

**FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO NO CULTIVO DO  
ABACAXIZEIRO 'BRS IMPERIAL'**

**CHIARA SANCHES LISBOA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMIENSE DARCY RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ**

**JUNHO – 2022**

# FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO NO CULTIVO DO ABACAXIZEIRO 'BRS IMPERIAL'

**CHIARA SANCHES LISBOA**

“Dissertação 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 Mestre em Produção Vegetal”

Orientador: Professor Almy Junior Cordeiro de Carvalho

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

JUNHO – 2022

FICHA CATALOGRÁFICA  
UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

L769

Lisboa, Chiara Sanches.

Fontes alternativas de potássio no cultivo do abacaxizeiro 'BRS Imperial' / Chiara Sanches Lisboa. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2022.

76 f.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2022.

CDD - 630

# FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO NO CULTIVO DO ABACAXIZEIRO 'BRS IMPERIAL'

**CHIARA SANCHES LISBOA**

“Dissertação 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 Mestre em Produção Vegetal”

Comissão Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup> Marta Simone Mendonça Freitas (D. Sc. Produção Vegetal) – UENF

---

Prof José Ribamar Gusmão Araujo (D. Sc. Agronomia - Horticultura) – UEMA

---

Dr Rômulo André Beltrame (D. Sc. Produção Vegetal)

---

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

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Grande Arquiteto do Universo, por ser um Pai Amoroso e cuidadoso, por nunca me abandonar e pela força para continuar até as mais árduas jornadas;

Aos meus amados pais, José João e Márcia Maria, por todo amor e dedicação durante a vida e principalmente por acreditarem e apoiarem os meus sonhos;

A toda a minha família, pelo incentivo e orações que, mesmo a distância, me alcançavam e me serviam de consolo;

Ao meu orientador Almy Junior Cordeiro de Carvalho pela acolhida no grupo pesquisa e oportunidade de aprendizado;

À professora Marta Simone Mendonça Freitas, e toda equipe do Setor de Nutrição Mineral de Plantas, pelo auxílio nas análises nutricionais do tecido vegetal;

Ao técnico e doutorando Detony Petri, pela companhia e imensa ajuda na condução do experimento, pelo constante incentivo e por ser acima de tudo um bom amigo!

Ao meu querido amigo Raymyson Queiroz, pela excelente companhia, ajuda nos experimentos, pelas boas risadas e principalmente pela paciência durante o período que moramos juntos;

A Sydney Galvão, Raudielle Santos e Assistone Costa, por todos os momentos que compartilhamos, dos experimentos bem-sucedidos aos cafés da tarde;

A todos colegas que me acompanharam durante esses dois anos, por cada conversa, conhecimento compartilhado e principalmente pelas risadas;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela oportunidade de realização do mestrado e por ser uma casa acolhedora;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudos;

Aos colegas do Setor de Fitotecnia pelo auxílio e companhia;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho!

## SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1	A cultura do abacaxizeiro e sua importância.....	4
2.2	Cultivar ‘BRS Imperial’ .....	5
2.3	Crescimento, Desenvolvimento e Tratos culturais no cultivo do abacaxizeiro.....	7
2.4	Seccionamento de Caule .....	8
2.5	Extração e Exportação de nutrientes pelo abacaxizeiro .....	10
2.6	Potássio: Funções na planta e dinâmica no solo .....	11
2.7	Fontes alternativas de potássio para abacaxicultura .....	13
3	TRABALHOS.....	16
3.1	ARTIGO 1. EFEITO DE FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES DE ABACAXIZEIRO ‘BRS IMPERIAL’ .....	16
3.2	ARTIGO 2. OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO ‘BRS IMPERIAL’ ATRAVÉS DO SECCIONAMENTO DE CAULE .....	43
4	RESUMOS E CONCLUSÕES .....	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

## RESUMO

LISBOA, Chiara Sanches; M. Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Junho de 2022. Fontes alternativas de potássio no cultivo do abacaxizeiro 'BRS Imperial'. Orientador: Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

O abacaxizeiro (*Ananas comosus var comosus*), é uma das frutas mais importantes, econômica e socialmente, no Brasil e no mundo. Para cultivos comerciais vários aspectos precisam ser observados e seguidos para assegurar altas produtividades. Dentre estes aspectos há destaque para utilização de mudas de qualidade e o uso de adubos, principalmente potássicos. Nesse sentido o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes alternativas de potássio no desenvolvimento vegetativo, concentração de nutrientes e otimização da produção de mudas através do seccionamento de caule para abacaxizeiro 'BRS Imperial'. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e de forma paralela. O primeiro experimento testou o efeito de sete fontes de potássio no desenvolvimento vegetativo e concentração de nutrientes em abacaxizeiro 'BRS Imperial'. O ensaio foi conduzido em blocos casualizados, com sete tratamentos: Controle, KCl, Hum I Solve, Ekosil,  $K_2SO_4$ , Cinza de usina e Vinhoto; e quatro repetições. Durante o experimento foram realizadas análises biométricas das plantas e no sistema radicular, leitura do índice Spad e a determinação da concentração de nutrientes no material. Foi observado que as diferentes fontes de potássio apresentaram o mesmo efeito para o desenvolvimento vegetativo e radicular, e índice Spad da cultura nas condições estudadas, logo são viáveis para utilização. A concentração de potássio foi maior, ao final do ciclo, no tratamento KCl, contudo a utilização das



demais fontes não promoveu deficiência em K, mostrando mais uma vez o potencial para utilização na abacaxicultura. O segundo experimento objetivou otimizar a produção de mudas provenientes do seccionamento de caule através do uso de adubos potássicos alternativos e adubos tradicionais. O experimento foi instalado e conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com dez: Controle tratamentos: Controle, KCl, Hum I Solve, Ekosil, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Cinza de usina, Vinhoto, Ureia, Ácido Bórico e Solução Nutritiva completa; e seis repetições. O ensaio consistiu no seccionamento de caule de plantas adultas do abacaxizeiro 'BRS Imperial' e posterior pulverização com os tratamentos propostos. Foram avaliados a porcentagem de gemas brotadas e o desenvolvimento de plântulas, 150 dias após o plantio. Os tratamentos não afetaram a porcentagem de brotação, mas influenciaram o desenvolvimento vegetativo das plântulas. O Hum I Solve aumentou em 37,07% e 57,77% a altura total e o número de folhas, respectivamente. A Solução Nutritiva apresentou desempenho abaixo do esperado, tendo seus valores médios próximos ao tratamento controle.

Palavras-chave: *Ananas comosus var comosus*; Adubação potássica; Seccionamento de caule.

## ABSTRACT

LISBOA, Chiara Sanches; M. Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. June, 2022. Alternative sources of potassium in the cultivation of pineapple 'BRS Imperial'. Advisor: Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

Pineapple (*Ananas comosus var comosus*) is one of the most important fruits, economically and socially, in Brazil and in the world. For commercial crops, several aspects need to be observed and followed to ensure high yields. Among these aspects, there is an emphasis on the use of quality seedlings and the use of fertilizers, mainly potassium. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effect of alternative sources of potassium on vegetative development, nutrient concentration and optimization of seedling production through stem sectioning for 'BRS Imperial' pineapple. The experiments were carried out in a greenhouse and in parallel. The first experiment tested the effect of seven potassium sources on vegetative development and nutrient concentration in 'BRS Imperial' pineapple. The experiment was carried out in randomized blocks, with seven treatments: Control, KCl, Hum I Solve, Ekosil, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Mill ash and Vinhoto; and four repetitions. During the experiment, biometric analyzes were performed on the plants and on the root system, reading the Spad index and determining the concentration of nutrients in the material. We observed that the different sources of potassium had the same effect on vegetative and root development, and the Spad index of the crop under the conditions studied, so they are viable for use. The potassium concentration was higher, at the end of the cycle, in the KCl treatment, however the use of the other sources did not promote K deficiency, showing once again the potential for use in

pineapple farming. The second experiment aimed to optimize the production of seedlings from stem sectioning through the use of alternative potassium and traditional fertilizers. The experiment was set up and conducted in a completely randomized design, with ten: Control treatments: Control, KCl, Hum I Solve, Ekosil, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Mill ash, Vinhot, Urea, Boric Acid and complete Nutrient Solution; and six repetitions. The experiment consisted of sectioning the stem of adult plants of the pineapple 'BRS Imperial' and subsequent spraying with the proposed treatments. The percentage of sprouted buds and seedling development were evaluated 150 days after planting. The treatments did not affect the percentage of sprouting, but influenced the vegetative development of the seedlings. Hum I Solve increased by 37.07% and 57.77% the total height and the number of leaves, respectively. The Nutritive Solution performed below expectations, having its average values close to the control treatment.

Keywords: *Ananas comosus var comosus*; Potassium fertilization; Stem sectioning.

## 1 INTRODUÇÃO

O abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus* (L.) Merr) é uma das frutas cultivadas mais importantes mundialmente. No Brasil seu cultivo é muito difundido, estando presente em 23 dos 24 estados da Federação, sendo apontado como importante fonte de emprego e renda para as regiões produtoras (Cardoso et al., 2013).

Dentre os estados produtores, o Rio de Janeiro, no ano de 2018, ocupava a quarta posição no ranking de Estados produtores, contribuindo com uma produção de 142.258 toneladas de frutos, em uma área colhida de aproximadamente 4557 ha<sup>1</sup> (IBGE, 2020). O município que mais agrega aos números relacionados à produção de abacaxi no estado do Rio de Janeiro é o de São Francisco de Itabapoana, com 128.00 toneladas colhidas, para o ano de 2018 (IBGE, 2020).

O abacaxi necessita, para o seu desenvolvimento ideal, de altas temperaturas médias anuais (22°C a 32°C), alta umidade relativa (70% ou superior), alta luminosidade, além de solos com boas condições de aeração e drenagem, e de pH na faixa de 4,5 a 5,5 (Cunha, 2009; Souza et al., 2009; Ganem, 2015). Para alcançar altos índices de produtividade essas e outras necessidades precisam ser atendidas.

Alguns aspectos requerem atenção especial, como exemplos a escolha de material propagativo, espaçamento de plantio, irrigação, competição intraespecífica e adubação, sendo a primeira e última as mais importantes para níveis comerciais, por interferir diretamente na qualidade dos frutos.

