rebentos produzidos. Isto pode estar relacionado com a maior quantidade de reserva disponíveis para as mudas crescidas inicialmente bem como a maior produção de fotoassimilados (fonte) produzidos pelas folhas das coroas, já que havia perda foliar delas ao longo dos 380 dias.

Como era esperado, o rebento com tamanho de 25 cm apresentou maior área foliar e maior ganho da biomassa da parte aérea e o de 10 cm os menores valores de médias para estas variáveis. Nota-se que, independente do tamanho, as mudas apresentaram menor crescimento nas duas últimas épocas, indicando que a partir dos 300 dias após o plantio das coroas, os rebentos começavam a apresentar menor qualidade com relação a estas características, quando comparado à primeira época de avaliação. Provavelmente, à medida que as coroas produzem mais rebentos, ocorre redução na matéria seca das coroas, devido ao maior consumo de reservas pelas novas brotações (Santos et al., 2011).

A translocação de reservas da fonte para o dreno é influenciada pela quantidade de órgãos que atuam como dreno, sendo que cada dreno pode receber maior ou menor quantidade de reservas de acordo com a exigência dos mesmos, como foi verificado por Lima et al. (2002) em plantas de abacaxizeiro, no qual a translocação de reservas para as mudas foi maior em plantas que foram mantidas com duas mudas do tipo filhote, quando comparado ao desbaste parcial mantendo-se de 4 a 6 mudas.

O tamanho de colheita dos rebentos influenciou nos diâmetros dos caules, os quais apresentaram os seguintes valores de média: 15,78; 18,15; 20,06 e 21,66 cm para os tamanhos 10,15, 20 e 25 cm, respectivamente.

Na Figura 1 observa-se uma resposta quadrática para as variáveis diâmetro do caule (Figura 1A) e matéria seca da parte aérea em função das doses de N (Figura 1B). A matéria seca da parte aérea foi maior para rebentos produzidos em coroas tratadas com 12,88 g de N vaso<sup>-1</sup>. Já a maior média estimada para o diâmetro do caule foi de 19,57 mm para rebentos produzidos em coroas adubadas com 12,78 g de N vaso<sup>-1</sup>. Cardoso et al. (2013) utilizando duas fontes de N, ureia e esterco nas doses 0, 5, 10, 15 e 20 g de N, em plantas de



abacaxizeiro aos 540 dias, observaram o aumento do diâmetro do caule, do número de folhas e do comprimento da folha D, quando foi fornecido ureia na dose de 20 g planta<sup>-1</sup>.

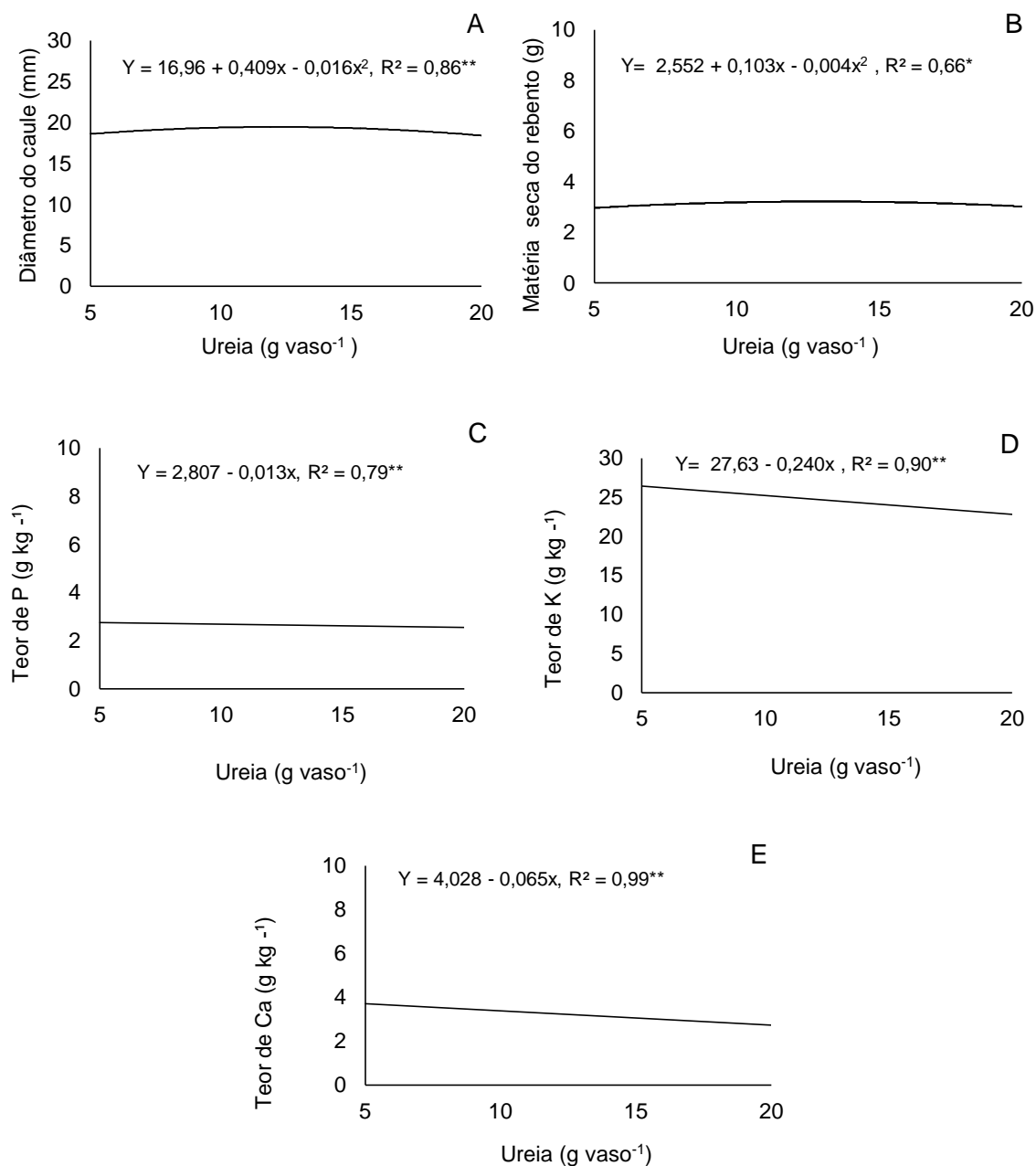


Figura 1. (A) Diâmetro do caule, em mm, (B) matéria seca da parte aérea, em g, teor de P (C), teor de K (D) e teor de Ca (E) em rebentos produzidos em coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne' em função da adubação nitrogenada (g de ureia por vaso).

A adubação nitrogenada em mudas de abacaxizeiro reduz o período de viveiro das mudas de abacaxizeiro, como verificado por Silva et al. (2016) com a

aplicação em doses crescentes de adubo nitrogenado em mudas micropropagadas, onde foram observados resultados favoráveis do programa de adubação nitrogenada sobre as variáveis altura, número de folhas, área foliar, matéria seca da parte aérea e da raiz.

Coelho et al. (2007b) verificaram aos nove meses após o plantio de secções de caule, que a adubação foliar na dose de  $10 \text{ g L}^{-1}$  promoveu um incremento de 84,6% na matéria fresca e 104% na matéria seca de mudas de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', quando comparada àquelas que não receberam a adubação.

A adubação nitrogenada promoveu efeito linear crescente no teor de N da matéria seca da parte aérea de rebentos em todas as épocas de avaliação, onde o maior incremento do teor de N nos rebentos foi obtido aos 300 dias. Coelho et al. (2010) verificaram que o crescimento parece ser menor em níveis de teores abaixo de  $11 \text{ g kg}^{-1}$  de N na matéria seca de mudas obtidas por seccionamento do caule. Como foram verificados na resposta obtida neste estudo apresentado, os teores de N estão acima destes teores que podem restringir o crescimento vegetativo da muda (Figura 2).

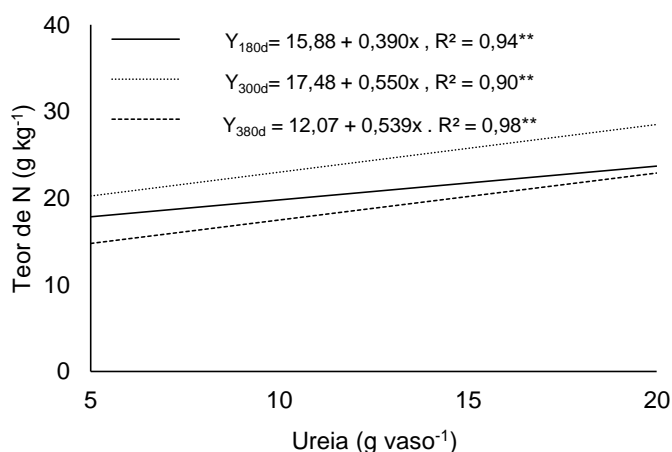


Figura 2. Teor de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na matéria seca da parte aérea de rebentos produzidos em coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne' em função da adubação nitrogenada (g de ureia por vaso), em diferentes épocas de avaliação (180, 300, 380 dias após o plantio das coroas).

Foi verificado o efeito isolado da adubação nitrogenada sobre os teores de P, K e Ca. Houve redução nos teores destes nutrientes na matéria seca da parte aérea do rebento, quando foram fornecidas às coroas maiores doses do

adubo nitrogenado (Figura 1C, D e E). Os maiores teores foliares estimados de P, K e Ca foram 2,74; 26,43 e 3,70 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Os teores de S não foram influenciados pela dose de N, com os valores de média geral de 1,73 g kg<sup>-1</sup> na matéria seca dos rebentos até 380 dias após o plantio das coroas.

A Tabela 3 apresenta os teores dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca da parte aérea dos rebentos em função da interação dos fatores tamanho do rebento e época de avaliação.

Tabela 3. Teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de rebentos produzidos em coroa de abacaxi 'Smooth Cayenne', em função dos tamanhos de colheita e da idade de plantio das coroas

Tamanho do rebento (cm)	Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )			Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )		
	Época (dias)			Época (dias)		
	180	300	380	180	300	380
10	20,92 Ba	24,08 Aa	20,68 Ba	2,04 Ca	3,43 Aa	3,07 Ba
15	20,14 Ba	23,87 Aa	19,12 Bab	1,96 Ca	3,15 Abc	2,78 Bb
20	21,24 Ba	24,39 Aa	17,43 Cb	1,96 Ca	3,21 Aab	2,59 Bb
25	20,79 Ba	25,12 Aa	18,04 Cb	2,01 Ca	2,90 Ac	2,56 Bb
CV (%)	11,03			11,22		
Tamanho do rebento (cm)	Potássio (g kg <sup>-1</sup> )			Cálcio (g kg <sup>-1</sup> )		
	Época (dias)			Época (dias)		
	180	300	380	180	300	380
10	28,84 Aa	27,33 Aa	28,40 Aa	2,99 Aa	3,08 Aa	2,63 Ab
15	28,86 Aa	25,35 Bab	24,58 Bb	2,94 Aa	3,39 Aa	3,05 Ab
20	27,32 Aab	23,90 Bb	21,09 Cc	3,19 ABa	3,67 Aa	2,98 Bb
25	25,58 Ab	19,00 Bc	15,31 Cd	3,29 Ba	3,41 ABa	3,87 Aa
CV (%)	11,02			20,89		
Tamanho do rebento (cm)	Magnésio (g kg <sup>-1</sup> )			Enxofre (g kg <sup>-1</sup> )		
	Época (dias)			Época (dias)		
	180	300	380	180	300	380
10	1,88 Bb	2,70 Ac	2,50 Ac	1,46 Bab	1,99 Aa	2,05 Aa
15	2,04 Bab	3,26 Ab	3,04 Ab	1,38 Bb	1,95 Aa	1,95 Aa
20	2,27 Bab	3,68 Aab	3,30 Ab	1,60 Bab	1,91 Aa	1,70 Bb
25	2,40 Ca	3,81 Ba	4,39 Aa	1,64 Aa	1,62 Ab	1,47 Ac
CV (%)	17,06			13,83		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste de Tukey.

O teor de N verificado na matéria seca dos rebentos colhidos aos 180 dias após o plantio das coroas foi estatisticamente igual na matéria seca dos rebentos em todos os tamanhos. Este mesmo efeito ocorreu nos rebentos colhidos aos 300 dias, entretanto, nos rebentos colhidos aos 380 dias o teor de N

foi maior na matéria seca dos rebentos de 10 e 15 cm que não diferiram entre si. Em todos os tamanhos avaliados foram verificados maiores teores de N nos rebentos aos 300 dias de avaliação. Nesta mesma época o teor de P foi maior em todos os tamanhos de rebentos avaliados e aos 380 dias o teor de P foi maior somente nos rebentos com tamanho de 10 cm quando comparado aos demais tamanhos avaliados, que não diferiram entre si (Tabela 3).

De acordo Malavolta et al. (1997) a faixa adequada de teor de N para o abacaxizeiro é de 20 a 22 g kg<sup>-1</sup>. Nas condições deste experimento em todas as épocas de avaliação, com exceção da segunda época, o teor de N na matéria seca foliar dos rebentos estava dentro ou em menor concentração, aos teores considerados nesta faixa adequada por Malavolta et al. (1997). Somente aos 380 dias nos rebentos de tamanhos 20 e 25 cm foram constatados reduções nos teores de N. No entanto, considerando como faixa ideal os teores de 15 a 17 kg<sup>-1</sup> de N, citados por Malézieux e Bartholomew (2003) para o abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', os teores foliares de N, no presente estudo, em função dos tamanhos, ficaram acima dos teores considerados adequados.