A escolha do material propagativo deve levar em conta fatores financeiros, mas também fatores de qualidade. As mudas utilizadas para plantio vão interferir

diretamente no desenvolvimento vegetativo da cultura e posteriormente na produção e qualidade dos frutos, por isso as mudas devem ter, preferencialmente, preço baixo e alta qualidade.

O abacaxizeiro possui alguns tipos de mudas, produzidos naturalmente, que são mais utilizados como é um caso de mudas tipo filhote. Contudo, algumas vezes essa quantidade de mudas é insuficiente para perpetuação da lavoura e nesse cenário surgem novas formas de obtenção de mudas, como o seccionamento de caule.

A técnica de seccionamento de caule apresenta como vantagens a simplicidade do método, além de baixo custo, visto que são utilizados resíduos (caules ou talos) de plantas disponíveis, e a garantia da produção de um material de plantio livre de doenças em viveiros. As vantagens do método são incontestáveis, porém muito ainda precisa ser estudado para que essa técnica possa ser utilizada em uma maior escala, principalmente por pequenos produtores.

Além da escolha do material vegetativo adequado, o uso correto de adubos é indispensável para o sucesso do plantio. Durante o período vegetativo, que antecede a indução floral, as plantas de abacaxi precisam estar bem nutridas, para que apresentem um elevado desenvolvimento e crescimento de sua parte aérea e raízes (Ramos et al., 2009). Para o período reprodutivo, após a indução floral, a planta tem o metabolismo direcionado para o desenvolvimento dos frutos (Reinhardt, 2002; Souza e Reinhardt, 2004).

Na cultura do abacaxi os nutrientes exigidos em maior quantidade são K e N. O potássio, sendo o exigido em maior quantidade, precisa ser repostado ao solo para que seja oferecido às plantas (Hiroce et al., 1997; Malavolta, 2006; Pegoraro et al., 2014). Dada a necessidade desta reposição, associado à busca por alimentos com menor quantidade de agrotóxicos, a procura por fontes alternativas de potássio tem sido crescente.

Os resíduos de agroindústrias têm sido foco de trabalhos, com intuito de indicar o que funcione como fonte de nutrientes para culturas (Gianello, et al., 2011; Souza, et al, 2014; Farinelli, et al., 2017; Pinto e Araujo, 2019). A indústria sucroalcooleira gera uma série de resíduos que podem ser utilizados como repositores de nutrientes, entre eles pode citar o vinhoto e a cinza de caldeira, ambos ricos em potássio (Marques, 2006; Giachini e Ferraz, 2009; Cordeiro et al., 2009; Pereira et al., 2016).

Além destes, que são fontes não comerciais de potássio, alguns produtos alternativos aos adubos químicos já são encontrados à venda. Como exemplos temos o Ekosil Plus, obtido diretamente da moagem de rochas silicatadas de origem vulcânica (Yoorin, 2020), e o Hum - I -Solve, produzido através da extração alcalina da lignita (Agrobiologica, 2020).

Diante da necessidade de encontrar fontes alternativas de nutrientes para cultura do abacaxizeiro muitos estudos devem ser realizados, a fim de determinar suas reais funcionalidades. Nesse cenário, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes de potássio no desenvolvimento vegetativo de abacaxizeiro BRS Imperial, bem como a influência destas no sucesso do seccionamento de caules.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do abacaxizeiro e sua importância

O abacaxizeiro é uma fruteira característica das regiões tropicais e subtropicais. Este é um Angiosperma monocotiledôneo, herbáceo e perene, (Ferreira et al., 2011), pertencente à família Bromeliaceae (Versieux; Wendt, 2007), gênero *Ananas*, espécie *Ananas comosus var. comosus* L. Merrill. Quando adulto, é constituído de raízes, caule, folhas, frutos e mudas (Cunha, 2009).

O ciclo de desenvolvimento da cultura pode ser dividido em duas fases principais. A primeira, fase vegetativa, tem duração de 8 a 12 meses. A segunda fase, reprodutiva, que forma o fruto, varia de 5 a 6 meses. Do plantio até a colheita, o período pode variar entre 13 e 24 meses (Ganem, 2015).

A cultura necessita de condições edafoclimáticas propícias, tais como altas temperaturas médias anuais (22°C a 32°C), alta umidade relativa (70% ou superior), alta luminosidade, além de solos com boas condições de aeração e drenagem. O local de cultivo não pode estar sujeito a encharcamentos, com escolha preferencialmente de solos com textura média ou arenosa, planos ou com pouca declividade, e pH na faixa de 4,5 a 5,5 (Cunha, 2009; Souza et al., 2009; Ganem, 2015).

Por apresentar condições ideais para o cultivo da fruta, o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de abacaxi. Dado o seu amplo cultivo, as lavouras de

abacaxi tornam-se importante fonte de emprego e renda para as regiões produtoras (Cardoso et al., 2013). Para o ano de 2018 a produção estimada, em termos mundiais, foi de 28 milhões de toneladas, em uma área média colhida de um milhão de hectares (FAO, 2020).

Os dados mais recentes, referentes à safra de 2018, mostram o Brasil ocupando o segundo lugar do ranking mundial de produção, com 2,65 milhões de toneladas de abacaxi, em 71 mil hectares e produtividade média de 24 mil frutos  $\text{ha}^{-1}$ . As regiões que apresentam maior índice de colheita são Nordeste, Norte e Sudeste, com destaque para os Estados do Pará, Paraíba, Minas Gerais e Rio de Janeiro (FAO, 2020; IBGE, 2020). O Estado do Rio de Janeiro, no ano de 2018, ocupou a quarta posição nacional com produção de 142.258 t de abacaxi, em uma área de 4.557  $\text{ha}^{-1}$  (LSPA, 2020).

Apesar dos altos índices de produção, os Estados Brasileiros ainda enfrentam, durante todo o ciclo da cultura, uma série de entraves para atingir o máximo potencial produtivo e obter frutos com qualidade para exportação (Bengozi et al., 2007, Barker, et al., 2018). Dessa forma, conhecimentos sobre o desenvolvimento da planta são fundamentais para o manejo adequado e a detecção de problemas no desenvolvimento da cultura. Como exemplo temos: ocorrência de deficiências nutricionais, competição de plantas espontâneas ou entre plantas da mesma espécie, deficiências hídricas, incidência de patógenos (Franco et al., 2014).

## 2.2 Cultivar 'BRS Imperial'

Os plantios comerciais de abacaxizeiro no Brasil são dominados por duas principais cultivares, Pérola e Smooth Cayenne. Como característica negativa as duas cultivares são suscetíveis ao fungo *Fusarium* sp. (*Fusarium guttiforme* Nirenberg & O'Donnell), agente causal da fusariose, principal doença para cultura. Dada a sensibilidade das cultivares e agressividade do fungo é necessário a substituição gradual por espécies resistentes (Sampaio et. al, 2011; Viana, et al., 2013).

Os programas de melhoramento brasileiro tentam desenvolver novas cultivares de abacaxi que agreguem resistência a fusariose, margens foliares sem



espinhos além de frutos de maior qualidade e com estabilidade no rendimento (Cabral et al., 2009; Reinhardt et al., 2012; Ventura et al., 2019; Lira Junior et al., 2021). Nesse contexto cultivares como “BRS Ajubá”, “BRS Vitória” e “BRS Imperial”, todas desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (Oliveira, 2015; Lira Junior, et al. 2021).

A cultivar “BRS Imperial”, é proveniente do cruzamento entre ‘Perolera’ e ‘Smooth Cayenne’, esta apresenta como principais características resistência a fusariose e frutos com excelentes características sensoriais (Cabral e Matos, 2009; Viana, 2013). As plantas apresentam porte médio, folha de cor verde escuro e sem espinhos nas bordas, outra grande vantagem, visto que facilita o manejo (Cabral e Matos, 2005).

O fruto é pequeno, quando comparado a outras cultivares comerciais, podendo alcançar até 1.600 g, porém o mais comum é que apresentem menor massa (Cabral e Matos, 2005). Sampaio et al. (2011) ao avaliar cinco cultivares de abacaxi encontraram 670 g como média para BRS Imperial, sendo inferior às outras cultivares avaliadas no trabalho (Gold, Jupi e Smooth Cayenne). Os frutos também apresentam formato cilíndrico e casca de cor amarela na maturação.

A polpa, também de cor amarela, possui elevado teor de açúcar, acidez titulável moderada, alto conteúdo em ácido ascórbico e excelente sabor nas análises sensoriais realizadas (Cabral e Matos, 2005). Viana e colaboradores (2013) encontraram valores elevados de sólidos solúveis (18,41°Brix), pH (3,96) e *ratio* (35,28), sendo significativamente superior aos de outras cultivares, como a Pérola, que apresentou em média sólidos solúveis de 15,09°Brix, pH 3,58 e *ratio* 18,31.

Apesar de suas características positivamente marcantes a cultivar BRS Imperial é ainda pouco conhecida, principalmente pelo pequeno produtor, por isso ainda existem poucas opções de manejo alternativo para a cultivar.

### 2.3 Crescimento, Desenvolvimento e Tratos culturais no cultivo do abacaxizeiro

O ciclo completo do abacaxi pode variar entre 13 e 24 meses, durante todo o desenvolvimento a planta modifica suas necessidades e exigências em diferentes aspectos. Para plantios com fins comerciais é indispensável a utilização de técnicas que potencializem a produção, visto que as práticas culturais podem afetar a qualidade dos frutos (Hotegni et al., 2015).

Os espaçamentos utilizados na cultura do abacaxi variam de acordo com o cultivar, o destino da produção, o nível de mecanização e outros fatores. São recomendados os espaçamentos em fileira simples (0,90 m x 0,30 m ou 0,80 m x 0,30 m, com aproximadamente 37.030 e 41.660 plantas/ha<sup>-1</sup>, respectivamente) ou filas duplas (0,90 m x 0,40 m x 0,40 m, ou 0,90 m x 0,40 m x 0,30 m, isto é, 38.460, e 51.280 plantas/ha, respectivamente) (Cardoso, et al; 2013; Ganem, 2015). A densidade populacional de plantas interfere diretamente na produtividade e na qualidade do abacaxizeiro. Os plantios mais adensados tendem a proporcionar maiores produções por área, ainda que individualmente os frutos alcancem massas menores (Reinhardt e Cunha, 2010).