Aos 180 dias de avaliação os teores de K foram menores nos rebentos de tamanhos 20 e 25 cm, não havendo diferença estatística entre eles. Diferentemente do que foi verificado aos 300 dias, onde o menor teor de K foi no tamanho 25 cm, quando comparado com os outros tamanhos. Já aos 380 dias nota-se que somente o rebento de tamanho de 10 cm apresentou maior teor de K, nos demais tamanhos, os teores diminuíram conforme o aumento do tamanho (Tabela 3).

De modo geral, aos 180 dias após o plantio das coroas, os rebentos apresentaram maiores teores foliares de K e em todas as épocas os teores estavam dentro da faixa ideal de 22 a 30 g kg<sup>-1</sup> de K (Malézieux e Bartholomew, 2003), com exceção dos rebentos de tamanho de 25 cm, que apresentaram teores de K abaixo do considerado adequado aos 300 e 380 dias (Tabela 3).

Coelho et al. (2010) consideraram o teor de 16 g kg<sup>-1</sup> de K como mais adequado para mudas 'Smooth Cayenne' obtidas por seccionamento do caule aos nove meses após o plantio das secções do caule. Com base neste valor, somente o rebento de tamanho 25 cm aos 380 dias apresentou menor teor deste nutriente, o que pode indicar que a qualidade dos rebentos pode não ter sido afetada por este nutriente, já que, com exceção do tamanho 25 cm da última

época, os rebentos apresentavam teores de K acima dos valores citados por estes autores.

Os teores de Ca na matéria seca da parte aérea dos rebentos variaram entre os tamanhos somente aos 380 dias, sendo verificado maior teor deste nutriente nos rebentos de tamanho 25 cm, quando comparados com os de tamanhos 10, 15 e 20 cm, que foram iguais (Tabela 3). Este efeito pode ter ocorrido devido a uma possível interferência do número de dias para a colheita dos rebentos nos diferentes tamanhos. No último tempo de avaliação, a redistribuição de maiores quantidades deste nutriente das coroas para os rebentos, pode ter sido limitada nos rebentos de tamanhos 10, 15 e 20 cm até a colheita do broto; como o rebento de tamanho 25 cm permanecia por mais dias na coroa, pode ter sido alocada maior quantidade de Ca para o rebento de 25 cm. Este efeito foi semelhante ao verificado nos teores de B na matéria seca da parte aérea dos rebentos (Tabela 4).

Ramos et al. (2011) avaliando folhas D de abacaxizeiro aos 12 meses após o transplante, verificaram que os teores de Ca e B foram maiores nesta época, do que aqueles avaliados aos nove meses. Os autores atribuíram este efeito à baixa mobilidade destes nutrientes no floema. A força do dreno em diferentes partes das plantas faz com que o Ca seja concentrado nas folhas e ramos onde ocorre maior transpiração do que em frutos (Kluge et al., 2001).

O teor de Mg, aos 180 dias após o plantio das coroas, no rebento de tamanho 25 cm foi superior ao rebento com tamanho 10 cm, mas não diferiu nos rebentos de tamanhos 15 e 20 cm. Já aos 300 dias, o teor de Mg nos rebentos de tamanho 25 cm foi estatisticamente igual ao encontrado nos rebentos de 20 cm e aos 380 dias foi superior a todos os tamanhos de rebentos avaliados (Tabela 3).

Na maioria dos tamanhos foram encontradas maiores concentrações de S nas últimas épocas de avaliação, onde os rebentos de tamanhos 10 e 15 cm apresentaram maiores valores de média aos 380 dias (Tabela 3). Diferente dos outros nutrientes, de modo geral, os teores de S não se encontravam dentro da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1997) que varia de 2 a 3 g kg<sup>-1</sup>. No entanto, os valores encontrados no presente trabalho estavam próximos aos encontrados na matéria seca de rebentos obtidos por seccionamento do caule adubados com ureia e ácido bórico (Coelho et al., 2010).

Quanto aos micronutrientes, houve interação significativa entre os fatores tamanho de rebento na colheita e a época de avaliação para os nutrientes B, Mn, Zn e Ni. Em geral, os tamanhos dos rebentos, em cada época de avaliação, não influenciaram ou pouco incrementaram os teores de B, Mn, Zn e Ni na matéria seca da parte aérea dos rebentos (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea de rebentos produzidos em coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne', em função dos tamanhos de colheita dos rebentos e da idade de plantio das coroas

Tamanho do rebento (cm)	Boro (mg kg <sup>-1</sup> ) Época (dias)			Manganês (mg kg <sup>-1</sup> ) Época (dias)		
	180	300	380	180	300	380
10	19,37 Ba	24,57 Aa	17,45 Bb	198,38 Ba	276,64 Ab	224,81 Bc
15	19,00 Ba	25,50 Aa	19,50 Bb	208,88 Ba	334,04 Aa	296,19 Bb
20	20,18 Ba	26,93 Aa	20,69 Bb	210,69 Ca	374,29 Aa	286,44 Bb
25	21,25 Ba	27,62 Aa	27,44 Aa	215,38 Ba	353,06 Aa	370,00 Aa
CV (%)	20,35			20,79		
Tamanho do rebento (cm)	Zinco (mg kg <sup>-1</sup> ) Época (dias)			Níquel (mg kg <sup>-1</sup> ) Época (dias)		
	180	300	380	180	300	380
10	21,58 Ba	28,99 Aa	19,45 Ba	1,48 Ba	1,95 Aa	1,95 Aa
15	18,74 Ba	27,45 Aab	18,75 Ba	1,09 Bb	1,87 Aa	1,86 Aa
20	18,92 Ba	25,53 Abc	19,08 Aa	1,09 Bb	1,77 Aa	1,84 Aa
25	18,54 Ba	23,34 Ac	19,85 Ba	1,05 Cb	1,74 Ba	2,02 Aa
CV (%)	17,11			17,61		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Em relação ao teor de B na matéria seca da parte aérea dos rebentos, aos 180 dias, os rebentos de tamanhos 10, 15 e 20 cm foram estatisticamente iguais aos da última época de avaliação. Esta mesma resposta foi observada para os teores de Mn, nos tratamentos 10 e 15 cm e para os teores de Zn nos rebentos de tamanhos 10,15 e 25 cm (Tabela 4).

Os teores de B estão abaixo dos considerados como adequados (30 mg kg<sup>-1</sup>) por Malézieux e Bartholomew (2003). Porém, estão próximos aos teores foliares de B encontrados na matéria seca de abacaxizeiros 'Imperial', cultivados com solução nutritiva completa, e, estão acima dos teores de plantas cultivadas sobre a deficiência de B até 12 meses após o plantio (Ramos et al., 2011).

Em folhas D de mudas de abacaxizeiros 'Smooth Cayenne' obtidas após nove meses do plantio de secções de caule e adubadas com ureia e ácido bórico, foram verificados teores de B de 17 a 24 g kg<sup>-1</sup> (Coelho et al., 2010). O estágio fenológico das plantas nesta última pesquisa é o que mais se assemelha ao estágio das plantas do estudo apresentado (Tabela 4).

O maior teor de Ni foi verificado nos rebentos de 10 cm colhidos aos 180 dias após o plantio das coroas, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Neste mesmo período, independente do tratamento, os rebentos apresentaram menores teores médios quando comparados aos dois últimos períodos de avaliação (Tabela 4).

Foi verificado efeito isolado do fator época para os teores foliares de Cu. A maior concentração foi observada aos 380 dias, com valor de média de 5 mg kg<sup>-1</sup> Cu no rebento, sendo estatisticamente superior aos valores 4,67 e 4,53 mg kg<sup>-1</sup> dos teores observados aos 180 e 300 dias, respectivamente, não diferindo nestas duas épocas de avaliação.

Houve, ainda, para os teores de Cu, efeito isolado do fator doses de N. Os teores de Cu diminuíram linearmente ( $Y = 5,508 - 0,061x$ ,  $R^2 = 0,99^{**}$ ) com o aumento da adubação nitrogenada até 380 dias de avaliação após o plantio das coroas.

Para o teor de Mo, ocorreu efeito isolado do fator épocas de avaliação. O teor de Mo na matéria seca da parte aérea dos rebentos foi maior aos 180 dias, com valor médio de 0,23 mg kg<sup>-1</sup> de Mo. Nos rebentos colhidos aos 300 e 380 dias após o plantio das coroas os teores foram 0,15 e 0,11 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

O conhecimento dos teores de micronutriente em mudas de abacaxizeiro é um dos fatores que pode contribuir para melhorias no processo de produção de mudas. Alguns trabalhos publicados como: Siebeneichler et al. (2008), Coelho et al. (2010), Feitosa et al. (2011), Maeda et al. (2011) e Amorim et al. (2013) têm demonstrado a importância dos micronutrientes no crescimento de plantas e produção de abacaxizeiro. Porém, a maioria das pesquisas é limitada aos teores dos nutrientes Fe, B, Zn e Cu, além disso, são escassos na literatura trabalhos que demonstram os efeitos dos teores de micronutrientes em mudas de abacaxizeiro.

## CONCLUSÕES

- A colheita do rebento nos tamanhos 20 e 25 proporciona o maior crescimento (área foliar e massa seca aérea) da muda;
- Aos 180 dias, os rebentos apresentam indicadores de melhor qualidade, no entanto, os rebentos podem ser coletados até aos 380 dias após o plantio das coroas;
- As doses crescentes de ureia aumentam os teores foliares de N em todas as épocas de avaliação e reduzem os teores de P, K Ca e Cu na matéria seca da parte aérea dos rebentos.

## REFERÊNCIAS

- Amorim, A.V., Lacerda, C.F., Marques, E.C., Ferreira, F.J., Silva Júnior, R.J.C., Filho, F.L.A., Gomes-Filho, E. (2013) Micronutrients affecting leaf biochemical responses during pineapple development. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 25: 70-78.
- 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*, 35: 769-781.
- Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C. de., Lopes, J.C., Teixeira, S.L., Marinho, C.S. (2007a) Coroa do abacaxi 'Smooth Cayenne' na produção de mudas do tipo rebentão. *Ciência e Agrotecnologia*, 31: 1867-1871.
- Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C.de., Marinho, C.S., Lopes, J.C., Pessanha, P.G.O. (2007b) Resposta à adubação com ureia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29: 161-165.



- Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C.de., Thiebaut, J.T.L. (2010) Teores foliares de nutrientes em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' em resposta à adubação. *Revista de Ciências Agrárias*, 33: 173-179.
- Feitosa, H.O., Amorim, A.V., Lacerda, C.F., Silva, F.B. (2011) Crescimento e extração de micronutrientes em abacaxizeiro 'Vitória'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 706-712.
- IBGE (2017). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <http://https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>. Acesso em 20 de junho de 2017.
- Jackson, M. L. (1965) *Soil chemical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 498p.
- Kluge, R.A., Filho, J.A.S., Jacomino, A.P., Peixoto, C.P. (2001) *Distúrbios fisiológicos em frutos*. Piracicaba: FEALQ, 58p.
- Maeda, A.S., Buzetti, S., Boliani, A.C., Benett, C.G.S., Teixeira Filho, M.C.M., Andreotti, M. (2011) Foliar fertilization on pineapple quality and yield. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41: 248-253.
- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 630 p.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas : princípios e aplicações*. POTAFOS.2ª.ed. Piracicaba, p.319.
- Malézieux, E., Bartholomew, D.P. (2003) Plant nutrition. In: Bartholomew, D.P., Paul, R.E., Rohrbach, K.G. eds. *The Pineapple: Botany, production and uses*. Honolulu, CAB. p.143-165.
- Peters, J. B. (2005) *Wisconsin procedures for soil testing, plant analysis and feed & forage analysis: plant analysis*. Madison: College of Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin -Extension.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.G.R., Silva, J.A.da. (2011) Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 261-271.

- Santos, P.C.dos., Freitas, S.J., Freitas, M.S.M., Sousa, L.B.de, Carvalho, A.J.C. de. (2011) Produção de mudas do tipo rebentão, utilizando coroas de três cultivares de abacaxi inoculadas com fungos micorrízicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 954-961.
- Siebeneichler, S.C., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C.de., Silva, J.A.da. (2008) Boro em abacaxizeiro 'Pérola' no norte fluminense - teores, distribuição e características do fruto. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30: 787-793.
- Silva, A.A., Carvalho, A.J.C. de., Freitas, F.P., Pessanha, P.G.O., Santos, P.C. dos., Silva, M.P.S., Vasconcelos, T.S., Olivares, F.L. (2016) Diazotrophic bactéria and nitrogen fertilization on the growth of micropropagated pineapple plantlets during acclimatization. *Ciência Rural*, 46: 1952-1958.

### 3.3. RESPOSTA DE MUDAS MICROPROPAGADAS DE ABACAXIZEIRO INOCULADAS COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS E FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES DURANTE A ACLIMATIZAÇÃO

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi verificar o efeito da inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no crescimento e nutrição de mudas micropropagadas de abacaxizeiro durante o período de aclimatização. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x2x2, sendo representados pelos inóculos mistos: FMAs (*Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita*), bactérias diazotróficas (*Burkholderia* sp. UENF 114111 + *Burkholderia silvatlantica* UENF 11711 + *Herbaspirillum seropedicae* HRC 54), inóculo misto das espécies de bactérias diazotróficas + FMAs e o controle (sem inoculação); duas cultivares de abacaxizeiro (BRS Vitória e BRS Imperial) em duas épocas de avaliação (90 e 150 de aclimatização), com quatro repetições. Foram avaliadas após o transplante, aos 90 e 150 dias de aclimatização as seguintes características das mudas: altura, número de folhas, área foliar, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e teores de macronutrientes e micronutrientes. Verificou-se que a inoculação com FMAs e bactérias diazotróficas não promove o crescimento aéreo das mudas. Além do inóculo misto de FMAs e do inóculo misto de bactéria + FMAs aumentar os teores de P das mudas do abacaxizeiro 'BRS Vitória' e 'BRS Imperial', estes inóculos acrescentam os teores foliares de Ca, Mg e S das mudas. O inóculo misto de bactérias diazotróficas incrementa a matéria seca da raiz em mudas micropropagadas de abacaxizeiro aos 150 dias de aclimatização.