O crescimento lento, exigência em luminosidade, associado ao sistema radicular superficial do abacaxi são características desfavoráveis à convivência da cultura com plantas espontâneas. Estas se proliferam em maior intensidade no estágio inicial de desenvolvimento da cultura, nos primeiros seis a oito meses (Araújo, 2014; Adabe et al., 2016). Dessa forma, esse período é considerado crítico, pois o abacaxizeiro não estará suficientemente vigoroso e sofrerá forte competição por luz, água, nutrientes, limitando a produtividade e conseqüentemente sua qualidade (Adabe et al., 2016).

O controle de plantas daninhas pode ser feito respeitando fatores como nível de infestação, tecnificação da lavoura e recursos disponíveis. Os métodos mais comuns são controle químico, com uso de herbicidas; controle manual, através de capinas, mulching e com a associação de dois ou mais métodos (Pires de Matos, 2019).

A época de florescimento e da colheita do abacaxizeiro pode ser antecipada e homogênea por meio de indução floral, com produtos específicos. A técnica permite melhor distribuição das operações e uso mais eficiente de mão de obra na

propriedade, bem como a colheita de frutos em épocas mais propícias à sua comercialização (Souza et al., 2009; Ganem, 2015).

A idade em que a indução floral é realizada, em relação à fase de desenvolvimento vegetativo da cultura, é extremamente relevante, pois plantas com maiores reservas tendem a produzir frutos com maior aceitação de mercado (Hotegni et al., 2015; Barker et al., 2018). Geralmente, é feito em plantas com 8 a 12 meses, o que resulta em um ciclo da planta de 14 a 18 meses até a produção. As substâncias utilizadas para induzir a floração do abacaxi podem variar, as mais comuns são o carbureto de cálcio e produtos à base de etefon (Cunha, 2009; Ganem, 2015).

Dentro de um sistema de produção de abacaxi, a adubação é uma das práticas indispensáveis, considerada uma das mais importantes, visto que um desequilíbrio nutricional pode ter como consequência problemas patológicos e fisiológicos, e consequente queda de produtividade (Reinhardt et al., 2002; Guarçoni; Ventura, 2011). Para realização da adubação de forma efetiva, uma série de fatores devem ser levados em consideração, tais como disponibilidade de nutrientes no solo, nível tecnológico do produtor, custo dos adubos, destino da produção, expectativa de rentabilidade da cultura e o clima, especialmente a distribuição de chuvas ao longo do ciclo (Souza; Reinhardt, 2009).

O estado nutricional do abacaxizeiro tem uma grande influência no crescimento da planta e, conseqüentemente, na produção e na qualidade do fruto. As exigências nutricionais das plantas são variáveis, para abacaxi os macronutrientes exigidos em maior quantidade são K e N. (Guarçoni; Ventura, 2011; Ramos, et al., 2011; Caetano, et. al., 2013).

## 2.4 Seccionamento de Caule

Os caules adultos de abacaxizeiro possuem muitas gemas axilares, havendo uma gema na base de cada folha, apesar dessa quantidade a porcentagem que brota e dá origem a uma muda é reduzida. Esse efeito se deve à dominância apical determinada pelos hormônios produzidos no ápice do caule que tem efeito supressor sobre as gemas laterais, para quebrar esse efeito supressor o seccionamento de caule é uma solução (Collins, 1960; Py et al., 1987).

O método de propagação por seccionamento de caule tem se tornado uma técnica cada vez mais comum, sua popularidade pode ser associada a duas principais situações. A primeira como forma de perpetuar cultivares novas e com pouco material propagativo disponível e a segunda como técnica para obter material de plantio livre de doenças disseminadas pelo uso de mudas, coroas ou rebentos contaminados (Matos, 1999, Reinhardt, 2018).

A escolha das plantas para fornecer material vegetal para o seccionamento é uma das partes mais importantes do processo. O vigor e a sanidade das plantas são pontos cruciais na escolha da “planta-matriz”, além disso o momento adequado para colheita deve ser levado em conta. A colheita deve ser feita o mais rápido possível após a retirada dos frutos, pois o vigor das plantas tende a diminuir com o tempo (Reinhardt e Cunha, 1982, Reinhardt, 2018).

Após a escolha e colheita dos caules, estes seguem um protocolo rigoroso que assegura o sucesso do processo. Um dos primeiros passos a ser realizado é o preparo das hastes/caule, com retirada parcial das folhas. A permanência das bainhas das folhas ajuda a proteger as gemas da radiação solar direta e das possíveis lesões causadas pela queima do sol (Reinhardt e Cunha, 1981).

Após o preparo inicial os caules podem ser seccionados, sempre com uso de materiais devidamente limpos e preferencialmente a sombra, para evitar exposição excessiva dos botões aos raios solares. Os tamanhos das secções podem ser variáveis, podendo levar em conta a quantidade de gemas visíveis e associadas a maiores reservas de armazenamento (Cunha e Reinhardt, 2004; Matos et al., 2009).

Para cultivares que são afetadas por fusariose e/ou cochonilhas o tratamento sanitário das secções é outro ponto indispensável, devendo ser realizado logo após o seccionamento. As secções devem ser mergulhadas em uma suspensão fungicida-inseticida por pelo menos três minutos para controlar fungos, cochonilhas e ácaros, pragas que estão amplamente presentes nas bainhas das folhas inferiores do abacaxi. Após este tratamento, as secções de caule tratadas devem ser plantadas (Reinhardt, 2018).

A última etapa, das principais a serem realizadas, refere-se ao plantio das secções já devidamente preparadas. O ideal é que o local que vai receber as secções tenha sido corretamente escolhido e preparado, a fim de atender as necessidades demandadas.

O crescimento inicial das mudas é sustentado, principalmente, pelas reservas do caule, adquiridas durante o ciclo da cultura, porém após a sexta semana de seccionamento e plantio uma reposição é necessária. Os nutrientes devem ser fornecidos via foliar, uma vez que grande parte dessas mudas ainda não possuem sistema radicular próprio. Esta adubação foliar é feita, na maioria das vezes, com uso de fórmula comercial de NPK (Cunha e Reinhardt, 2004, Reinhardt, 2018).

Dada a importância da adubação foliar para o desenvolvimento das mudas provenientes do seccionamento de caule e sabendo-se dos pontos negativos do uso excessivo de produtos químicos, são necessários estudos para determinar fontes alternativas. Nesse cenário surgem os produtos orgânicos, além de subprodutos de agroindústria e produtos obtidos a partir de rochas moídas.

## 2.5 Extração e Exportação de nutrientes pelo abacaxizeiro

O estado nutricional do abacaxi tem grande influência no seu desenvolvimento, principalmente na fase de pré-floração, que influencia diretamente na produção e na qualidade dos frutos (Guarçoni e Ventura, 2011; Caetano et al., 2013; Bhowmick et al., 2017; Cunha, et al., 2019). As exigências do abacaxizeiro em nutrientes podem variar durante o ciclo da cultura, desde crescimento inicial, passando pela formação da infrutescência até ao ponto de colheita.

O teor de extração e absorção da cultura em ordem decrescente é K, N, Ca, Mg, S e P para macronutrientes, e Cl, Fe, Mn, Zn, Cu e B, para micronutrientes (Hiroce et al., 1997; Malavolta, 2006; Pegoraro et al., 2014). Para um hectare, em média, são extraídos: 178 kg de N, 21 kg de P (48 kg de  $P_2O_5$ ) e 445 kg de K (536 kg de  $K_2O$ ), resultando em uma relação média de extração de 1,0:0,12:2,5, para N:P:K e 1,0:0,27:3,0, para N:  $P_2O_5$ :  $K_2O$  (Souza; Reinhardt, 2009).

Os frutos constituem-se na principal via de exportação de nutrientes, a cada tonelada de frutos colhidos são retirados: 0,75 a 0,80 kg de nitrogênio (N), 0,15 kg de fósforo ( $P_2O_5$ ), 2,00 a 2,60 kg de potássio ( $K_2O$ ), 0,15 a 0,20 kg de cálcio (CaO) e 0,13 a 0,18 kg de magnésio (MgO) (Py et al., 1984). A exportação de nutrientes ocorre, também via material propagativo, coroas e mudas dos tipos filhote e

rebentão, que podem ser destinados ao plantio em outras áreas (Souza e Reinhardt, 2009).

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais exigidos e que apresentam maior importância para a maioria das culturas, incluindo o abacaxizeiro. O nitrogênio apresenta maior efeito sobre a produtividade do abacaxizeiro, sendo associado ao aumento da massa dos frutos do abacaxi (Spironello et al., 2004; Guarçoni e Ventura, 2011; Cardoso, et al., 2013; Oliveira, et al., 2015; Cunha, et al., 2019). Já o potássio apresenta menor influência na produtividade, quando comparado ao nitrogênio, mas está intimamente relacionado à qualidade dos frutos, uma vez que a acidez e os sólidos solúveis são positivamente influenciados por doses crescentes de potássio (Spironello et al., 2004; Caetano, et al., 2013; Oliveira, et al., 2015; Rios, et al., 2018).

## 2.6 Potássio: Funções na planta e dinâmica no solo

O potássio desempenha papel no metabolismo das plantas, atuando em funções como ativação enzimática durante a fotossíntese, transporte dos aminoácidos e açúcares para órgãos de armazenamento, respiração, abertura dos estômatos, manutenção da turgidez celular (Epstein e Bloom, 2006; Marschner, 2012; Prajapati e Modi, 2012), entre outras funções. Esse elemento é intimamente associado à qualidade dos frutos.

Nas plantas o potássio é caracterizado por ser altamente móvel, sendo transportado em longa distância via xilema e floema, das folhas e órgãos mais velhos para os mais novos ou para os frutos em crescimento. O elemento é mobilizado das folhas e órgãos mais velhos para os mais novos ou para os frutos em crescimento (Malavolta et al., 2006). A redistribuição do potássio ocorre de forma facilitada devido à não participação do elemento em compostos orgânicos (Taiz; Zeiger, 2009).

No solo o K está presente em diversas formas, algumas não disponíveis às plantas. Considerando a sua disponibilidade, o potássio pode ser dividido em quatro formas ou compartimentos: K na solução do solo; K trocável; K adsorvido (não trocável) e K estrutural, que quando somadas formam o K total (Sparks 1987; Tisdale et al., 1993; Villa, et al., 2004).

O K estrutural fica presente nos minerais primários, e é liberado lentamente, uma vez que é dependente do grau de intemperismo químico do mineral (Sharpley 1989). A forma adsorvida, ou não trocável, fica retida no solo, com alta energia nas camadas e não é considerado disponível em curto prazo. Já o K que se encontra adsorvido eletrostaticamente na superfície dos minerais é considerado “trocável” e prontamente biodisponível (Tisdale et al. 1993).

As formas não-trocáveis, trocáveis e solúveis estão em equilíbrio dinâmico, dessa forma qualquer alteração nos teores de K na solução do solo, seja por adubação, absorção pela planta ou perda por lixiviação, irá alterar os teores das demais formas desse elemento. Assim, a absorção de K pelas plantas desencadeará um processo contínuo de depleção de suas formas no solo (Kaminski et al., 2007; Silva, et al., 2015).

Para abacaxi, a deficiência de K pode gerar sintomas nas folhas e nos frutos. Plantas com sintomas de deficiência de potássio apresentam folhas com menor tamanho e mais estreitas, progredindo para avermelhamento, com posterior ápice amarronzado e necrosado nas folhas mais velhas. Nos frutos, há tendência ao tombamento do fruto e na polpa são observadas manchas escuras, correspondentes aos sintomas de escurecimento interno (Ramos, et al., 2009).

Para evitar deficiência de K e suas consequências, a suplementação de nutrientes é indispensável. Entretanto, os custos da adubação potássica são elevados, pois o Brasil importa a maior parte dos adubos potássicos que utiliza (Roberts, 2005; Ribeiro, et al., 2016). Além de elevar os custos de produção, o uso indiscriminado de adubos químicos ocasiona riscos de degradação do solo e de impactos ambientais.

Muitos estudos têm sido realizados com o intuito de verificar o efeito de diferentes doses e fontes de  $K_2O$  sobre o estado nutricional do abacaxizeiro, e sua influência sobre a qualidade dos frutos (Rodrigues et al., 2010; Guarçoni e Ventura, 2011; Teixeira et al., 2011; Venâncio, et al., 2017; Cunha, et al., 2019), contudo é necessário desenvolver pesquisas para determinar fontes alternativas de potássio, que possam ser usadas no cultivo de abacaxi, seja ele tradicional ou orgânico.

## 2.7 Fontes alternativas de potássio para abacaxicultura

Nos cultivos agrícolas em geral, o potássio é disponibilizado para as culturas associado ao cloreto ou sulfato (De Paula et al., 1999). No mercado existe um gama de fertilizantes químicos, podendo ser simples ou básicos e mistos ou compostos (Taiz e Moller, 2017).

Os fertilizantes, a base de potássio, mais encontrados são o cloreto de potássio (KCl) e o sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) (RIBEIRO, et al., 2010). O KCl é encontrado em forma granulada e ou pó, possuindo de 58 a 62% de  $K_2O$ , 0-3% de CaO, 0-3% de MgO, 0-3% de S, pH de 5,6 e solubilidade em água de 400 g L<sup>-1</sup>. Já o  $K_2SO_4$ , é um fertilizante mineral que contém de 15 a 19% de S, 48 a 52% de  $K_2O$ , 0-2,5% de CaO, 0-2% de MgO, pH de 6,0 e sua solubilidade em água é de 154-390 g L<sup>-1</sup> (Freire et al., 2013).

Os benefícios do uso de adubos químicos para as culturas são incontestáveis, contudo, o uso desses produtos químicos tem sido relatado por gerar consequências negativas ao meio ambiente e à sociedade (Mahmud, et al., 2018). Nesse sentido, a busca por fontes alternativas, que não represente ameaça ao meio ambiente, à saúde humana e animal e não comprometa a qualidade do agroecossistema está cada vez mais acelerada (BRASIL, 2008).

Os resíduos de agroindústrias têm sido foco de trabalhos, com intuito de indicar o que funcione como fonte de nutrientes para culturas (Gianello, et al., 2011; Souza, et al, 2014; Farinelli, et al., 2017; Pinto e Araujo, 2019). A indústria sucroalcooleira gera uma série de resíduos que podem ser utilizados como repositores de nutrientes.

Um dos subprodutos resultante de processos do setor agroindustrial, e que teria potencial para servir como fonte de potássio, é a vinhaça ou vinhoto (de Paula et al., 1999). O constituinte principal da vinhaça é a matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, cátions como K, Ca e Mg (Marques, 2006; Giachini e Ferraz, 2009).

A constituição química deste subproduto é muito variável e depende de fatores como matéria-prima usada, tipo de destilado produzido e tipo de fermentação empregada (Glória; Orlando Filho, 1975; Christofolletti et al., 2013). Durante o processo de fabricação, para cada litro de álcool produzido é gerado de



10 a 15 litros de vinhoto (Chitolina; Harder, 2020), sendo este mais um ponto positivo quanto ao seu uso na agricultura.

Outro resíduo gerado na indústria sucroalcooleira é a cinza, originária do bagaço da cana. A composição química da cinza é variável em função de fatores como condições ambientais e adubação fornecida no cultivo da cana-de-açúcar, contudo predominam em sua composição K, Ca, Mg e em menores teores, o P (Cordeiro et al., 2009; Pereira et al., 2016) e esses nutrientes apresentam diferentes solubilidades no solo.

Os teores de  $K_2O$ , para cinza originária do bagaço da cana-de-açúcar, podem oscilar de 8,6 a 24,5%, de acordo com as características da matéria-prima (Pereira et al., 2016). Além de ser fonte de macro e micronutrientes essenciais para a produção agrícola, a cinza se trata de um produto ambientalmente seguro (Brunelli e Pisanni Júnior, 2006).

Diante do contexto atual, da sustentabilidade no uso dos recursos naturais e produção agrícola sustentável surge a necessidade do uso de novos insumos para a nutrição de plantas, crescendo o uso de bioinsumos (Lagler, 2017). Os bioinsumos têm versatilidade em seu emprego nas atividades agrícolas, em várias áreas, no solo podem ser divididos em três funções de uso: na nutrição das plantas fixando nitrogênio e solubilizando fósforo e potássio; alterando as características do solo e o sistema de remediação (Rocha, 2013).

No Brasil, o Programa Nacional de Bioinsumos define bioinsumos como produtos recomendados para manutenção ou incremento da capacidade do solo em sustentar o crescimento e a produtividade das plantas (MAPA, 2020). Nesse cenário, alguns produtos têm sido indicados para uso na agricultura, como fontes alternativas de nutrientes.

O Ekosil Plus, produzido pela empresa Yoorin, é outro potencial substituto dos adubos potássicos, de origem química, empregados na agricultura convencional. Este é um fertilizante potássico com certificação para agricultura orgânica, sendo obtido diretamente da moagem de rochas silicatadas de origem vulcânica (Yoorin, 2020).

O produto promove o equilíbrio do solo, libera gradualmente os nutrientes nos ciclos vegetativos, produtivos da planta e aplicado em frutíferas de 2 a 4 ton  $ha^{-1}$ . Oferece em sua aplicação 8% de  $K_2O$  Total, 1% de  $K_2O$  solúvel em ácido

cítrico 2% (1:100), Si total 25%, baixo índice salino de 0,63 e pH= 10,09 (Yoorin, 2020).

Outro produto que abrange as novas tendências na agricultura é o Hum - I - Solve, produzido através da extração alcalina da lignita. O fertilizante organomineral é rico em ácidos húmicos, podendo ser aplicado via foliar ou por fertirrigação. Possui em sua composição hidróxido de potássio a 10%, pH (a 1%) 7,5 a 8,0, carbono orgânico total 40%, solubilidade em água 100%, seu índice salino é de 20, solubilidade em água a 20 °C (100 g L<sup>-1</sup>) (Agrobiologica, 2020).

### 3 TRABALHOS

#### 3.1 ARTIGO 1. FONTES DE POTÁSSIO NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES DE ABACAXIZEIRO 'BRS IMPERIAL'

Resumo: O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var *comosus*), é a segunda fruta cultivada mais consumida em nível mundial. No Brasil, seu cultivo é uma importante fonte de emprego e renda para as regiões produtoras. Durante o ciclo produtivo a cultura modifica as suas necessidades, e estas precisam ser supridas para garantir altas produtividades. A adubação é um dos principais tratamentos culturais empregados para a cultura, e o nutriente exigido em maior quantidade é o potássio. Esse elemento é ligado intimamente à qualidade dos frutos e quando em deficiência pode causar efeitos maléficos à cultura. Dada essa importância a utilização de adubos potássicos é indispensável para cultivos comerciais; associado a isso foram encontrados elevados valores associados a estes adubos, dificultando a sua utilização em alguns casos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes alternativas de potássio no desenvolvimento vegetativo e concentração de nutrientes em abacaxizeiro 'BRS Imperial'. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, instalado em blocos casualizados, com sete tratamentos: Controle, KCl, Hum I Solve, Ekosil,  $K_2SO_4$ , Cinza de usina e Vinhoto; e quatro plantas por parcelas. Durante o experimento foram realizadas análises biométricas das plantas

e do sistema radicular, leitura do índice Spad e a determinação da concentração foliar de nutrientes.

Foi observado que as diferentes fontes de potássio apresentaram o mesmo efeito para o desenvolvimento vegetativo e radicular, e índice Spad da cultura, logo são viáveis para utilização. A concentração de potássio foi maior, ao final do ciclo, no tratamento KCl, contudo a utilização das demais fontes não promoveu deficiência em K, mostrando mais uma vez o potencial para utilização na abacaxicultura.