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*, propagação vegetativa, micro-organismos.

## **RESPONSES OF MICRO-PROPAGATED PINEAPPLE SAPLING INOCULATED WITH DIAZOTROPHIC BACTERIA AND ARBUSCULAR MICORRYSTAL FUNGI DURING ACLIMATIZATION**

**Abstract:** The aim of the present study was to verify the effect of the inoculation of diazotrophic bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the growth and nutrition of micropropagated pineapple seedlings during the acclimatization period. The experimental design was a randomized block design in a 4x2x2 factorial scheme, represented by the following mixed inoculums: AMF (*Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita*), diazotrophic bacteria (*Burkholderia* sp. UENF 114111 + *Burkholderia silvatlantica* UENF 11711 + *Herbaspirillum seropedicae* HRC 54), mixed inoculum of diazotrophic bacteria species + AMF and control (without inoculation); two pineapple cultivars (BRS Vitória and BRS Imperial) during two evaluation periods (90 and 150 days acclimatization), with four replications. The following seedling characteristics were evaluated after transplanting at 90 and 150 days of acclimatization: height, number of leaves, leaf area, shoot dry matter, root dry matter, and macronutrient and micronutrient contents. The AMF and diazotrophic bacteria inoculation does not promote seedling aerial growth. In addition to increasing the 'BRS Vitória' and 'BRS Imperial' pineapple seedling P contents, the mixed AMF inoculum and the mixed bacteria + AMF inoculum also increased seedling Ca, Mg and S foliar contents. The mixed diazotrophic bacteria inoculum increases dry root matter in the micropropagated pineapple seedlings at 150 days acclimatization.

**Keywords:** *Ananas comosus*, vegetative propagation, microorganisms.

## INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) é uma planta símbolo das regiões tropicais e subtropicais dispersa pelo mundo inteiro, originário da América, sendo o Brasil, provavelmente, o centro de origem e diversidade da espécie (Crestani et al., 2010). No Brasil, o processo de produção de mudas desta espécie e o potencial desta etapa em disseminar pragas e doenças, tem sido o principal gargalo de desenvolvimento da cultura (Santos et al., 2011).

Assim, o plantio de mudas sadias e resistente às doenças, é uma alternativa para o controle de doenças como a fusariose, a principal doença que atinge a cultura e para o aumento da produção. Como abacaxicultura brasileira é constituída predominantemente por plantas das cultivares Pérola e Smooth Cayenne, as quais são suscetíveis à fusariose, busca-se a produção de novas cultivares resistentes (Cabral et al., 2003).

A micropropagação é uma alternativa e um método viável para a propagação do abacaxizeiro, principalmente na produção de mudas sadias e na multiplicação de novas cultivares (Teixeira et al., 2001), como a ‘BRS Vitória’ e a ‘BRS Imperial’, o que pode melhorar a expansão da cultura nas áreas de cultivo. Porém, o tempo de aclimatização das mudas pode elevar o custo da produção destas, pois nesta fase o crescimento das mudas é lento (Moreira et al., 2006; Barboza et al., 2006), sendo demandadas técnicas que melhorem a aclimatização.

Técnicas que possibilitem acelerar o crescimento de plantas, têm sido testadas, como o uso de bactérias diazotróficas (Weber et al., 2003; Baldotto et al., 2010; Silva et al., 2016), de fungos micorrízicos arbusculares – FMAs (Stancato et al., 2010; Santos et al., 2011) e a inoculação conjunta de bactérias diazotróficas e FMAs (Soares et al., 2009; Lima et al., 2011; Vitorazi Filho et al., 2012); também busca-se o aumento de resistências de plantas a estresse biótico e abiótico por meio dos efeitos de bactérias diazotróficas e FMAs (Soler et al., 2016).

Além disso, uma maneira potencial de diminuir os impactos ambientais negativos resultantes do uso contínuo de produtos químicos fertilizantes é a utilização da inoculação com biofertilizantes como bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares.

As bactérias diazotróficas são micro-organismos que promovem incremento no crescimento da parte aérea e do sistema radicular por meio de vários processos, tais como a fixação de nitrogênio e a produção de fitormônios (Baldotto et al., 2010). Já os FMAs contribuem por diversos mecanismos, sendo o mais conhecido, a absorção de nutrientes, principalmente o fósforo - P (Wu et al., 2010; Santos et al., 2011).

Os fungos micorrízicos arbusculares (Santos et al., 2011) e as bactérias diazotróficas (Baldotto et al., 2010) são importantes para a nutrição e o crescimento do abacaxizeiro. Na fase de produção de mudas em viveiro, estes micro-organismos podem melhorar o desenvolvimento da planta e minimizar o uso de fertilizantes, além disso, podem antecipar o tempo de transplante das mudas para o campo (Costa et al., 2001; Silva et al., 2016).

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito da inoculação de bactérias diazotróficas e de FMAs no crescimento e nutrição de mudas micropropagadas de abacaxizeiro durante o período de aclimatização.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, em Campos dos Goytacazes - RJ, situada a latitude = 21°19', longitude = 41°10'40" e altitude = 14 m.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2x2, sendo representados pelos inóculos mistos com: FMAs (*Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita*), bactérias diazotróficas (*Burkholderia* sp. UENF 114111 + *Burkholderia silvatlantica* UENF 117111 + *Herbaspirillum seropedicae* estirpe HRC 54), inóculo misto das bactérias + FMAs (*Burkholderia* sp. UENF 114111 + *Burkholderia silvatlantica* UENF 117111 + *Herbaspirillum seropedicae* estirpe HRC 54 e *Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita*); duas cultivares de abacaxizeiro (BRS Vitória e BRS Imperial) em duas épocas de avaliação (90 e 150 dias de aclimatização), com quatro repetições para

cada tratamento. A unidade experimental foi constituída por quatro mudas cultivadas separadamente em bandejas de isopor, conforme cada tratamento.

As mudas de abacaxizeiro 'BRS Vitória' e 'BRS Imperial' foram provenientes de cultivo *in vitro* e foram adquiridas no Laboratório de Biotecnologia BIOMUDAS, de Venda Nova do Imigrante-ES, as quais foram selecionadas com o peso médio de 0,30 g de matéria fresca.

As bactérias diazotróficas foram adquiridas no laboratório de biologia celular e tecidual da UENF e fazem parte da coleção de bactérias. Cada pré-inóculo com 20 uL do estoque bacteriano foi diluído em meio de cultivo líquido DYG'S (Döbereiner et al., 1995) e mantidos sob agitação orbital de 140 rpm à 30°C em um período de 24 horas. Após este tempo, cada inóculo foi preparado utilizando alíquota de 100 uL do pré-inóculo em 100 mL de meio líquido DYG's, permanecendo sob agitação orbital de 140 rpm a 30°C, o que correspondeu a um volume final de 100 mL cada.

As espécies de FMAs foram adquiridas nos Banco de Inóculo do Setor de Microbiologia do Solo da UENF do Laboratório de Solos. A multiplicação dos fungos foi realizada em casa de vegetação. Para a produção do inóculo foi utilizada uma mistura de Latossolo Amarelo predominantemente argiloso + areia na proporção de 1:1 (v/v), autoclavado por duas vezes, a 121°C de temperatura por uma hora.

Os inóculos foram multiplicados utilizando sementes de milho (*Zea mays*); para isto, as sementes foram desinfestadas, por 15 minutos, em solução de hipoclorito de sódio 0,5% e em seguida foram lavadas com água destilada. Decorrido os 60 dias após a semeadura em vasos, com a condução destes em casa de vegetação para a multiplicação dos fungos, a parte aérea foi cortada e os vasos mantidos cobertos, por um mês, sem irrigação no intuito de facilitar a esporulação dos fungos. Após este período a mistura de solo contendo esporos e raízes colonizadas dos FMAs foi conservada em câmara fria a 4°C e foi utilizada como inóculo no momento do transplântio das mudas de abacaxizeiro.

A inoculação dos FMAs foi realizada durante o transplântio das mudas de abacaxizeiro, a partir da mistura de solo contendo esporos e raízes de milho colonizadas do inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita*), deixando-se o tratamento controle sem inoculação. O inóculo misto foi misturado

de forma homogênea ao substrato, em um volume correspondente a 3% do volume da célula de 20 cm<sup>3</sup>.

Para a inoculação das bactérias, os inóculos foram dissolvidos em 5,7 L de água destilada. A inoculação foi realizada pela imersão das mudas a esta mistura por 30 minutos e o controle imerso em água destilada. Em seguida, as mudas foram transplantadas para as bandejas preenchidas com substrato comercial Vivatto Slim Plus<sup>®</sup>. Após 15 dias da primeira inoculação, o substrato foi inoculado com a mesma mistura bacteriana e cada célula da bandeja recebeu 2 mL desta mistura.

Em uma amostra do substrato utilizado no plantio das mudas foi realizada a análise química, que apresentou as seguintes características químicas: pH = 5,9; S-SO<sub>4</sub> = 1090 mg dm<sup>-3</sup>; P = 400 mg dm<sup>-3</sup>; K = 29,7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 96,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 58,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 34,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Na = 13,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MO = 130,85 g dm<sup>-3</sup>; CTC (pH=7) = 231,50 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 196,90 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 85%; Fe = 155,90 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 1,71 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 32,50 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 84,20 mg dm<sup>-3</sup> e B = 4,18 mg dm<sup>-3</sup>.

Após o transplante, com auxílio de um pulverizador costal, as mudas foram pulverizadas com água para evitar a desidratação das folhas. Aos 15 dias após o transplante, semanalmente, foi realizada uma adubação foliar com uma solução nutritiva completa com 2 mL por planta, preparada conforme Ramos et al. (2011). Sendo que partir da quarta semana foi realizada a omissão de P (fósforo) da solução, por ocasião da inoculação com FMAs. Todas as adubações foram feitas a partir das 17h, com o auxílio de uma cabine confeccionada com isopor e filme plástico devidamente desinfestada, para a proteção, de modo a evitar a deriva e/ou contaminação entre mudas de tratamentos diferentes.

Foram avaliadas após o transplante, aos 90 e 150 dias de aclimatização, as seguintes características biométricas: altura, número de folhas, área foliar, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e análise nutricional dos macronutrientes e micronutrientes. A altura da muda foi medida com o auxílio de uma régua graduada em mm, agrupando as folhas para cima, com a medição do colo da planta até a extremidade da folha maior; o número de folhas foi obtido pela contagem das folhas visíveis. Para a obtenção da matéria seca da parte aérea e da raiz, estas foram secas, separadamente, em estufa de circulação forçada a 70°C por 72 horas e, posteriormente, foram pesadas em balança



analítica. A área foliar foi obtida no medidor de área foliar de bancada modelo LI-3100 LICOR, Lincoln, NE, USA.

Aos 150 dias de aclimatização foi realizada a contagem de bactérias diazotróficas e a porcentagem de FMAs no tecido radicular. Para avaliar a porcentagem de colonização micorrízica as raízes foram lavadas e armazenadas em álcool etílico em 50%. As raízes finas foram utilizadas para determinar a porcentagem de colonização micorrízica, de acordo com a metodologia descrita por Grace e Stribley (1991), com adaptações. O clareamento das raízes foi realizado com KOH (2,5%), em banho-maria, por cinco minutos, a 80°C e posterior lavagem com água destilada. Em seguida as raízes foram imersas em água oxigenada alcalina (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), durante 15 minutos e lavadas em água destilada. Depois foram imersas em ácido clorídrico (5%), por 5 minutos, e posterior coloração por 10 minutos a 80°C com azul de metil. Após este procedimento os segmentos de raízes coloridas foram levados ao microscópio estereoscópico, com auxílio de uma pinça e lâminas, para observação da presença de estruturas de FMAs.

Outra amostra de 0,1 g das raízes finas foi separada para a estimativa do número de células das bactérias diazotróficas associativas presentes nas raízes, de acordo com a técnica do número mais provável (NMP) conforme Döbereiner et al. (1995). Esta amostra foi macerada em 99,9 mL de água destilada. A partir das diluições (10<sup>-3</sup>), foram realizadas diluições seriadas, com 1 mL da diluição original em 9 mL de água até a diluição 10<sup>-7</sup>. Alíquotas de 100 µL das diluições (10<sup>-5</sup>, 10<sup>-6</sup>, 10<sup>-7</sup>) foram inoculadas no centro do meio semissólido JNFb armazenados em frasco de vidro contendo 5 mL do meio. Estes frascos foram incubados a 30°C em um período de sete dias.

Decorrido este período, os frascos inoculados foram avaliados quanto à presença do crescimento bacteriano, pela presença de uma película na superfície do meio. A espécie foi identificada baseando-se na cor do indicador, na morfologia da célula e da aparência da colônia na placa. Em todos os tratamentos foi considerado o número mínimo de células por grama de raiz, baseado na diluição (10<sup>-1</sup>). O Índice de Número Mais Provável (NMP) de bactérias foi obtido com o uso da Tabela de McCrady para três repetições por diluição, com os valores normalizados pela transformação logarítmica (Döbereiner et al., 1995).