Abstract: Pineapple (*Ananas comosus* var *comosus*) is the second most consumed cultivated fruit worldwide. In Brazil, its cultivation is an important source of employment and income for the producing regions. During the production cycle, the culture changes its needs, and these need to be met to ensure high productivity. Fertilization is one of the main cultural treatments for the culture, the nutrient required in greater quantity is potassium. This element is closely linked to the quality of the fruits and when in deficiency it can cause harmful effects to the planting. Given this importance, the use of potassium fertilizers is essential for commercial plantations, associated with this, we found high values for these fertilizers. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effect of alternative sources of potassium on the vegetative development and concentration of nutrients in pineapple 'BRS Imperial'. The experiment was carried out in a greenhouse, installed in randomized blocks, with seven treatments: Control, KCl, Hum I Solve, Ekosil,  $K_2SO_4$ , Ash plant and Vinhoto; and four repetitions. During the experiment, biometric analyzes were performed on the plants and on the root system, reading the Spad index and determining the concentration of nutrients in the material. We observed that the different sources of potassium had the same effect on vegetative and root development, and the Spad index of the crop under the conditions studied, so they are viable for use. The potassium concentration was higher, at the end of the cycle, in the KCl treatment, however the use of the other sources did not promote K deficiency, showing once again the potential for use in pineapple farming.

## INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro é uma planta muito exigente nutricionalmente, durante seu ciclo a marcha de absorção é alterada algumas vezes, porém os nutrientes exigidos em maior quantidade são potássio e nitrogênio (São José et al., 2014; Reinhardt, 2015). Quanto maior a exigência da planta por determinado nutriente, maior a atenção deve ser direcionada a este, visto que quando deficientes podem causar efeitos negativos às plantas e acarretar perdas severas à produtividade (Ramos et al., 2011; Reinhardt e Souza, 2009).

Por esse motivo a adubação é uma prática indispensável para plantios comerciais. Por serem requeridos em maior quantidade, potássio e nitrogênio são objeto de estudos de muitos ensaios para a cultura do abacaxizeiro. O nitrogênio é associado à produtividade, enquanto o potássio à qualidade dos frutos (Pegaroro et al., 2014). O potássio, sendo exigido em maior quantidade, precisa ser repostado ao solo para que seja oferecido às plantas (Malavolta, 1992; Hiroce, et al., 1997).

Plantas de abacaxizeiro que enfrentam deficiência de potássio podem apresentar sintomas nas folhas e nos frutos. As folhas apresentam um menor tamanho e mais estreitas, com avermelhamento e posterior ápice amarronzado e necrosado nas folhas mais velhas. Nos frutos, há tendência ao tombamento e na polpa são observadas manchas escuras, correspondentes aos sintomas de escurecimento interno (Ramos, et al., 2009; Ramos et al., 2011; Cunha, et al., 2019).

Para evitar a deficiência de potássio em abacaxizeiro são utilizados adubos à base de  $K_2O$ , principalmente o Cloreto de Potássio (KCl), que garante 60% de  $K_2O$  ao plantio (Souza e Oliveira, 2021). Apesar das vantagens relativas às fontes tradicionais de potássio, o alto custo associado apresenta-se como desvantagem, daí a necessidade de estudar fontes alternativas de nutrientes.

Verifica-se que são poucas as informações a respeito de fontes alternativas de potássio para o abacaxizeiro. Portanto, ressalta-se a importância de estudos mais detalhados, a fim de identificar potenciais fontes de potássio para abacaxizeiro e caracterizar os efeitos dessas fontes no crescimento e desenvolvimento da cultura.

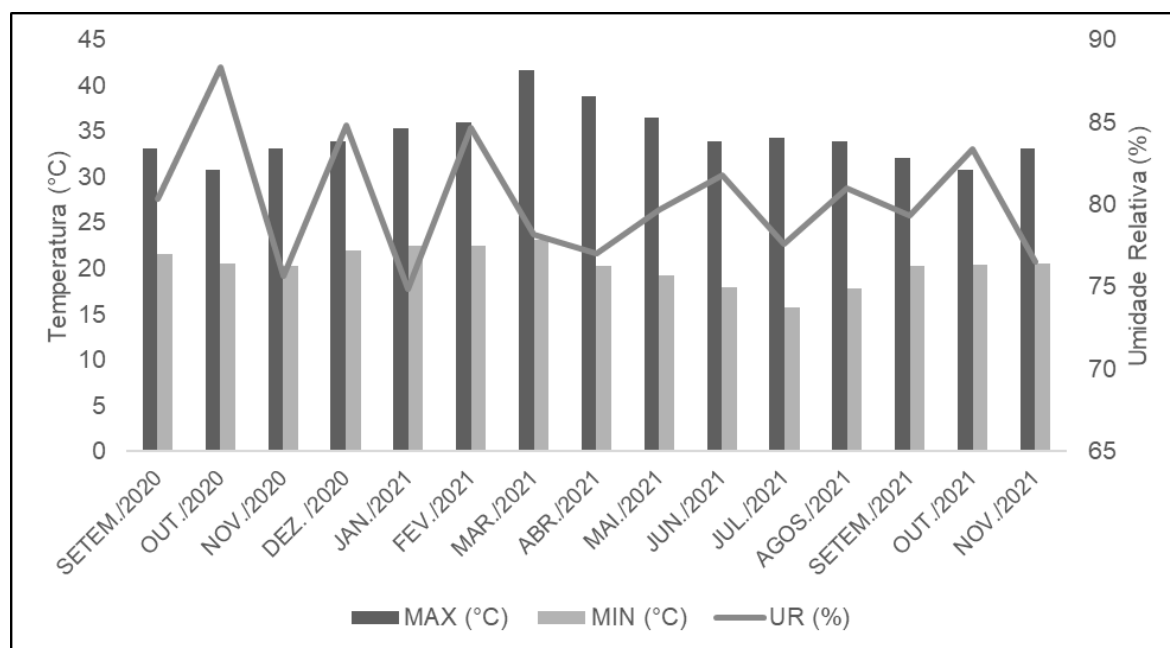
Tais ensaios tornam-se ainda mais necessários quando se trata de cultivares relativamente novas, como a cultivar 'BRS Imperial', lançada no ano de 2004. Ainda

faltam pontos a serem explorados nesta variedade, a fim de indicar a melhor forma de manejo aos produtores. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de seis fontes de potássio no desenvolvimento vegetativo e radicular, índice Spad e concentração de nutrientes de abacaxizeiro ‘BRS Imperial’, em casa de vegetação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com sombrite preto (50%), nas dependências da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Os valores das temperaturas mínima, média e máxima e UR (%) foram monitorados ao longo o experimento, compilados e apresentados na Figura1.



**Figura 1.** Temperaturas máximas e mínimas e umidade relativa do ar para o período experimental (setembro de 2020 a novembro de 2021).

### Implantação e manejo do experimento

O experimento teve duração aproximada de treze meses, compreendendo o período entre setembro de 2020 e outubro de 2021. As mudas de abacaxizeiro ‘BRS Imperial’, do tipo filhote, foram obtidas através de doação de produtores

rurais, do município de São Francisco de Itabapoana. Após a coleta as mudas foram transportadas para o município de Campos dos Goytacazes.

As mudas foram separadas por proximidade de tamanho e peso, formando três grupos, e direcionadas para o plantio. O plantio foi realizado em vasos de oito litros, contendo substrato preparado com solo peneirado e composto orgânico, sendo suas características detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do substrato utilizado no experimento

pH	S-SO <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	AL	H+AL	Na
H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>					
6,50	65,00	94,00	9,00	21,70	7,20	0,00	5,80	13,20
C		Mo	Fe	Cu	Zn	Mn	B	
g/dm <sup>3</sup>		mg/dm <sup>3</sup>						
8,80	15,17	216,40	0,48	6,26	44,42	0,35		

Para P, K, Zn, Cu, Fe e Mn: Extrator-Mehlich1; para Ca, Mg e Al - Extrator - KCl - 1mol/L. O B foi extraído com água quente e o S - Extrator - Fosfato monocálcico.

Durante o período experimental as plantas receberam irrigação por gotejamento, de acordo com a necessidade hídrica da cultura, que varia de 1,3 a 5,0 mm por dia (Py et al., 1984). A aplicação das fontes de potássio teve início 120 dias após o plantio das mudas, com o equivalente a 3 g planta<sup>-1</sup> de K, ocorrendo com o intervalo de trinta dias.

Ao longo do ciclo foram realizadas capinas mensais a fim de evitar competição intraespecífica, além disso foram realizadas aplicações periódicas de óleo mineral como forma de controle de cochonilhas. Aos seis meses após o plantio as plantas apresentaram sintomas visuais de deficiência de nitrogênio, para suprir tal necessidade foram realizadas aplicações quinzenais de solução nutritiva completa (-K).

#### Definição dos tratamentos

O experimento foi instalado e conduzido em delineamento em blocos casualizados, composto por sete tratamentos e quatro repetições. Cada repetição foi composta por 4 vasos, sendo uma planta por vaso, totalizando 112 plantas no

experimento.

Os tratamentos compreenderam seis fontes de potássio e um tratamento controle, sendo: Controle (sem adubação potássica adicional); Cloreto de potássio (KCl), Ekosil Plus (Yoorin), Hum-I-Solve (Pó Concentrado), Sulfato de Potássio ( $K_2SO_4$ ), cinza de usina e vinhoto de cana-de-açúcar. A dose aplicada variou de acordo com a fonte, levando em conta a concentração média de potássio em cada uma delas e a necessidade do nutriente pelo abacaxizeiro (Tabela 2).

Tabela 2. Concentração de  $K_2O$  ou KOH por kg dos produtos utilizados como fontes de potássio nos experimentos

Fontes de K	Concentração de K	Dose fonte (kg/ha ou L/ha)
KCl	600 g de $K_2O$ por kg	500
Ekosil Plus	80 g de $K_2O$ por kg	3
Hum-I-Solve	100 g de KOH por kg	0,5
$K_2SO_4$	500 g de $K_2O$ por kg	600
Cinza	8,6 a 24,5 g de $K_2O$ por kg	300
Vinhoto	0,64 a 7,62 g de $K_2O$ por L	1

Durante a condução do experimento foram avaliados aspectos relacionados ao crescimento, à fisiologia e à composição mineral das plantas.

#### Análises realizadas

#### Biometria Vegetal

As avaliações da biometria vegetal tiveram início oitenta dias após o início da aplicação dos tratamentos e compreenderam um período de seis meses. Durante este período foram realizadas análises destrutivas e não destrutivas.



As avaliações não destrutivas foram realizadas aos quatro, sete e onze meses após o plantio. Nestas avaliações foram mensurados o número de folhas, por meio de contagem, e altura total da planta, medindo com auxílio de fita graduada do colo da planta até a extremidade da folha mais longa.

As análises destrutivas foram realizadas aos nove e treze meses após o plantio, para cada avaliação foram retiradas duas plantas por repetição. As variáveis avaliadas foram número de folhas, comprimento total, comprimento do caule, diâmetro do caule, massa fresca e seca de folhas, massa fresca e seca de caule, área foliar e variáveis relacionadas à raiz.

O número de folhas foi definido através de contagem simples; para determinação da altura total foi utilizada fita graduada, sendo a medida efetuada desde o colo da planta até a ponta da folha maior. A massa fresca, para caule e folhas, foi determinada com auxílio de balança semianalítica.

O diâmetro de caule foi aferido com auxílio de paquímetro digital, sempre na parte central. A área foliar foi determinada com um medidor de bancada modelo LI -3100 LICOR (Lincoln, NE, USA). A massa seca, para folhas e caule, foi determinada com auxílio de balança semianalítica após secagem em estufa com circulação de ar forçada a  $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}$  por 72 horas.

As medidas morfológicas da raiz, foram mensuradas após lavagem dos sistemas radiculares das plantas em água corrente com auxílio de peneiras para retenção das raízes. Após a lavagem, as raízes foram colocadas em uma cuba de acrílico (30 cm de largura e 40 cm de comprimento) contendo água destilada, e analisadas com utilização do software WinRhizo Pro 2012b (Régent Instr. CNC.), conectado a um scanner profissional Epson XL 10000 com uma resolução de 400 dpi.

#### Análise mineral de plantas

Para análise nutricional das plantas foram utilizadas as folhas 'D', coletadas em três períodos durante o experimento. A primeira coleta, referente ao pleno desenvolvimento vegetativo do abacaxizeiro, foi realizada seis meses após o plantio. A segunda coleta, quando as plantas deveriam passar pela indução floral,

ocorreu aos nove meses após o plantio. E, a última coleta, ao final do experimento, aconteceu treze meses após o plantio.

O material vegetal coletado foi acondicionado em sacos de papel kraft devidamente identificados e encaminhados para estufa de ventilação forçada de ar, a 70 °C por aproximadamente 72 duas horas, até atingir o peso constante.

Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 20 *mesh* e armazenadas em frascos hermeticamente fechados e devidamente identificados. Posteriormente, foram submetidas a análises químicas para determinação dos teores de nitrogênio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) no setor de Nutrição Mineral de Plantas do Laboratório de Fitotecnia da UENF.

Para a determinação dos teores de N, o material vegetal foi submetido à digestão sulfúrica, no qual o nitrogênio foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965). Os outros nutrientes P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Zn, Mn, Cu, Mo e Ni foram quantificados por ICP-OES, após digestão com HNO<sub>3</sub> concentrado e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em sistema de digestão aberta. Condições do ICP: gás plasma 8,0 L min<sup>-1</sup>, gás auxiliar 0,70 L min<sup>-1</sup> e gás carreador 0,55 L min<sup>-1</sup>.

## Índice SPAD

Além dos parâmetros biométricos e teor nutricional, obteve-se o índice de clorofila nas folhas (índice Spad). As avaliações foram realizadas aos nove e treze meses após o plantio, sempre na folha 'D' do abacaxizeiro.

O índice de clorofila nas folhas foi estimado por meio do medidor portátil de clorofila modelo SPAD – 502 "Soil Plant Analyser Development" (Minolta Company, Japan). As avaliações foram realizadas, nas duas ocasiões, no período entre 8:00 e 10:00 horas am.

## Análises Estatísticas

Os dados obtidos, para as características agrônômica e índice SPAD, foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste Tukey com nível de 5% de

probabilidade para as variáveis que apresentaram diferenças significativas na ANOVA.

Para as análises estatísticas de concentração de nutrientes foliares utilizou-se um delineamento em parcela subdividida, sendo que o fator época da amostragem foi considerado a subparcela. Para a execução das análises estatísticas foi utilizado o programa *InfoStat* (CASANOVES et al., 2012).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Desenvolvimento Vegetativo

As diferentes fontes de potássio apresentaram o mesmo efeito para o desenvolvimento vegetativo da cultura nas condições estudadas, visto que não houve diferença significativa entre elas para as variáveis avaliadas (Tabela 3). O potássio não é um elemento ligado ao desenvolvimento do abacaxizeiro (Spironello et al., 2004; Guarçoni; Ventura, 2011, Caetano, et al., 2013), isso pode explicar a igualdade entre as fontes para as variáveis de crescimento, visto que foi o nutriente disponibilizado em maior quantidade.

Tabela 3. Número de folhas, altura total, massa fresca de folhas, massa seca de folhas e área foliar total de abacaxizeiro “BRS Imperial”, para época da indução floral, cultivado em casa de vegetação sob diferentes fontes de potássio

	NF	AT (cm)	MFFo (g)	MSFo (g)	AF (cm <sup>2</sup> )
Controle	30 a	42,23 a	371,94 a	59,18 a	1910,49 a
Cloreto de Potássio	39 a	41,13 a	361,21 a	53,38 a	1909,05 a
Ekosil	37 a	44,35 a	356,85 a	61,56 a	1728,83 a
Hum I solve	37 a	43,33 a	388,06 a	64,00 a	1917,69 a
Sulfato de Potássio	39 a	46,8 a	423,05 a	67,68 a	1965,02 a
Cinza	37 a	43,38 a	347,15 a	56,51 a	1821,57 a
Vinhoto	37 a	43,1 a	317,4 a	53,26 a	1681,54 a
<i>p</i>	0,716	0,639	0,779	0,803	0,988
CV (%)	19,92	8,84	23,53	25,30	27,56

Onde: NF= número de folhas; AT= área foliar total; MFFo= massa fresca de folhas; MSFo= massa seca de folhas; AF= área foliar. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si no teste de Tukey em 5% de probabilidade.

O número de folhas para abacaxizeiro BRS Imperial é em média 50, isto para o momento da indução floral (Ramos, et al., 2009; Santos, et al., 2015), os resultados obtidos neste trabalho mostram-se inferiores aos já observados. O número de folhas pode ser influenciado por diversos fatores segundo a literatura (Almeida et al., 2018; Oliveira Filho, et al., 2018; Silva e Fonseca, 2022), porém o potássio não é associado à essa característica. Logo, é pouco provável que a redução, de até 26%, seja associada à ação do elemento.

As plantas deste ensaio tiveram altura média de 43,47 cm, estando próximo do encontrado na literatura. O porte pequeno, não ultrapassando 50 cm, é uma característica da cultivar 'BRS Imperial' (Cabral e Matos, 2005), diferente de outras cultivares comerciais, como Smooth Cayenne e MD-2 que apresentam média de 68 e 76,6 cm, respectivamente (Reinhardt et al., 2002; Guarçoni e Ventura, 2011).

O bom desenvolvimento vegetativo da planta influencia diretamente na produção, bem como na obtenção de frutos com maior massa e melhor qualidade (Caetano et al., 2013), por isso a importância de acompanhar o desenvolvimento vegetativo da cultura. Apesar de não ser intimamente ligada ao crescimento, a deficiência em potássio pode causar sintomas maléficos nas plantas (Ramos et al., 2011; Reinhardt e Souza, 2009).

Plantas deficientes em potássio apresentam folhas com pequenas pontuações amarelas que crescem, se multiplicam e podem se reunir sobre as margens do limbo; além de ressecamento de sua extremidade; planta de porte ereto; pedúnculo do fruto pouco resistente, e causar frutos pequenos, sem acidez, sem aroma (Reinhardt e Souza, 2009). As plantas avaliadas não apresentaram sintomas visuais de deficiência em potássio, o que foi reafirmado com a análise nutricional do tecido vegetal (Tabela 6).

As variáveis de crescimento não foram um fator limitante para a utilização das fontes alternativas de potássio, associado a isso as concentrações de K ( $\text{g kg}^{-1}$ ) estiveram próximas ao ideal em todos os tratamentos. Logo, com ajustes nas doses durante o ciclo da cultura as fontes propostas mostram-se promissoras para servir de adubo na cultura do abacaxizeiro 'BRS Imperial'.

## Morfologia de raiz

As variáveis morfológicas de raiz não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 4), demonstrando assim que as fontes utilizadas não foram limitantes ao crescimento radicular do abacaxizeiro.

Tabela 4. Área Superficial, Volume, Massa fresca e Massa seca do sistema radicular de abacaxizeiro “BRS Imperial” cultivado em casa de vegetação sob diferentes fontes de potássio

	AS (cm <sup>2</sup> )	VR (cm <sup>3</sup> )	MF (g)	MS (g)
Controle	2207,78 a	36,24 a	91,67 a	15,8 a
Cloreto de Potássio	1715,59 a	31,05 a	82,44 a	12,99 a
Ekosil	1546,17 a	27,85 a	74,69 a	13,75 a
Hum I solve	2023,26 a	34,73 a	91,16 a	16,39 a
Sulfato de Potássio	2026,46 a	33,99 a	85,56 a	15,07 a
Cinza	1978,63 a	33,71 a	83,46 a	14,62 a
Vinhoto	1676,01 a	27,68 a	66,33 a	13,01 a
<i>p</i>	0,5547	0,8239	0,2671	0,5744
CV	27,43	30,29	21,29	22,15

Onde: AS= área superficial; VR= volume radicular; MFR= massa fresca; MS= massa seca. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si no teste de Tukey em 5% de probabilidade.

O abacaxizeiro possui, naturalmente, poucas raízes, sendo estas distribuídas em um sistema fasciculado e superficial (Ganem, 2015). Estas características, associadas ao manejo durante o experimento podem ter influenciado as variáveis morfológicas da raiz gerando semelhança entre os tratamentos.