A análise nutricional das mudas foi realizada conforme descrito a seguir:

após a secagem da parte aérea em estufa, o material foi triturado em moinho tipo Wiley, usando peneira de 20 mesh e armazenado em frascos hermeticamente fechados. Posteriormente, o material foi pesado e submetido à análise química para a determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), ferro (Fe), Zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), molibdênio (Mo) e níquel (Ni). Para a determinação dos teores de N, o material vegetal foi submetido à digestão sulfúrica e o nutriente foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965). Em outra amostra pesada foram determinados os teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Zn, Mn, Cu e Ni, usando o plasma (ICPE-9000) da marca Shimadzu<sup>®</sup>, após digestão com HNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em sistema de digestão aberta (Peters, 2005).

Os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa SANEST.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que os tratamentos microbiológicos influenciaram na altura e no número de folhas das mudas, independente da época e da cultivar. Observou-se que as mudas quando inoculadas com o inóculo misto FMAs apresentaram menor crescimento para essas variáveis comparativamente ao controle (ausência de inóculo) e ao inóculo misto de bactérias (Tabela 1), no entanto, quando os FMAs foram associados às bactérias (inóculo misto bactérias + fungos), verificou-se o incremento 5,78% na altura quando comparado à inoculação somente com os FMAs, porém, não foi observada diferença significativa entre estes tratamentos.

Com relação ao número de folhas, este foi superior no tratamento controle quando comparado com o inóculo contendo FMAs, mas não diferiu do inóculo misto bactérias e do inóculo misto bactérias + fungos.

Tabela 1. Altura e número de folhas por mudas micropropagadas de abacaxizeiro em função da inoculação com bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), até 150 dias de aclimatização

Inóculo misto	Altura (cm)	Nº de folhas
Ausência	8,72 a	14,71 a
FMAs	7,99 b	13,86 b
Bactérias	8,64 a	14,59 ab
Bactérias+FMAs	8,48 ab	14,33 ab
Média	8,46	14,37
CV (%)	7,05	5,72

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

Soares et al. (2009) observaram em mudas de abacaxizeiro pérola, que a germinação de FMA pode ser estimulada ou inibida em presença de bactérias promotoras de crescimento, enquanto a simbiose micorrízica pode ser inibida.

Santos et al. (2011) constataram que a inoculação com o FMAs *Glomus etunicatum* e a inoculação com uma mistura dos fungos *Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita*, promoveu diminuição do número de folhas em mudas do abacaxizeiro 'Perola' e 'Smooth Cayenne'.

Diferente do presente estudo, Gutiérrez-Oliva et al. (2009) observaram aumento no número de folha e peso seco com inoculação de *Rhizophagus clarus* em mudas de abacaxizeiro micropropagadas.

Os benefícios da colonização micorrízica são variados e podem depender do genótipo da planta e do fungo, e são influenciados pelas condições edafoclimáticas (Guillemin et al., 1992; Lovato et al., 1996).

Embora alguns tratamentos microbiológicos não tenham promovido maior crescimento da planta, não diferindo do tratamento controle, verificou-se que a inoculação com bactérias e a inoculação conjunta de FMAs e bactérias, de modo geral, aumentaram o crescimento das mudas de abacaxizeiro quando comparado ao tratamento com a inoculação somente com os FMAs (Tabela 1 e 2).

O aumento da absorção de P por meio da ação das micorrizas promove benefícios entre a interação FMAs e bactéria diazotróficas, o que melhora as condições para o estabelecimento das bactérias e o funcionamento da nitrogenase, favorecendo também o crescimento dos FMAs (Artursson et al., 2006).

Tabela 2. Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e área foliar (AF) de mudas micropropagadas de abacaxizeiro em função da inoculação com bactérias diazotróficas, fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e das épocas de aclimatização

Inóculo misto	MSPA (mg)		MSR (mg)		AF (cm <sup>2</sup> )	
	90 dias	150 dias	90 dias	150 dias	90 dias	150 dias
Ausência	245,31 Ba	448,38 Aa	51,56 Aa	36,25 Bb	41,56 Bab	61,51 Aa
FMAs	223,75 Ba	335,88 Ac	41,88 Aa	38,75 Ab	35,83 Bb	49,69 Ab
Bactérias	254,68 Ba	463,68 Aa	41,88 Ba	60,42 Aa	43,17 Ba	64,70 Aa
Bactérias+FMAs	237,19 Ba	399,56 Ab	38,44 Aa	45,00 Ab	40,29 Bab	53,71 Ab
Média	240,23	411,88	43,44	45,11	40,21	57,40
CV (%)	10,02		24,89		9,84	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Os efeitos dos tratamentos microbiológicos foram mais evidenciados aos 150 dias de aclimatização na matéria seca da parte aérea e na área foliar, independente da cultivar. Aos 150 dias, as mudas apresentaram maiores valores de média de matéria seca da parte aérea quando inoculadas com o inóculo misto de bactérias do que aquelas que receberam o inóculo misto bactérias + FMAs e o inóculo misto FMAs, mas não diferiu do controle.

Weber et al. (2003) constataram que a inoculação com bactérias *Burkholderia cepacia* (AB213) aumentou o acúmulo de matéria seca da parte aérea das plantas da cv. Smooth Cayenne, com incremento de 15,2% em relação às plantas controle.

A inoculação de *Asaia bogorensis* AB219 em mudas micropropagadas cv. Cayenne Champac aumentou em 19,4 e 17,3% a massa fresca de frutos sem e com coroa, em relação àquelas mudas que não receberam a inoculação com bactérias, na dose de 8,1 g de N por planta ao ano (Weber et al., 2004)

O inóculo misto de bactérias, mesmo não diferindo do tratamento controle, promoveu o maior valor de média da área foliar, aos 90 dias, em relação aos demais tratamentos contendo os micro-organismos, no entanto, diferiu estatisticamente somente da inoculação com FMAs, os quais apresentam menores valores neste período (Tabela 2).

Também foram observados incrementos da massa seca da raiz das mudas micropropagadas de abacaxizeiro tratadas com o inóculo misto de

bactérias, aos 150 dias de aclimatização, com o incremento de 40% com relação ao tratamento controle (Tabela 2).

Estes resultados estão de acordo com os observados por Baldotto et al. (2010), que verificaram efeitos significativos no crescimento radicular em mudas micropropagadas de abacaxizeiro cv. BRS Vitória quando inoculadas com bactérias diazotróficas.

Silva et al. (2016) verificaram em mudas micropropagadas de abacaxizeiro 'BRS Vitória' o aumento da matéria seca aérea e radicular quando as mudas foram inoculadas com o inóculo misto de bactérias diazotróficas *Burkholderia* sp. UENF 114111, *Burkholderia silvatlantica* UENF 117111 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpe HRC 54, no período de 150 dias de aclimatização. O mecanismo de promoção de crescimento pelas bactérias pode ter ocorrido devido à produção de reguladores de crescimento (Malik et al., 1997), os quais podem contribuir para o crescimento da raiz, proporcionando a melhor adaptação de mudas ao período de aclimatização.

Verificou-se o efeito isolado do fator cultivar, onde as mudas da cv. BRS Vitória apresentaram a maior altura. Quanto ao número de folhas, verificou-se a maior quantidade em mudas da 'BRS Imperial', com incremento de 9,29%. No entanto, não se observou diferenças na matéria seca da parte aérea e da raiz nas cultivares estudadas (Tabela 3).

Tabela 3. Altura da muda, número de folhas, matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz por muda micropropagada de abacaxizeiro, em função das cultivares aos 150 dias de aclimatização

Cultivar	Altura (cm)	Nº de folhas	Matéria seca da parte aérea (mg)	Matéria seca da raiz (mg)
BRS Vitória	8,87 a	13,67 b	323,71 a	44,11 a
BRS Imperial	8,03 b	15,07 a	328,39 a	44,42 a
Média	8,45	14,37	324,80	44,27
CV (%)	7,52	5,72	10,01	24,89

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

Em relação à composição nutricional das mudas de abacaxizeiro, os teores dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S apresentaram diferença significativa em função da inoculação independente da cultivar e da época (Tabela 4).

O efeito do inóculo misto de bactérias sobre os teores de N pode ter sido inibido, devido à utilização da solução nutritiva contendo nitrogênio, que foi aplicada semanalmente às mudas. Porém, foram observados maiores teores de N quando as mudas receberam o inóculo misto de FMAs e o inóculo contendo bactérias e FMAs (Tabela 4).

Em estudos de Pereira et al. (1996) com as espécies arbóreas fedegoso, cássia verrugosa, angico vermelho e acácia, os autores concluíram que as micorrizas desempenham papel importante na nutrição nitrogenada destas espécies.

Tabela 4. Teores foliares dos nutrientes em mudas micropropagadas do abacaxizeiro em função da inoculação com bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)

Inóculo misto	N	K	Ca	Mg	S
	.....g kg <sup>-1</sup> .....				
Ausência	7,57 b	50,04 ab	7,15 c	4,10 c	4,68 b
FMAs	8,26 a	48,35 bc	7,69 ab	5,26 a	5,90 a
Bactérias	7,71 b	51,20 a	7,51 bc	4,47 b	4,45 b
Bactérias+FMAs	8,14 a	46,40 c	7,94 a	5,46 a	5,87 a
Média	7,92	49,00	7,57	4,82	5,23
CV (%)	4,68	4,93	5,78	5,31	13,51

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

Observou-se, também, que o inóculo misto de FMAs e o inóculo de bactérias + FMAs incrementaram os teores foliares de Ca, Mg e S nas mudas de abacaxizeiro comparativamente aos tratamentos com a inoculação do inóculo bactérias e o controle, sem inoculação de micro-organismos (Tabela 4).

Santos et al. (2011) constataram que a inoculação com *Glomus etunicatum* e a inoculação com uma mistura dos fungos (*Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita*) promoveram aumento dos teores de N e Mg em rebentos de abacaxizeiros. Já os teores foliares de Ca foram superiores quando as mudas foram inoculadas com a mistura dos fungos.

O aumento no crescimento e o efeito no estado nutricional de plantas pelas micorrizas podem ser propiciados pela ramificação das hifas e pelo micélio externo que exploram regiões do solo em que as raízes não alcançam, promovendo maior absorção de nutrientes, principalmente o P (Moreira e

Siqueira, 2006). Conforme o desenvolvimento das micorrizas arbusculares em raízes de plantas, os fungos simbiontes crescem desenvolvendo uma complexa rede ramificada, que pode atingir de 30 m (Gianinazzi et al., 2010) à 50 m de hifas por agregado estável do solo.

Para os teores de K, as mudas inoculadas com o inóculo misto de bactérias diazotróficas apresentaram maiores teores foliares em relação aos inóculos mistos de bactérias + FMAS e o inóculo FMAs, mas não diferiram do controle, mesmo apresentando maiores valores de média dos teores (Tabela 4).

Baldotto et al. (2010) verificaram que a inoculação com bactérias do gênero *Burkholderia* aumentou a matéria seca da raiz e da parte aérea de mudas micropropagadas de abacaxizeiro 'BRS Vitória', resultando no incremento em 115, 112 e 69% dos conteúdos de N, P e K, respectivamente, em relação ao tratamento controle, aos 90 dias do período de aclimatização.

Silva (2013) utilizando as mesmas espécies de bactérias diazotróficas testadas neste estudo constatou que a inoculação em mudas micropropagadas de abacaxizeiro 'BRS Vitória', incrementou os conteúdos de N, K e S quando comparado às mudas que não receberam a inoculação. No entanto, estes autores utilizaram solução nutritiva com ausência de N, o que pode ter aumentado os teores de N na matéria seca da parte aérea, pela fixação dos N pelas bactérias diazotróficas.

Os tratamentos microbiológicos com os inóculos que continham os FMAs (inóculo misto de FMAs e inóculo misto bactérias + fungos) aumentaram os teores foliares de fósforo em relação aos tratamentos com inóculo de bactérias e ao tratamento sem inoculação, nas cvs. BRS Vitória e BRS Imperial. Independente do tratamento microbiológico, as mudas do abacaxizeiro 'BRS Imperial' apresentaram maiores teores deste nutriente do que a cv. BRS Vitória (Tabela 5).

Santos et al. (2011) observaram em mudas do abacaxizeiro 'Pérola' e 'Smooth Cayenne', que a inoculação com *G. etunicatum* aumentou os teores de P de rebentos do abacaxizeiro 'Pérola' em relação ao 'Smooth Cayenne'. Neste mesmo estudo foi constatado que a mistura dos fungos *Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita* promoveu a maior absorção de P na cultivar 'Smooth Cayenne'.

Tabela 5. Teores foliares de fósforo, em  $\text{g kg}^{-1}$ , em mudas micropropagadas de abacaxizeiros 'BRS Vitória' e 'BRS Imperial' em função da inoculação com bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), até 150 dias de aclimatização

Inóculo misto	Cultivar	
	BRS Vitória	BRS Imperial
Ausência	2,61 Bb	3,50 Ab
FMAs	3,40 Ba	4,80 Aa
Bactérias	3,62 Bb	3,79 Ab
Bactérias+FMAs	3,38 Ba	4,76 Aa
Média	3,25	4,03
CV (%)	7,69%	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Jaizme-Vega e Azoón (1991) observaram em abacaxizeiro micropropagado, que os conteúdos de N, P, K na parte aérea das mudas aumentaram em 152%, 241%, 210%, respectivamente, com a inoculação de *G. fasciculatum* e que houve aumento de 270%, 123% e 192% com o uso de *G. mossea*, respectivamente

Observou-se que as épocas de amostragem influenciaram significativamente os teores foliares de Ca e Mg das cultivares estudadas, independente do tratamento microbiológico (Tabela 6). Onde os teores de Ca e Mg foram superiores na segunda época de amostragem, sendo observado teores maiores destes nutrientes na cv. BRS Vitória nas duas épocas de avaliação.