Além disso, o potássio, principal nutriente fornecido à cultura neste experimento, não desempenha papel precursor no desenvolvimento de raízes, porém, como já ressaltado, quando em deficiência pode causar consequências negativas à cultura (Ramos et al., 2011; Reinhardt e Souza, 2009). Silva, et al. (2021), trabalhando com adubação associada de K e N, também não observaram influência do potássio no sistema radicular do abacaxizeiro cv ‘Pérola’, corroborando os resultados encontrados neste trabalho.

Pouco se sabe sobre a morfologia radicular da cv ‘BRS Imperial’, logo não existem na literatura valores de referência. A redução da área superficial radicular pode estar associada a aspectos de manejo, como déficit hídrico e salinidade (Sousa, et al., 2018, Cruz, et al., 2021), barreiras físicas (Nikkel e Lima, 2020) e características intrínsecas da própria cultivar. O volume radicular médio deste trabalho foi 95,39 % superior ao encontrado por Silva, et al. (2021), trabalhando com adubação associada de K e N em abacaxizeiro.

### Índice Spad

Os resultados mostram que não houve interação entre a época de amostragem e os tratamentos para o índice Spad, no entanto houve efeito independente da época de amostragem (Tabela 5). Esse resultado pode estar associado à reposição nutricional realizada após a identificação dos sintomas visuais de deficiência de nitrogênio.

Tabela 5. Índice SPAD para abacaxizeiro “BRS Imperial” em função de fontes alternativas de potássio e época de amostragem, cultivado em casa de vegetação

	ÉPOCA DE AMOSTRAGEM	
	Indução (9 meses)	Final (13 meses)
Controle	31,6 aB	45,25 aA
Cloreto de Potássio	29,15 aB	40,31 aA
Ekosil	31,11 aB	43,95 aA
Hum I solve	33,35 aB	46,65 aA
Sulfato de Potássio	27,26 aB	36,88 aA
Cinza	32,02 aB	44,12 aA
Vinhoto	30,65 aB	45,26 aA
<i>p</i>	0,9675	
CV (%)	19,02	

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade.

O N é um dos elementos utilizados na síntese de clorofila, dessa forma o teor de clorofila correlaciona-se positivamente com o teor de N na planta e com o rendimento das culturas (Singh et al., 2010; Reinbothe et al., 2010). Dada essa íntima ligação a análise da intensidade do verde das folhas é uma das técnicas com maior potencial para avaliar o estado de nitrogênio da planta (Zuffo, et al., 2012), e

por essa razão associou o aumento, em aproximadamente 28,90%, do índice spad entre a primeira e segunda época de amostragem à reposição nutricional.

A última época de amostragem apresentou média de 43,20 unidade Spad, sendo este resultado abaixo do encontrado em outros trabalhos. Leonardo, et al. (2013), trabalhando com duas fontes de N, encontraram média de 51,97 unidade spad para abacaxizeiro 'Vitória'. Já Ramos et al. (2013), com estudo realizado com a cv 'Imperial', encontraram média de 75,7 unidade spad, sendo 42,89% maior do que o observado neste trabalho.

A superioridade observada na literatura (Leonardo et al. 2013, Ramos, et al., 2013) quando comparada aos resultados deste ensaio, pode ser associada principalmente ao regime nutricional a qual a cultura foi submetida, sendo focado em N em ambos os casos, enquanto este trabalho teve o potássio como objeto focal. A literatura aponta efeito de doses de N no índice Spad para diversas culturas, como laranjeira (Souza et al., 2011) e mamoeiro (Torres Neto et al., 2002), não sendo diferente para abacaxizeiro.

O potássio não afeta, positiva ou negativamente, a leitura do índice Spad (Ramos et al., 2013). Apesar do potássio, não participar de compostos estruturais nas plantas, esse nutriente desempenha importante papel em vários processos bioquímicos e fisiológicos dos vegetais (Viana e Kiehl, 2010). Além disso, o potássio também pode influenciar a utilização de nitrogênio pelas culturas como observado em alguns trabalhos (Xu, et al, 1992; Cogo, 2006; Viana e Kiehl, 2010).

## Análise de nutrientes

### Potássio

Os resultados obtidos mostram que houve interação entre as épocas de amostragem e a fonte de potássio utilizada para os teores foliares de K ( $\text{g kg}^{-1}$ ) do abacaxizeiro (Tabela 6).

Tabela 6. Teores foliares de K ( $\text{g kg}^{-1}$ ) para abacaxizeiro “BRS Imperial” em função de fontes alternativas de potássio e épocas de amostragem, cultivado em casa de vegetação

	ÉPOCA DE AMOSTRAGEM		
	Vegetativo	Indução	Final
Controle	41,225 aA	35,675 bAB	26,997 abB
Cloreto de Potássio	45,600 aB	68,850 aA	43,190 aB
Ekosil	37,767 aA	30,525 bAB	20,155 bB
Hum I solve	44,250 aA	33,525 bAB	19,695 bB
Sulfato de Potássio	44,200 aB	60,175 aA	33,767 abB
Cinza	42,932 aA	34,900 bA	19,807 bB
Vinhoto	42,575 aA	37,975 bA	20,677 bB
<i>p</i>		0,0032	
CV (%)		21,98	

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade.

Para a primeira época de amostragem, referente ao pleno desenvolvimento vegetativo da cultura, não foi observada diferença significativa entre as fontes de potássio. A igualdade entre os tratamentos nessa fase pode ser explicada pela quantidade de potássio disponível inicialmente no substrato, proveniente dos componentes utilizados. É possível que o abacaxizeiro tenha utilizado essa reserva como fonte de nutrientes e acumulado nas folhas.

A marcha de absorção de nutrientes, incluindo o potássio, é acelerada nessa fase do desenvolvimento da cultura (Reinhardt, 2015). Essa absorção é convertida em crescimento vegetativo e acúmulo de biomassa, e pode ocorrer até o momento da indução floral.

Durante a fase de indução floral as fontes de potássio apresentaram comportamento distinto, as maiores concentrações foram encontradas para os tratamentos KCl e  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Em altas taxas de aplicação de K, a adubação proveniente de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  apresentou melhores resultados do que a adubação com KCl (Djido et al., 2021), apesar disso a maior parte da adubação potássica realizada na abacaxicultura é com a utilização de KCl (Souza e Oliveira, 2021), parte por conta do alto valor agregado de adubos como o  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Os altos valores associados a



adubos comerciais são um excelente incentivo para identificar fontes alternativas de nutrientes.

Ainda para segunda época de amostragem (indução floral) as fontes alternativas de potássio diferiram significativamente das “convencionais” (KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sendo até 86,45% menor. Mesmo com essa diferença expressiva, os teores de potássio estão de acordo com o encontrado na literatura para esta fase do desenvolvimento. A cultivar Smooth Cayenne apresentou valores acima de 28 g kg<sup>-1</sup> para mesma fase de desenvolvimento (Santos et al., 2005), já Bataglia e Santos (2001), trabalhando com a cultivar Pérola, sugerem a faixa de teores adequados de K entre 22-30 g kg<sup>-1</sup>.

A indução floral é um dos momentos mais importantes para o abacaxizeiro, a partir dessa fase começa a translocação de nutrientes das folhas para o fruto em formação. Logo, é importante que as plantas estejam em seu pleno vigor e com o balanço nutricional equilibrado, visto que plantas vigorosas e bem nutridas dão origem a frutos de maior qualidade. Como o potássio é o principal nutriente ligado à qualidade do fruto sua importância para este período é indiscutível (Ramos, et al., 2009; Caetano, et al., 2013; Ramos, et al., 2011; Reinhardt, 2015).

Sintomas visuais de deficiência de potássio podem ser observados, para cv ‘Imperial’ a partir do momento que as plantas apresentam uma concentração foliar de K de 11,6 g kg<sup>-1</sup> (Ramos, et al., 2009). Apesar da diferença entre os tratamentos, em todos os casos a concentração de K está distante do que é considerado deficiente para a cultura nessa fase do desenvolvimento.

Para a última época de amostragem, referente ao final do experimento, o tratamento KCl foi o que mostrou maior concentração de K, sendo 54,41% superior àquele que apresentou menor concentração do nutriente (Cinza de usina). A composição da cinza de usina é variável dependendo do lote da cana-de-açúcar utilizada e dos processos envolvidos na sua obtenção (Calgaro, et al. 2008; Severino, et al. 2006).

É importante destacar que apesar de muito abaixo do tratamento com maior concentração de K (KCl), o tratamento com cinza de usina apresentou valores próximos ao ideal para essa fase do desenvolvimento segundo a literatura (Ramos, et al., 2009; Guarçoni e Ventura, 2011; Maeda, et al, 2011). Os impactos do uso de cinzas de usina, positivos ou negativos, estão ligados à dose aplicada e à composição do resíduo (Lacotiz e Muniz, 2014). Nesse sentido fica a sugestão de

um ensaio que teste diferentes doses de cinza de usina na cultura do abacaxizeiro 'BRS Imperial'.

Houve um incremento significativo de 33,76% e 29,86%, nos teores de K entre o estágio vegetativo e a época de indução para os tratamentos KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, respectivamente, os demais tratamentos apresentaram redução (até 24,24%) para o mesmo período. A superioridade dos tratamentos KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pode ser explicada pela maior concentração e maior estabilidade de K<sub>2</sub>O nos adubos comerciais quando comparados com as fontes alternativas de potássio (Granjeiro e Cecílio Filho, 2006, Marques et al., 2014).

Pode-se observar um decréscimo nos teores de K, para todos os tratamentos, entre o período da indução e a fase final do experimento. A redução dos teores foliares de potássio pode ser explicada justamente pela fase de desenvolvimento da cultura. Partindo da indução floral todos os esforços da cultura, tanto relacionado à nutrição quanto outros aspectos, voltam-se para a produção e perpetuação de frutos. Após a indução floral o abacaxizeiro reduz drasticamente a absorção de nutrientes do solo (substrato), logo a adubação deve ser concentrada até antes desse momento, visando à redução dos custos com insumos (Teixeira et al., 2002, Ribeiro, Vasconcelos e Araújo, 2011; Reinhardt, 2015).

É importante destacar o comportamento da concentração de K ao longo do ciclo para o tratamento controle (sem adição de adubação potássica). Houve um decréscimo constante e significativo para a concentração de K ao longo do ciclo, o que reafirma a importância da realização de adubações periódicas e em quantidades adequadas, visando evitar a deficiência deste nutriente que é essencial para o desenvolvimento da cultura e posterior qualidade dos frutos.