Tabela 6. Teores foliares de Ca e Mg em mudas micropropagadas de abacaxizeiros 'BRS Vitória' e 'BRS Imperial' em duas épocas de avaliação (90 e 150 dias de aclimatização)

Cultivar	Ca		Mg	
	..... $\text{g kg}^{-1}$ .....			
	90 dias	150 dias	90 dias	150 dias
BRS Vitória	7,32 Ba	9,01 Aa	4,58 Ba	6,13 Aa
BRS Imperial	6,53 Bb	7,43 Ab	3,86 Bb	4,69 Ab
Média	6,93	8,22	4,22	5,41
CV (%)	5,78		5,31	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



Observou-se diferença entre as cultivares 'BRS Vitória' e 'BRS Imperial' em relação aos teores de Mn, Zn, Mo e Ni independente dos inóculos e das épocas de avaliação, sendo que as mudas da 'BRS Imperial' apresentaram maiores valores de média dos micronutrientes Mn e Ni. Já a cv. BRS Vitória apresentou maiores valores de média dos teores de Zn e Mo (Tabela 7).

Tabela 7. Teores foliares de micronutrientes em mudas micropropagadas de abacaxizeiros 'BRS Vitória' e 'BRS Imperial', até 150 dias de aclimatização

Cultivar	Mn	Zn	Mo	Ni
	.....mg kg <sup>-1</sup> .....			
BRS Vitória	44,24 b	26,47 a	7,52 a	1,00 b
BRS Imperial	50,95 a	22,47 b	5,95 b	1,21 a
Média	47,6	24,47	6,74	1,11
CV (%)	9,45	12,46	19,22	38,75

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

Com relação aos teores foliares dos micronutrientes em função da inoculação, observou-se que o teor de B foi maior em mudas inoculadas com o inóculo bactérias + FMAs. Para o Cu, a inoculação da mistura bactérias + FMAs e o inóculo misto com fungos apresentaram os maiores teores foliares deste nutriente (Tabela 8).

Tabela 8. Teores foliares de micronutrientes em mudas micropropagadas de abacaxizeiro, em função da inoculação com bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), até 150 dias de aclimatização

Inóculo misto	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
	.....mg kg <sup>-1</sup> .....						
Ausência	67,27 b	3,61 b	131,74 a	50,48 a	23,66 a	6,94 a	0,90 b
FMAs	69,51 ab	5,51 a	148,44 a	41,73 b	24,90 a	7,13 a	1,41 a
Bactérias	69,51 ab	3,66 b	142,63 a	53,77 a	24,12 a	6,07 a	0,92 b
Bactérias+FMAs	75,13 a	5,63 a	150,63 a	44,39 b	25,19 a	6,79 a	0,20 ab
Média	70,36	4,60	143,36	47,59	24,47	6,73	0,86
CV (%)	8,64	12,35	22,89	9,45	12,46	19,22	38,75

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

Para o Mn, os tratamentos contendo FMAs apresentaram os menores valores de média (Tabela 8). Esta diminuição nos teores de Mn pode ter ocorrido devido a um possível efeito de proteção à planta pelos FMA, que conforme Silveira (1992), essa simbiose pode desenvolver algum papel de proteção direta da planta à toxicidade Mn e Al e pode estar incluída em mecanismo de exclusão destes elementos.

Os tratamentos microbiológicos não influenciaram sobre os teores foliares de Fe, Zn e Mo (Tabela 8). Para o teor de Ni, verificou-se que o inóculo misto FMAs incrementou os teores deste nutriente quando comparado com os tratamentos controle e inóculo misto de bactérias diazotróficas, mas não diferiu significativamente do inóculo misto bactéria + fungo (Tabela 8).

A inoculação realizada com fungos micorrízicos aumentou a concentração de N, P, K, Zn e Cu em plantas de sorgo e soja, quando comparado ao tratamento sem inoculação (Bressan et al., 2001).

Silva (2013) estudando a inoculação da mistura de bactérias diazotróficas contendo *Burkholderia* sp. UENF 114111, *Burkholderia silvatlantica* UENF 117111 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpe HRC 54 em mudas micropropagadas de abacaxizeiro 'BRS Vitória' e avaliando os conteúdos dos micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo e Ni, não verificou diferença significativa entre os conteúdos destes nutrientes em mudas inoculadas e mudas não inoculadas.

Na avaliação da colonização micorrízica realizada nas raízes das mudas, aos 150 dias após o transplante, verificou-se que independente da cultivar, os inóculos contendo os FMAs (inóculo misto de FMAs e inóculo misto de bactérias + FMAs) associaram-se às raízes das mudas micropropagadas em mudas que foram inoculadas (Figuras 1, 2, 3 e 4). O inóculo misto contendo bactérias + FMAs, apresentou tendência à maior colonização, mas não diferiu estatisticamente do tratamento contendo o inóculo misto de FMAs. Estes mesmos tratamentos aumentaram os teores de P em mudas dos abacaxizeiros 'BRS Vitória' e 'BRS Imperial', e os teores foliares de N, Ca, Mg e S independente da cultivar.

Estudos realizados por Balota et al. (1997) demonstraram que a co-inoculação de bactérias diazotróficas com *Rhizophagus clarus* aumentou a colonização micorrízica em 40% em mudas de mandioca e a esporulação em 168%, comparada à inoculação do fungo isolado. Neste mesmo estudo foi

constatado que os tratamentos contendo a Bactéria E com *G. manihotis* ou *G. Clarum* incrementaram o crescimento aéreo e radicular das plantas.

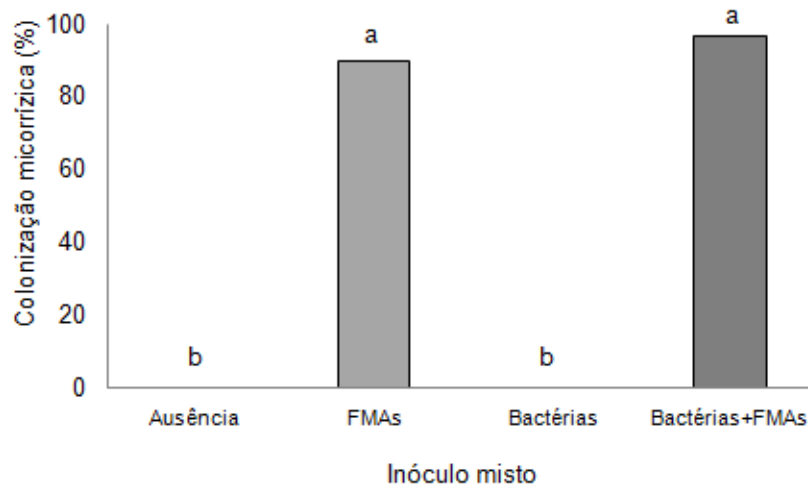


Figura 1. Colonização dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em raízes de mudas micropropagadas de abacaxizeiro, em função dos tratamentos microbiológicos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

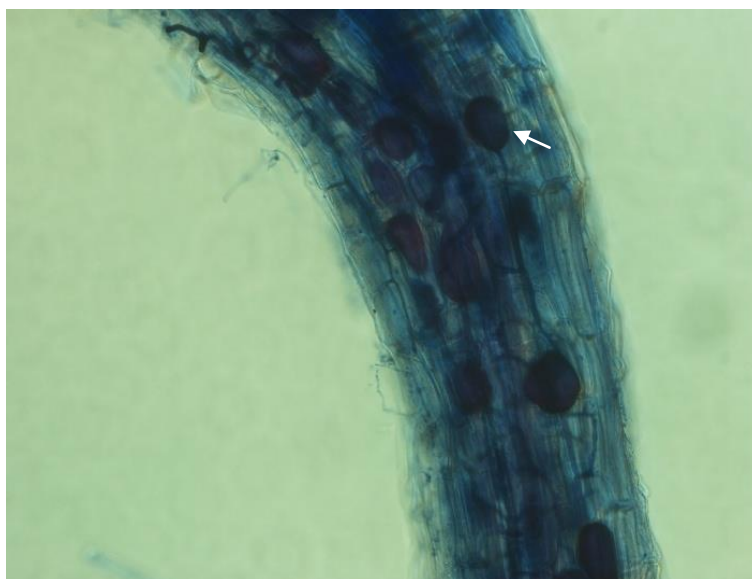


Figura 2. Vesículas em raízes de mudas micropropagadas de abacaxizeiro visualizadas ao microscópio, aos 150 dias de aclimatização das mudas.

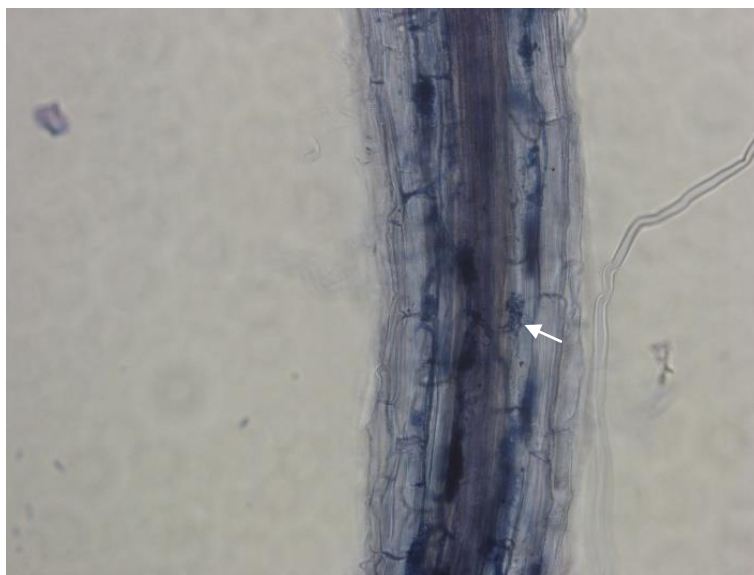


Figura 3. Arbúsculos em raízes de mudas micropropagadas de abacaxizeiro, visualizadas ao microscópio, aos 150 dias de aclimatização das mudas.

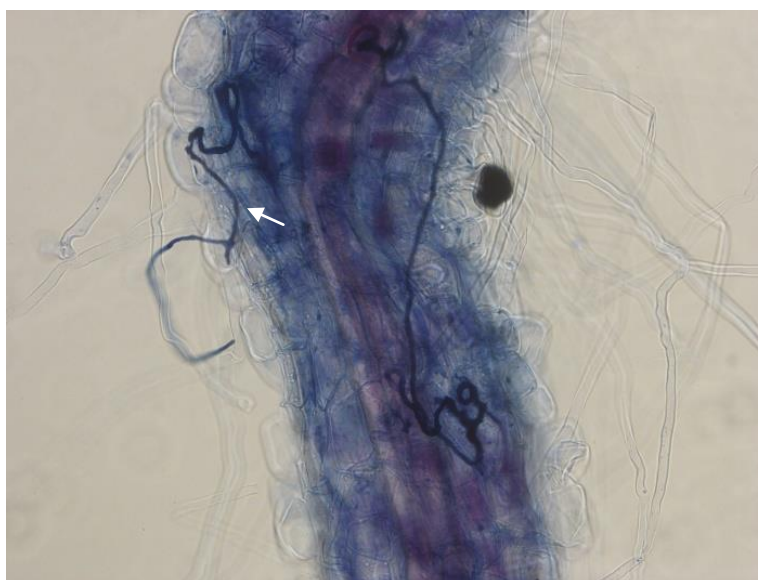


Figura 4. Hifas em raízes de mudas micropropagadas de abacaxizeiro visualizadas ao microscópio, aos 150 dias de aclimatização das mudas.

A análise da contagem de bactérias realizada no sistema radicular das mudas micropropagadas do abacaxizeiro demonstrou que houve o efeito significativo dos tratamentos microbiológicos (Figura 5). As mudas inoculadas com o inóculo misto de bactérias + fungos apresentaram maior população das bactérias em relação aos demais tratamentos, no entanto, não diferiu do inóculo

misto contendo apenas as bactérias. Em mudas controle foi verificada a presença de bactérias, que pode ocorrer devido à proximidade das mesmas ou pela contaminação dos explantes no momento da multiplicação *in vitro* das mudas micropropagadas, que dificilmente pode ser evitada (Weber et al., 2003), como foi verificado em mudas de bananeira (Weber et al., 2000) e abacaxizeiro (Weber et al., 2003).

Observou-se que a inoculação conjunta de bactérias e FMAs contribuiu para a maior população das bactérias nas mudas micropropagadas independente da cultivar. A colonização das bactérias diazotróficas pode ser influenciada por FMAs, que estimulam o aumento da população de bactérias, como foi verificado por Miyuchi et al. (2008), que avaliaram o efeito de um FMA e de bactérias diazotróficas em cinco genótipos de *Zea mays* L.

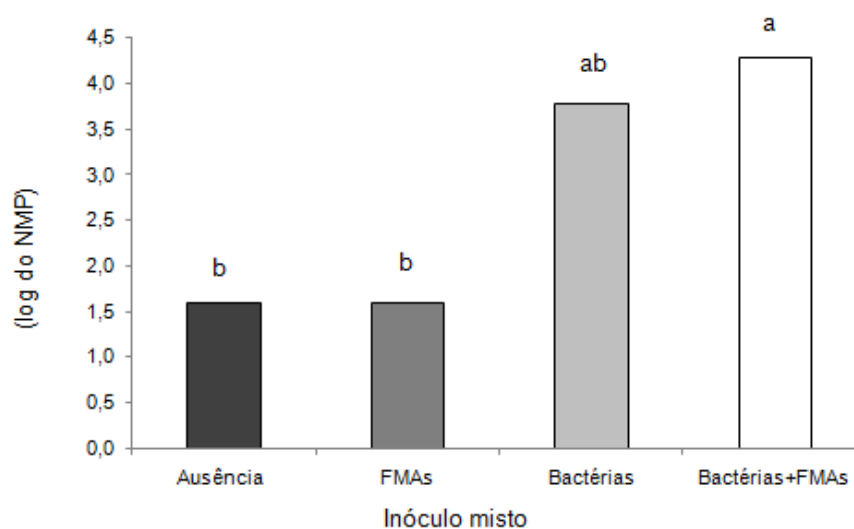


Figura 5. Log do Número Mais Provável (NMP) de bactérias por grama de raiz do abacaxizeiro em resposta à inoculação de bactérias diazotróficas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

## CONCLUSÕES

- A inoculação com FMAs e bactérias diazotróficas não promove o crescimento aéreo das mudas micropropagadas de abacaxizeiro;

- O inóculo misto de FMAs e o inóculo misto de bactéria + FMAs aumentaram os teores de P das mudas micropropagadas do abacaxizeiro 'BRS Vitória' e 'BRS Imperial';
- O inóculo misto de bactérias diazotróficas incrementa a matéria seca da raiz em mudas micropropagadas de abacaxizeiro aos 150 dias de aclimatização.

## REFERÊNCIAS

- Artursson, V., Finlay, R.D., Jansson, J.K. (2006) Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. *Environmental Microbiology*, 8:1-10.
- Baldotto, L.E.B., Baldotto, M.A., Canellas, L.P., Bressan-Smith, R., Olivares, F.L. (2010) Growth promotion of pineapple 'Vitória' by humic acids and *Burkholderia* spp. during acclimatization. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34: 1593-1600.
- Balota, E.L., Lopes, E.S., Hungria, M., Döbereiner, J. (1997) Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32: 627-639.
- Barboza, S.B.S.C., Ribeiro, D.G., Teixeira, J.B., Portes, T.A., Souza, L.A.C. (2006) Anatomia foliar de plantas micropropagadas de abacaxi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:185-194.
- Bressan, W., Siqueira, J.O., Vasconcellos, C.A., Purcino, A.A.C. (2001). Mycorrhizal fungi and phosphorus on growth, yield and nutrition of intercropped grain sorghum and soybean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36: 315-323.
- Cabral, J.R.S., Matos, A.P.de., Jughans, D.T. (2003) *Desenvolvimento de híbridos de abacaxi resistentes à fusariose*. Cruz da Almas: Embrapa- -CNPMPF, 4p. (Comunicado Técnico, 88).

- Costa, C.M.C., Maia, L.C., Cavalcante, U.M.T. (2001) Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). *Pesquisa agropecuária brasileira*, 36:893-901.
- Crestani, M., Barbieri, R., Hawerth, F.J., Carvalho, J.I.F., Oliveira, A.C. (2010) Das Américas para o mundo - origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. *Ciência Rural*, 40: 1473-1483.
- Döbereiner, J., Baldani, V.L.D., Baldani, J.I. (1995) *Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas*. Brasília: Embrapa-SPI /Embrapa-CNPAB, 60p.
- Gianinazzi, S., Gollote, A., Binet, M.N., Tuinen, D.V., Redecker, D., Wipf, D. (2010) Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*, 20:519-530.
- Grace, C., Stribley, D.P. (1991) A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, 95: 1160-1162.
- Guillemin, J.P., Gianinazzi, S., Trouvelot, A. (1992) Screening of arbuscular endomycorrhizal fungi for establishment of micropropagated pineapple plants *Agronomie*, 12:831-836.
- Gutiérrez-Oliva, V.F., Abud-Archila, M., Flores-Pérez, A., Alvarez-Solis, J.D., Gutiérrez-Miceli, F.A. (2009) Influencia de los hongos micorrízicos arbusculares sobre el crecimiento de vitro plántulas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Con diferentes niveles de fósforo. *Gayana Botánica*, 66: 1-9.
- Jackson, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*. New Jersey, Prentice Hall, 498p.
- Jaizme-Vega, M.C., Azcón, R. (1991) Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) in the Canary Islands. *Fruits*, 46: 47-50.
- Lima, K.B., Martins, M.A., Freitas, M.S.M., Olivares, F.L. (2011) Fungos micorrízicos arbusculares, bactérias diazotróficas e adubação fosfatada em mudas de mamoeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33:932-940.

- Lovato, P.E., Gianinazzi-Pearson, A., Trouvelot, A., Gianinazzi, S. (1996). The state of art of mycorrhizas and micropropagation. *Advances in Horticultural Science*, 10: 46-52.
- Malik, K.A., Bilal, R., Mehnaz, S., Rasul, G., Mirsa, M.S., Ali, M.S. (1997) Association of nitrogen-fixing, plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) with kallar grass and rice. *Plant and Soil*, 194: 37-44.
- Miyauchi, M.Y.H., Lima, D.S., Nogueira, M.A., Lovato, G.M., Murate, L.S., Cruz, M.F., Ferreira, J.M., Zangaro, W., Andrade, G. (2008) Interactions between diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungus in maize genotypes. *Scientia Agricola*, 65: 525-531.
- Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O. (2006) *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2º Ed, 729 p.
- Moreira, M.A., Carvalho, J.G., Pasqual, M., Fráguas, C.B., Silva, A.B. da. (2006) Efeito de substratos na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro cv. Pérola. *Ciência e Agrotecnologia*, 30: 875-879.
- Pereira, E.G., Siqueira, J.O., Curi, N., Moreira, F.M.S, Purcino, A.A.C. (1996) Efeitos da micorriza e do suprimento de fósforo na atividade enzimática e na resposta de espécies arbóreas ao nitrogênio. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 8: 59-65.
- Peters, J.B. (2005) *Wisconsin procedures for soil testing, plant analysis and feed & forage analysis: plant analysis*. Madison: College of Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin -Extension.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.G.R., Silva, J.A.da. (2011) Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 261-271.
- Santos, P.C.dos., Freitas, S.J., Freitas, M.S.M., Sousa, L.B.de., Carvalho, A.J.C. de. (2011b) Produção de mudas do tipo rebentão, utilizando coroas de três cultivares de abacaxi inoculadas com fungos micorrízicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 954-961.



- Silva, A.A., Carvalho, A.J.C. de., Freitas, F.P., Pessanha, P.G.O., Santos, P.C. dos., Silva, M.P.S., Vasconcelos, T. S., Olivares, F. L. (2016) Diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization on the growth of micropropagated pineapple plantlets during acclimatization. *Ciência Rural*, 46: 1952-1958.
- Silva, A.A. (2013) *Bactérias diazotróficas e adubação nitrogenada na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes- RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 87p.
- Silveira, A.P.D. (1992) Micorrizas. In: Cardoso, E.J.B.N., Tsai, S.M., Neves, M.C.P. *Microbiologia do solo*. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 360.
- Soares, S.A.G., Mariano, R.L.R., Cavalcante, U.M.T., Maia, L.C. (2009) Efeito de bactérias na germinação de fungos micorrízicos arbusculares e co inoculação em mudas de abacaxizeiro. *Revista Caatinga*, 22: 31-38.
- Soler, A., Marie-Alphonsine, P. A., Corbion, C., Fernandes, P., Portal Gonzalez, N., Gonzalez, R., Repellin, A., Declerck, S., Quénéhervé, P. (2016) Bioprotection of pineapple in ecological cropping systems. *International Society for Horticultural Science (ISHS)*, 159-168.
- Stancato, G.C.; Silveira, A.P.D. da. (2010) Micorrização e adubação de mudas micropropagadas de antúrio, cv. Eidibel: crescimento e aclimatização *ex vitro*. *Bragantia*, 69:957-963.
- Teixeira, J.B., Cruz, A.R.R., Ferreira, F.R., Cabral, J.R. (2001) Biotecnologia aplicada à produção de mudas: produção de mudas micropropagadas de abacaxi. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 3: 42-47.
- Vitorazi Filho, J. A., Lima, K. B., Freitas, M. S. M., Martins, M. A., Olivares, F. L. (2012) Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas sob diferentes doses de fósforo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34: 442-450.
- Weber, O.B., Baldani, J.I., Döbereiner, J. (2000) Bactérias diazotróficas em mudas de bananeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 2277-2285.

- Weber, O.B., Correia, D., Silveira, M.R.S., Crisóstomo, L.A., Oliveira, E.M.de., Sá, E.G. (2003) Efeito da bactéria diazotrófica em mudas micropropagadas de abacaxizeiros Cayenne Champac em diferentes substratos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38: 689-696.
- Weber, O.B., Terao, D., Rocha, L.S., Correia, D., Santos, F.J.S. (2004) Efeito de bactérias diazotróficas na produção de abacaxizeiro 'Cayenne Champac', sob irrigação em dois níveis de adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26: 249-253.
- Wu, Q.S., Zou, Y.N., He, X.H. (2010). Contributions of arbuscular mycorrhizal fungi to growth, photosynthesis, root morphology and ionic balance of citrus seedling under salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32: 297-304.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é uma planta herbácea e perene. O fruto da espécie destaca-se como um dos principais consumido no Brasil e no mundo. A propagação do abacaxizeiro é realizada por meio de mudas, que são provenientes de métodos convencionais ou por métodos de multiplicação acelerada. No primeiro trabalho avaliaram-se os efeitos da produção de rebentos precoces colhidos em diferentes tamanhos e da adubação nitrogenada sobre as variáveis morfológicas e nutricionais da coroa de abacaxi.

O experimento foi conduzido em bancadas a pleno sol e utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, em fatorial 4x4, com quatro doses de ureia (5, 10, 15 e 20 g de ureia por vaso) e quatro tamanhos mínimos de altura de colheita de rebentos (10, 15, 20 e 25 cm) do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', com quatro repetições.

As coroas produzem 18,11 e 6,83 rebentos com 10 e 25 cm de comprimento, respectivamente, até aos 380 dias. Para a colheita do rebento com tamanho de 25 cm, há aumento de 138% do tempo de crescimento do rebento em relação ao rebento de 10 cm de altura. Os diferentes tamanhos de colheita dos rebentos influenciam sobre a matéria seca da raiz e do caule das coroas. A colheita de rebentos nos tamanhos 20 e 25 cm de altura promove a maior redução dos teores de K das coroas. A adubação nitrogenada aumenta os teores de N e influencia negativamente os teores foliares de P, K, Ca e S das coroas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'.

No segundo trabalho o objetivo foi avaliar as características morfológicas e o estado nutricional de diferentes tamanhos de rebentos precoces produzidos em coroas de abacaxi com adubação nitrogenada ao longo de 380 dias. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x4x3, sendo quatro doses de nitrogênio (5, 10, 15 e 20 g de ureia por vaso), quatro tamanhos mínimos de altura de colheita de rebentos (10, 15, 20 e 25 cm) do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' e em três épocas de avaliação (180, 300 e 380 dias após o plantio das coroas) com quatro repetições. Em cada época de amostragem dos rebentos, foram coletados quatro rebentos por vaso para proceder as seguintes avaliações: diâmetro do caule; número de folhas; a área foliar; a matéria seca da parte aérea e os teores de micronutrientes e macronutrientes. Conclui-se que o tamanho de colheita do rebento interfere positivamente no crescimento do rebento e que os tamanhos 20 e 25 proporcionam mudas mais robustas. Os rebentos coletados aos 180 dias após o plantio das coroas apresentam melhor qualidade. As doses crescentes de ureia aplicadas nas coroas aumentam os teores foliares de N dos rebentos em todas as épocas de avaliação e reduzem os teores de P, K Ca e Cu na matéria seca da parte aérea dos rebentos. Os tamanhos de colheita dos rebentos não influenciam os teores foliares dos macronutrientes N, P e Ca e dos micronutrientes B, Mn e Zn aos 180 dias após o plantio das coroas.

No terceiro trabalho, o experimento foi conduzido em casa de vegetação, com o objetivo de verificar o efeito da inoculação de bactérias diazotróficas e de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no crescimento e nutrição de mudas micropropagadas de abacaxizeiro durante o período de aclimatização. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2x2, sendo representados pelos inóculos mistos com: FMAs (*Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita*), bactérias diazotróficas (*Burkholderia* sp. UENF 114111 + *Burkholderia silvatlantica* UENF 11711 + *Herbaspirillum seropedicae* HRC 54), inóculo misto das espécies de bactérias diazotróficas + FMAs e o controle (sem inoculação); duas cultivares de abacaxizeiro ('BRS Vitória' e 'BRS Imperial') em duas épocas de avaliação (90 e 150 dias de aclimatização), com quatro repetições para cada tratamento. Conclui-se que a inoculação com FMAs e bactérias diazotróficas não promove o crescimento aéreo das mudas micropropagadas de abacaxizeiro. A utilização do inóculo misto de

FMA e do inóculo misto de bactéria + FMA aumenta os teores de fósforo das mudas do abacaxizeiro 'BRS Vitória' e 'BRS Imperial'. O inóculo misto de bactérias diazotróficas incrementa a matéria seca da raiz aos 150 dias de aclimatização e a população de bactérias diazotróficas é beneficiada com a presença dos FMA em mudas micropropagadas de abacaxizeiro.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agogbua, J.U., Osuji, J.O. (2011) Split crown technique for mass propagation of Smooth Cayenne pineapple in South–South Nigeria. *African Journal of Plant Science*, 5: 591- 598.
- Alves, C., Oliveira, J.R., Reis, E.S., Corrêa, R.M.; Souza. J., Silva, J.C.O., Paula, J.C.R., Rodrigues, L.H.F., Souza, M.A., Mendonça, M.R.A. (2008) A Cultura de Tecidos na Agricultura. I Jornada Científica e VI FIPA do CEFET. Bambuí-MG, 4p.
- Amorim, A.V., Lacerda, C.F.de., Marques, E.C., Ferreira, F.J., Silva Júnior, R.J. C., Filho, F.L.A., Gomes-Filho, E. (2013) Micronutrients affecting leaf biochemical responses during pineapple development. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 25: 70-78.
- Andreola, F., Cardoso, E.J.B.N., Silveira, A.P.D. (1985) Efeito de Seis Espécies de Fungos Micorrízicos Vesículo Arbusculares sobre o Desenvolvimento de três variedades de cana-de-açúcar. *Tecnologia/Pesquisa*, p.35-89.
- Artursson, V., Finlay, R.D., Jansson, J.K. (2006) Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. *Environmental Microbiology*, 8: 1-10.
- Baldotto, L.E.B., Baldotto, M.A., Canellas, L.P., Bressan-Smith, R., Olivares, F.L. (2010) Growth promotion of pineapple 'Vitória' by humic acids and

*Burkholderia* spp. During acclimatization. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34: 1593-1600.

Balota, E.L., Lopes, E.S., Hungria, M., Döbereiner, J. (1997) Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32: 627-639.

Barboza, S.B.S.C., Ribeiro, D.G., Teixeira, J.B., Portes, T.A., Souza, L.A.C. (2006) Anatomia foliar de plantas micropropagadas de abacaxi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41: 185-194.

Berbara, R.L.L., Souza, F.A., Fonseca, H.M.A.C. (2006) Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: Fernandes, M. S (ed). *Nutrição Mineral de Plantas*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, p. 53-88.

Berilli, S.S., Carvalho, A.J.C.de., Freitas, S.J., Farias, D.C., Marinho, C.S. (2011) Avaliação do desenvolvimento de diferentes tamanhos de mudas micropropagadas de abacaxizeiro, após aclimação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 208-214.

Borges, A.L., Trindade, A.V., Souza, L. S., Batista, N.B(2003) Cultivo orgânico de fruteiras tropicais: manejo do solo e da cultura. EMBRAPA, (Circular Técnico, 64). Cruz das Almas - BA, 12p.

Bregonci, I.S., Schimdt, E.R., Coelho, R.I., Reis, E.F., Brum, V.J., Santos, J.G. (2008) Adubação foliar com macro e micronutrientes no crescimento de mudas micropropagadas do abacaxi cv. Gold [*Ananas comosus* (L.) Merrill] em diferentes recipientes. *Ciência e Agrotecnologia*, 32: 705-711.

Bressan, W., Siqueira, J.O., Vasconcellos, C.A., Purcino, A.A.C. (2001). Mycorrhizal fungi and phosphorus on growth, yield and nutrition of intercropped grain sorghum and soybean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36: 315-323.

Cabral, J.R.S., Matos, A.P.de., Jughans, D.T. (2003) Desenvolvimento de híbridos de abacaxi resistentes à fusariose. Cruz da Almas: Embrapa- -CNPMPF, 4p. (Comunicado Técnico, 88).

- Cabral, J.R.S., Matos, A.P.de. (2005) Imperial, nova cultivar de abacaxi. Cruz das Almas, BA: Embrapa-CNPMPF, 4p. (Embrapa-CNPMPF. Comunicado Técnico, 114).
- Catunda, P.E.A., Marinho, C.S., Gomes, M.M.A., Carvalho, A.J.C.de. (2008) Brassinosteróide e substratos na aclimação do abacaxizeiro 'Imperial'. *Acta Scientiarum Agronomy*, 30: 345-352.
- 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*, 35: 769-781.
- Cid, L.P.B.A. (2001) A propagação *in vitro* de plantas: O que é isso? *Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 19: 16-21.
- Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C.de., Lopes, J.C., Teixeira, S.L., Marinho, C.S. (2007a) Coroa do abacaxi 'Smooth Cayenne' na produção de mudas do tipo rebentão. *Ciência e Agrotecnologia*, 31: 1867-1871.
- Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C.de., Marinho, C.S., Lopes, J.C., Pessanha, P.G.O. (2007b) Resposta à adubação com ureia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29: 161-165
- Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C.de., Thibaut, J.T.L., Lopes, J.C. (2009) Brotação de gemas em secções de caule de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' tratadas com reguladores de crescimento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31: 203-209.
- Coelho, R.I., Carvalho, A.J.C.de., Thiebaut, J.T.L. Souza, M.F.de. (2010) Teores foliares de nutrientes em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' em resposta à adubação. *Revista de Ciências Agrárias*, 33: 173-179.
- Collins, J.L. (1960) *The pineapple: botany, cultivation and utilization*. New York: Interscience, 294p.
- Costa, C.M.C., Maia, L.C., Cavalcante, U.M.T., Nogueira, R.J.M.C. (2001) Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois



genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). *Pesquisa agropecuária brasileira*, 36: 893-901.

Crestani, M., Barbieri, R.L., Hawerth, F.J., Carvalho, J.I.F.de, Oliveira, A.C.de. (2010) Das Américas para o mundo - origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. *Ciencia Rural*, 40: 1473-1483.

Cruz, L.I.B., Cruz, M.C.M., Castro, G.D.M.de., Fagundes, M.C.P., Santos, J.B.dos. (2015) Crescimento e nutrição de mudas de abacaxizeiro 'Imperial' associadas com o fungo *Piriformospora indica* e aplicação de herbicidas. *Semina: Ciências Agrárias*, 36: 2407-2422.

Cunha, G.A.P.da., Cabral, R.S.C. (1999) Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: Cabral, J.R.S., Souza, L.F.da. *O abacaxizeiro – cultivo, agroindústria e economia*. 3. ed. Brasília, Embrapa/Mandioca e Fruticultura, p.15-51.

Cunha, G.A.P.da., Reinhardt, D.H.R.C. (2004) *Manejo de mudas de abacaxi*. Cruz das Almas, EMBRAPA. (Comunicado Técnico, 105).

Döbereiner, J., Reis, V.M., Paula, M.A., Olivares, F.L. (1993) Endophytic diazotrophs in sugar cane, cereals and tuber plants. In: Palacios, R., Mora, J., Newton, W.E. eds. *New Horizons in Nitrogen fixation*. Dordrecht; Kluwer Academic Publishers, p. 671-676.

Döbereiner, J., Baldani, V.L.D., Baldani, J.I. (1995) Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas. Brasília: Embrapa-SPI /Embrapa-CNPAB, 60p.

Döbereiner, J. (1997) A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, Brasília, Encarte especial, 1: 2-3.

Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., Okon, Y. (2003) Plant growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22:107–14.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. (2005) *Cultivo do Abacaxi em Rondônia*. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia>.

embrapa.br/FontesHTML/Abacaxi/CultivodoAbacaxiRO/cultivares.htm>.

Acesso em 19 de Julho de 2017.

FAO, FAOSTAT. Data. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em 20 de junho de 2017.

Faria, D. C. (2008) *Desenvolvimento e produtividade do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' em função de adubação nitrogenada e tipos de mudas no Norte Fluminense*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes- RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 67p.

Faria, D.C., Carvalho, A.J.C.de., Freitas, S.J., Freitas, M.S.M., Martins, M.A., Silva, C.F. (2008) Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em mudas de abacaxizeiro cultivadas no campo, sob doses de nitrogênio. In: *Reunião anual da sociedade interamericana de horticultura tropical*, 52. Vitória. Resumos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 167-170.

Feitosa, H.O., Amorim, A.V., Lacerda, C.F., Silva, F.B. (2011) Crescimento e extração de micronutrientes em abacaxizeiro 'Vitória'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 706-712.

Fitchet, M., Van de Venter, H.A. (1988) Rapid vegetative propagation of pineapples by crown sectioning. *South African Journal of Plant and Soil*. 5: 27-31.

Freitas, S.J., Santos, P.C.dos., Carvalho, A.J.C.de., Berilli, S.S., Gomes, M.M.A. (2012) Brassinosteróide e adubação nitrogenada no crescimento e estado nutricional de mudas de abacaxizeiro provenientes do seccionamento de caule. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34: 612-618.

Freitas, S.J., Santos, P.C.dos., Berilli, S.S., Lopes, L.C., Carvalho, A.J.C.de. (2014) Brotação, desenvolvimento e composição nutricional de mudas de abacaxizeiro provenientes de gemas axilares submetidas ao brassinosteróide. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9: 19-24.

- Gianinazzi, S., Gollote, A., Binet, M.N., Tuinen, D.V., Redecker, D., Wipf, D. (2010) Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*, 20: 519-530.
- Gomes, J.A., Ventura, J.A., Alves, F.L., Arleu, R.J., Rocha, M.A.M., Salgado, J. S. (2003) *Recomendações técnicas para a cultura do abacaxizeiro*. Vitória: INCAPER, 28p. (INCAPER, Documentos, 122).
- Gonçalves, N.B., Carvalho, V.D.de. (2000) Características da fruta. In: Gonçalves, N.B. *Abacaxi: pós-colheita*. Brasília, DF: Embrapa/CTT, p. 13-27.
- Graça, J., Machado, J.O., Ruggiero, C., Andriolo, J.L. (1991) Eficiência de fungos endomicorrízicos e da bactéria *Azospirillum brasiliense* sobre o desenvolvimento de mudas de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 13: 125-130.
- Grace, C., Stribley, D.P. (1991) A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, 95: 1160-1162.
- 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*, 35: 1367-1376.
- Guillemín, J. P., Gianinazzi, S., Trouvelot, A. (1992) Screening of arbuscular endomycorrhizal fungi for establishment of micropropagated pineapple plants. *Agronomie*, 12: 831-836.
- Guiselini, C., Pandorfi, H., Barros, A.C.B., Silva, L.F.da., Silva Neto, S.P.O.da (2013) Aclimatização de mudas de cana-de-açúcar em ambiente protegido sob dois tipos de malhas de sombreamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17: 877- 882.
- Gutiérrez-Oliva, V.F., Abud-Archila, M., Flores-Pérez, A., Alvarez-Solis, J.D., Gutiérrez-Miceli, F.A. (2009) Influencia de los hongos micorrízicos arbusculares sobre el crecimiento de vitro plántulas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Con diferentes niveles de fósforo. *Gayana Botánica*, 66: 1-9.

- Hepton, A. (2003) Cultural System. In: D. P. Bartholomew, R. E. Paull, e K. G. Rohrbach (eds.). *The Pineapple Botany, Production and Uses*. University of Hawaii at Manoa Honolulu USA: CABI Publishing, p. 109-142.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>. Acesso em 20 de junho de 2017.
- Jackson, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*. New Jersey, Prentice Hall, 498p.
- Jaizme-Vega, M.C., Azcón, R. (1991) Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) in the Canary Islands. *Fruits*, 46: 47-50.
- Jakobsen, I., Rosendahl, L. (1990) Carbon flow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber plants. *New Phytologist*, 115:77-83.
- Kitto, S.L. (1997) Commercial micropropagation. *Horticultural Science*, 32:1012-1014.
- Kluge, R.A., Filho, J.A.S., Jacomino, A.P., Peixoto, C.P. (2001) Distúrbios fisiológicos em frutos. Piracicaba: FEALQ, 58p.
- Lalonde, S., Tegeder, M., Throne-Holst, M., Frommer, W.B., Patrick, J.W. (2003) Phloem loading and unloading of sugars and amino acids. *Plant, Cell and Environment*, 26: 37-56.
- Lima, K.B., Martins, M.A., Freitas, M.S.M., Olivares, F.L. (2011) Fungos micorrízicos arbusculares, bactérias diazotróficas e adubação fosfatada em mudas de mamoeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 932-940.
- Lovato, P.E., Gianinazzi-Pearson, A., Trouvelot, A., Gianinazzi, S. (1996). The state of art of mycorrhizas and micropropagation. *Advances in Horticultural Science*, 10: 46-52.
- Macêdo, C.E.C.de, Silva, M.G.da., Nóbrega, F.S.da., Martins, C.P., Barroso, P.A.V., Alloufar, M.A.I. (2003) Concentrações de ANA e BAP na micropropagação de abacaxizeiro I. Merrill (*Ananas Comosus*) e no cultivo hidropônico das plântulas obtidas *in vitro*. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 25: 501-504.

- Maeda, A.S., Buzetti, S., Boliani, A.C., Benett, C.G.S., Teixeira Filho, M.C.M., Andreotti, M. (2011) Foliar fertilization on pineapple quality and yield. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41: 248-253.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS. p.319.
- Malavolta, E. (2006) Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 638p.
- Malézieux, E., Bartholomew, D.P. (2003) Plant nutrition. In: Bartholomew, D.P., Paul, R.E., Rohrbach, K.G. eds. *The Pineapple: Botany, production and uses*. Honolulu, CAB. p.143-165.
- Malik, K.A., Bilal, R., Mehnaz, S., Rasul, G., Mirsa, M.S., Ali, M.S. (1997) Association of nitrogen-fixing, plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) with kallar grass and rice. *Plant and Soil*, 194: 37-44.
- Martins, J.P.R., Santos, B.R., Barbosa, S., Máximo, W.P.F., Beijo, L.A., Paiva, R. (2011) Crescimento e aspectos sintomatológicos na aclimatização de ipê-roxo. *Cerne*, 17: 435-442.
- Matos, A.P.de., Junghans, D.T., Spironello, A. (2016) *Variedades de abacaxi resistentes à fusariose*. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42932/1/VARIEDADES-ABACAXI-ARISTOTELES.pdf>>. Acesso em 20 de maio de 2016.
- Matos, R.M.B., Silva, E.M.R., Brasil, F.C. (2002) Micorriza arbuscular e matéria orgânica na aclimatização de mudas de bananeira, cultivar Nanicão. *Bragantia*, 61: 277-283.
- Medina, J.C. A cultura do abacaxi. (1978) In: Medina, J.C. et al. *Frutas tropicais 2*. São Paulo: Canton. p.06-68.
- Miyauchi, M.Y.H., Lima, D.S., Nogueira, M.A., Lovato, G.M., Murate, L.S., Cruz, M.F., Ferreira, J.M., Zangaro, W., Andrade, G. (2008) Interactions between diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungus in maize genotypes. *Scientia Agricola*, 65: 525-531.

- Moreira, B.A., Wanderley, M.D.G.L., Cruz-Barro, M.A.V.da. (2006) *Bromélias: importância ecológica e diversidade. Taxonomia e morfologia*. São Paulo: Instituto de Botânica, 11p.
- Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O. (2006) *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2º Ed, 729 p.
- Moreira, M.A., Carvalho, J.G., Pasqual, M., Fráguas, Fráguas, C.B.; Silva, A.B. da. (2006) Efeito de substratos na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro cv. Pérola. *Ciência e Agrotecnologia*, 30: 875-879.
- Mosse, B. (1981) Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii: *Institute of Tropical Agriculture and Human Resources*. College of Tropical Agriculture and Human Resources. 82p.
- Nascente, A.S., Costa. J.N.M., Costa, R.S.C. (2005) Cultivo do Abacaxi em Rondônia. Embrapa Rondônia, Sistemas de Produção, 3p.
- Okon, Y., Labandera-Gonzalez, C.A. (1994) Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*, 26: 1591-1601.
- Oliveira, A.L.M., Urquiaga, S., Döbereiner, J. Baldani, J.I. (2002) The effect of inoculating endophytic N<sub>2</sub>-fixing bacteria on micropropagated sugar cane plants. *Plant and Soil*, 242: 205-215.
- Oliveira, A.M.G., Natale, W., Rosa, R.C.C., Junghans, D. T. (2015) Adubação N-K no abacaxizeiro 'BRS Imperial' - I - efeito no desenvolvimento e na floração da planta. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37: 755-763.
- Oliveira, R.S., Pereira, M. R., Carvalho, V.S., Silva, J.R., Campostrini, E. (2015) Esterilização química e agentes geleificantes alternativos na propagação vegetativa in vitro do abacaxizeiro 'Vitória'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37: 819-826.
- Oliveira-Cauduro, Y., Lopes, V.R., Bona, C.M.de., Alcantara, G.B.de., Biasi, L.A. (2016) Micropropagação de abacaxizeiro com enraizamento in vitro e ex vitro. *Plant Cell Culture Micropropagation*, 12: 53-60.

- Pedrinho, E.A.N. (2009) Isolamento e caracterização de bactérias promotoras de crescimento em milho (Zeamays L.). Tese (Doutorado em Microbiologia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 87p.
- Pereira, E.G., Siqueira, J.O., Curi, N., Moreira, F.M.S., Purcino, A.A.C. (1996) Efeitos da micorriza e do suprimento de fósforo na atividade enzimática e na resposta de espécies arbóreas ao nitrogênio. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 8: 59-65.
- Pereira, M.C.T., Nietsche, S., França, A.C., Nunes, C.F., Lima, C., Gonçalves, V., Salles, B.P., Morais, D.L.B., Kobayashi, M.K. (2005) Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira sob diferentes condições de luminosidade. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27: 238-240.
- Peters, J.B. (2005) Wisconsin procedures for soil testing, plant analysis and feed & forage analysis: plant analysis. *Madison*: College of Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin-Extension.
- Py, C., Lacoeyilhe, J.J., Teisson, C. (1984) L'ananas: as culture, sés produits. Paris: Maisonneuve et Larose, 537p.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.G.R., Silva, J.A.da. (2011) Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 261-271.
- Reinhardt, H.R.C., Cunha, G.A.P.da. (1999) Métodos de propagação. In: Cunha, G.A.P., Cabral, J.R.S., Souza, L.F.S. *O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 105-138.
- Reinhardt, D.H. (2000) A planta e o seu ciclo. In: Reinhardt, D.H., Souza, L.F.S., Cabral, J.R.S. (Org.) *Abacaxi e produção: aspectos técnicos*. Brasília: EMBRAPA, p. 13-14.
- Reinhardt, D.H., Cunha, G.A.P. (2000) Plantio. In: Reinhardt, D.H., Souza, L.F.S., Cabral, J. R. S. *Abacaxi produção: aspectos técnicos*. Brasília: Embrapa, p. 25-27.

- Reinhardt, D.H.R., Souza, L.F.S., Cunha, G.A.P. (2000) Exigências edafoclimáticas. In: Reinhardt, D.H., Souza, L.F.S., Cabral, J.R.S. (Ed.) *Abacaxi produção: aspectos técnicos*. Brasília: Embrapa, p.11-12.
- Reinhardt, D.H.R., Cunha, G.A.P. (2006) *A propagação do abacaxizeiro*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 59p.
- Ribeiro, D.G., Vasconcello, M.A.S., Araújo, A.P. (2011) Contribuição do sistema radicular de mudas micropropagadas na absorção de nitrogênio de abacaxizeiro cultivar Vitória. *Revista Brasileira Fruticultura*, 33: 1240-1250.
- Rocha, H.S. (2009) Biofábricas: estrutura física e organização. In: Junghans, T.G., Souza, A.S. (Ed.). *Aspectos práticos da micropropagação de plantas*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas – BA, p. 121-152.
- Santos, P.C.dos., Freitas, M.S.M., Freitas, S.J., Silva, M.P.S.da., Berilli, S.S. (2011a). Fungos micorrízicos no crescimento e nutrição de rebentos oriundos de coroa de abacaxi. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 658-665.
- Santos, P.C.dos., Freitas, S.J., Freitas, M.S.M., Sousa, L.B.de, Carvalho, A.J.C. de. (2011b) Produção de mudas do tipo rebentão, utilizando coroas de três cultivares de abacaxi inoculadas com fungos micorrízicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 954-961.
- Santos, P.C.dos., Silva, M.P.S.da., Freitas, S.J., Berilli, S.S., Altoé, J.A., Silva, A.A., Carvalho, A.J.C.de. (2014) Ácidos húmicos e brassinosteroide no crescimento e estado nutricional de rebentos de coroas de abacaxi. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9: 532-537.
- Schuck, M.R., Lipski, B., Silva, A.L.L.da., Carvalho, D.C.de., Biasi, L.A. (2012) Aclimatização de plantas micropropagadas de videira cv. Bordô (*Vitis rotundifolia* L.) em diferentes substratos. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 3: 206-212.
- Shiyam, J.O., Binang, W.B., Obiefuna, J.C. (2016) Suckering and Survival Capacity of Pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) Propagules in Selected Potting Substrates. *Journal of Natural Sciences Research*, 6: 95-99.



- Siebeneichler, S.C., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C.de., Silva, J.A.da. (2008) Boro em abacaxizeiro 'Pérola' no norte fluminense - teores, distribuição e características do fruto. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30: 787-793.
- Silva, S.E.L.da., Souza, A.G.C.de., Berni, R.F., Souza, M.G.de. (2004) A Cultura do Abacaxizeiro no Amazonas. Circular técnica nº 21. ISSN 1517-2449. 6p. Manaus, AM.
- Silva, A.B.da., Pasqual, M., Teixeira, J.B., Araújo, A.G.de. (2007), Métodos de micropropagação de abacaxizeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42, 1257-1260.
- 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*, 36: 447-456.
- Silva, A.A. (2013) Bactérias diazotróficas e adubação nitrogenada na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes- RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 87p.
- Silva, A.A., Carvalho, A.J.C. de., Freitas, F.P., Pessanha, P.G.O., Santos, P.C.dos., Silva, M.P.S., Vasconcelos, T. S., Olivares, F. L. (2016) Diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization on the growth of micropropagated pineapple plantlets during acclimatization. *Ciência Rural*, 46: 1952-1958.
- Silveira, A.P.D. (1992) Micorrizas. In: Cardoso, E.J.B.N., Tsai, S.M., Neves, M.C.P. *Microbiologia do solo*. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.360.
- Smith, S.E., Read, D.J. (1997) *Mycorrhizal Symbiosis*. London, Acad. Press, 605 p.
- Soares, S.A.G., Mariano, R.L.R., Cavalcante, U.M.T., Maia, L.C. (2009) Efeito de bactérias na germinação de fungos micorrízicos arbusculares e co-inoculação em mudas de abacaxizeiro. *Revista Caatinga*, 22: 31-38.
- Soler, A., Marie-Alphonsine, P.A., Corbion, C., Fernandes, P., Portal Gonzalez, N., Gonzalez, R., Repellin, A., Declerck, S., Quénehervé, P. (2016) Bioprotection

of pineapple in ecological cropping systems. *International Society for Horticultural Science (ISHS)*, 159-168.

Souza, L.F.S., Reinhardt, D.H.R.C. (2009) Abacaxizeiro. In: Crisostomo, L.A., Naumov, A. (Org.). *Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Horgen: Instituto Internacional de Potassa, (IIP. Boletim, 18), p.182-205.

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*, 26: 155-159.

Stancato, G.C., Silveira, A.P.D.da. (2010) Micorrização e adubação de mudas micropropagadas de antúrio, cv. Eidibel: crescimento e aclimatização *ex vitro*. *Bragantia*, 69: 957-963.

Steinmacher, D.A., Cangahuala-Inocente, G.C., Clement, C.R., Guerra, M.P. (2007) Somatic embryogenesis from peachpalm zygotic embryos. *In vitro Cellular and Developmental Biology – Pant*, 43: 124-132.

Stürmer, S.L., Siqueira, J.O. (2006) Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazilian ecosystems. In: Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O., Brussard, L. (Eds). *Soil Biodiversity in Amazonian and other Brazilian Ecosystems*. Walling ford: CABI-Publishing, London – UK, p. 206-236.

Taiz, L., Zeiger, E. (2013) *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artmed. 819p.

Teixeira, J.B., Cruz, A.R.R., Ferreira, F.R., Cabral, J.R. (2001) Biotecnologia aplicada à produção de mudas: produção de mudas micropropagadas de abacaxi. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 3: 42-47.

Teixeira, L.A.J., Spironello, A., Furlani, P.R., Sigrist, J.M.M. (2002) Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24: 219-224.

Tellechea, F. R. F. (2007) Fungos micorrízicos, bactérias diazotróficas endofíticas e fósforo no crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de cana-de-açúcar. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 64p.

- Ventura, A.J., Cabral, J.R.S., Matos, A.P.de., Costa, H. (2006) 'Vitória', nova cultivar de abacaxi resistente à fusariose. Vitória: INCAPER. (Documentos nº 148).
- Ventura, J.A., Costa, H., Caetano, L.C.S. (2009) Abacaxi 'Vitória': Uma cultivar resistente à fusariose. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31: 931-123.
- Vitorazi Filho, J.A., Lima, K.B., Freitas, M.S.M., Martins, M.A., Olivares, F.L. (2012) Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas sob diferentes doses de fósforo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34: 442-450.
- Weber, O.B., Baldani, V.L.D., Teixeira, K.R.S., Kirchhof, G., Baldani, J.I., Döbereiner, J. (1999) Isolation and characterization of diazotrophic bacteria from banana and pineapple plants. *Plant and Soil*, 210:103-113.
- Weber, O.B., Terao, D., Rocha, L.S., Correia, D., Santos, F.J.S. (2004) Efeito de bactérias diazotróficas na produção de abacaxizeiro 'Cayenne Champac', sob irrigação em dois níveis de adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26: 249-253.
- Weber, O.B., Correia, D., Silveira, M.R.S., Crisóstomo, L.A., Oliveira, E.M.de., Sá, E.G. (2003) Efeito da bactéria diazotrófica em mudas micropropagadas de abacaxizeiros Cayenne Champac em diferentes substratos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38: 689-696.
- Weber, O.B., Freire, F.C.O. (2003) Contribuição de bactérias diazotróficas na cultura da bananeira: perspectivas de utilização na produção integrada. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 29p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Jaguariúna – SP, 29p.
- Wu, Q.S., Zou, Y.N., He, X.H. (2010). Contributions of arbuscular mycorrhizal fungi to growth, photosynthesis, root morphology and ionic balance of citrus seedling under salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32: 297-304.
- Zepeda, C., Sagawa, Y. (1981) *In vitro*-propagation of pineapple. *Horticultural Science*, 16: 495-495.

## APÉNDICE



Figura 1A. Visão geral do experimento instalado em bacadas a pleno sol.



Figura 2A. Rebentos colhidos com os tamanhos 10, 15, 20 e 25 cm de altura, aos 180 dias após plantio das coroas.



Figura 3A. Rebentos colhidos com os tamanhos 10, 15, 20 e 25 cm de altura, aos 380 dias após o plantio das coroas.



Figuras 4A. Setas indicando rebentos do tratamento de 20 cm tamanho aderidos às coroas adubadas com  $15 \text{ g vaso}^{-1}$ , aos 330 dias após o plantio das coroas.



Figura 5A. Rebroto do tratamento com tamanho de 25 cm de altura aderido à coroa adubada com 15 g vaso<sup>-1</sup>, aos 380 dias após o plantio das coroas.



Figura 6A. Vista geral do experimento de coroas produzindo rebentos aos 130 dias após o plantio das coroas do abacaxi 'Smooth Cayenne' submetidas à adubação nitrogenada.



Figura 7A. Vista geral do experimento com coroas produzindo rebentos, aos 380 dias após o plantio das coroas do abacaxi 'Smooth Cayenne' submetidas à adubação nitrogenada.