O potássio, indiscutivelmente, tem um efeito positivo na produção de abacaxi e na qualidade do fruto (Spironello et al., 2004; Teixeira, et al., 2011). Quaggio et al. (2009) verificaram que a aplicação de K independente da fonte melhorou a vida útil do abacaxi, dessa forma novos ensaios para obtenção de fontes alternativas de potássio para cultura do abacaxizeiro devem ser realizados, além disso sugere-se o estudo de doses ideais para as mesmas fontes.

## Outros nutrientes

Não houve interação entre a época de amostragem e os tratamentos para o conteúdo foliar dos demais nutrientes. Os dados apresentados na tabela 7 referem-se à segunda época de amostragem (Indução floral). Até o momento da indução floral o abacaxizeiro tem uma marcha de absorção acelerada e que tende a cair a partir desse momento (Reinhardt, 2015). A nutrição adequada é um dos principais pontos que garantem a produtividade e a qualidade dos frutos, por isso a importância de manter as plantas bem nutridas.

Os macronutrientes N, P e Ca ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) e os micronutrientes B, Cu, Fe, Zn e Ni ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. Vale ressaltar que, com exceção do N, os demais nutrientes apresentaram valores próximos ao ideal para a cultura nessa fase do desenvolvimento, segundo a literatura (Ramos, et al., 2009; Souza e Reinhardt, 2009; Feitosa, et al., 2011; Aular, et al., 2014; Cunha, et al., 2021). Apesar do elemento principal deste ensaio ser o K, a dinâmica dos demais nutrientes é igualmente importante, visto que alguns elementos interagem entre si.

Tabela 7. Teores foliares de macro e micronutrientes para abacaxizeiro “BRS Imperial” em função de fontes alternativas de potássio, cultivado em casa de vegetação

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn	Mn	Ni
	(g Kg <sup>1</sup> )						(mg Kg <sup>1</sup> )					
Controle	6,79 a	1,23 a	35,68 b	4,94 a	3,11 abc	1,37 bc	16,60 ab	2,93 a	33,8 a	10,98 a	180,75 bc	0,95 a
Cloreto de Potássio	4,86 a	1,54 a	68,85 a	4,49 a	2,53 cd	1,63 bc	19,66 ab	3,87 a	32,23 a	10,03 a	323,25 a	1,26 a
Ekosil	4,86 a	1,4 a	30,53 b	3,79 a	2,6 bcd	1,20 c	13,13 b	3,38 a	80,63 a	13,86 a	119,95 c	1,05 a
Hum I solve	4,85 a	1,3 a	33,53 b	5,18 a	3,34 a	1,46 bc	17,50ab	3,3 a	38,83 a	10,45 a	201,00 abc	0,93 a
Sulfato de Potássio	4,59 a	1,6 a	60,18 a	3,72 a	2,22 d	3,58 a	17,05 ab	3,93 a	63,53 a	10,98 a	269,25 ab	1,42 a
Cinza	4,35 a	1,64 a	34,90 b	4,54 a	3,15 abc	1,55 bc	16,00 ab	4,94 a	37,28 a	10,72 a	184,53 bc	1,42 a
Vinhoto	4,45 a	1,84 a	37,98 b	5,07 a	3,27 ab	2,03 b	21,30 a	4,94 a	42,58 a	12,48 a	184,75 bc	1,27 a
p	0,4397	0,4078	< 0,0001	0,0236	0,0002	< 0,0001	0,0403	0,2911	0,4559	0,8118	0,0016	0,4244
CV (%)	33,03	26,94	14,64	14,36	10,19	19,06	17,99	29,71	77,33	33,98	26,37	34,23

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si no teste de Tukey em 5% de probabilidade.

A concentração média de N foi de  $4,96 \text{ g kg}^{-1}$ , e nesse nível as plantas já apresentavam sintomas visuais de deficiência do nutriente. Coelho et al. (2010) observaram, para cv Smooth Cayenne, que teores de nitrogênio inferiores a  $11 \text{ g kg}^{-1}$  limitam o crescimento do abacaxizeiro, e que teores foliares acima deste valor favorecem o crescimento de novos tecidos.

O magnésio apresentou as maiores concentrações no tratamento Hum I Solve, sendo 50,45% maior do que o que apresentou menores valores (Sulfato de Potássio). Os valores médios obtidos neste ensaio ( $2,89 \text{ g Kg}^{-1}$ ) estão próximos aos citados por Ramos et al (2011), que encontram teores variando de  $2,10$  a  $3,07 \text{ g kg}^{-1}$ , com a cultivar Imperial na mesma fase de desenvolvimento.

O Mg apresenta competição direta com o K, além do Ca (Marschner, 2012). O tratamento com maior concentração de Mg apresentou redução de até 51,30% nos teores de K. Veloso et al (2001) observaram relação contrária, onde doses crescentes de K reduziram a concentração foliar de Mg para cultura do milho. Cunha et al (2021), para abacaxizeiro 'Vitória', observaram que a deficiência em Mg causou redução, de até 24%, nos teores foliares de K, mostrando mais uma vez a ligação entre estes elementos.

O maior teor de enxofre foi observado no tratamento Sulfato de Potássio, e o menor no tratamento Ekosil, sendo 66,48% inferior. A superioridade do tratamento Sulfato de Potássio pode ser associada à sua composição, visto que sua fórmula possui até 17% de enxofre sob a forma  $\text{SO}_4^{2-}$ . Ramos et al. (2009), encontraram, para abacaxizeiro 'BRS Imperial', teores de  $0,45 \text{ g kg}^{-1}$ , para tratamento deficiente em enxofre, e  $1,45 \text{ g kg}^{-1}$ , para tratamento com solução nutritiva completa, não sendo observados sintomas visuais de deficiência para ambos os casos.

Já Cunha et al. (2019), observaram resultados semelhantes, obtendo  $0,80 \text{ g kg}^{-1}$  em deficiência e  $1,11 \text{ g kg}^{-1}$  em solução completa para abacaxizeiro 'Vitória'. Os teores de enxofre neste ensaio variaram de  $3,58$  a  $1,20 \text{ g kg}^{-1}$ , sem a presença de sintomas visuais de deficiência. Plantas de abacaxizeiro deficientes em enxofre, apresentam, inicialmente, pequena mudança na coloração das folhas, com rachaduras nas folhas mais velhas, seguidas de coloração verde-claras, posteriormente amareladas, com centros necrosados, apresentando coloração um pouco avermelhadas (Freitas, et al., 2012).

Em geral, pouco se conhece sobre o efeito da adubação com micronutrientes nas culturas tropicais, não sendo diferente para abacaxizeiro (Yamada, 2004), tendo-se assim poucos valores de referência para cultura. Feitosa et al. (2011) obtiveram teores máximos de manganês de 266,7 e 269,0 mg kg<sup>-1</sup> para abacaxizeiro 'Vitória' adubado via solo e foliar, respectivamente, com micronutrientes. O máximo teor obtido neste ensaio foi de 323,25 mg kg<sup>-1</sup> referente ao tratamento Cloreto de Potássio, sendo até três vezes superior ao tratamento Ekosil, que apresentou 119,95 mg kg<sup>-1</sup>.

O tratamento Vinhoto apresentou maiores concentrações de boro para esta época de amostragem, sendo 62,22% maior do que o Ekosil, que apresentou menores concentrações. Cunha et al. (2020) observaram que a deficiência em B acarretou redução de até 12,1% para as concentrações de potássio. Resultados semelhantes podem ser observados neste ensaio, o tratamento Ekosil, que apresenta menor concentração de B, obteve redução de até 55,66% nas concentrações de K.

Cunha et al (2020) observaram teores de boro variando de 8,05 a 15,7 mg kg<sup>-1</sup> e não observaram sintomas visuais de deficiência para abacaxizeiro 'Vitória', já Ramos et al. (2009), trabalhando com abacaxizeiro 'BRS Imperial', observaram teores nutricionais de boro variando de 5,5 a 8,5 mg kg<sup>-1</sup> e observaram sintomas de deficiência de boro nos frutos colhidos. Neste trabalho, para segunda época de amostragem, foram obtidos valores variando de 21,30 a 13,13 mg kg<sup>-1</sup>, e não foram observados sintomas visuais de deficiência nas plantas.

O boro desempenha principalmente funções estruturais como: complexos com polióis, fenóis, carboidratos, ácidos orgânicos e atua como regulador enzimático. Sua deficiência afeta principalmente os frutos, a síntese de ácidos nucleicos, comprometendo o teor de ácido ascórbico/vitamina C, reduzindo assim a qualidade (Malavolta, 2006; Taiz et al., 2017).

## CONCLUSÕES

As fontes de potássio avaliadas não apresentaram efeito sobre o crescimento do abacaxizeiro 'BRS Imperial', nas condições avaliadas, mostrando potencial para utilização.

A concentração de potássio nas folhas do abacaxizeiro foi influenciada pelos tratamentos propostos. O KCl apresentou maiores concentrações para todas as épocas avaliadas. Não foi observada deficiência em potássio para nenhuma das fontes avaliadas, reafirmando o potencial delas para abacaxicultura.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, M. C. R., Leite, M. L. de M. V., Sá Júnior, E. H., Cruz, M. G., Moura, G. A., Moura, E. A., Sá, G. A. dos S., Lucena, L. (2018) Crescimento vegetativo de cultivares de milho sob diferentes disponibilidades hídricas. *Magistra*, 29(2):161-171.
- Aular, J., Casares, M., Natale, W. (2014). Nutrição mineral e qualidade do fruto do abacaxizeiro e do maracujazeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(4):1046-1054.
- Bataglia, O.C., Santos, W.D. (2001). Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. *Informações Agronômicas*, 96:3-8.
- Cabral, J. R. S.; Matos, A. P. (2005). Imperial, Nova Cultivar de Abacaxi. Cruz das Almas: Embrapa, 4 p.
- Caetano, L. C. S., Ventura, J. A., Costa, A. F. S., Guarçoni, R. C., (2013) Effect of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield and fruit quality of pineapple 'Vitoria'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(3): 883-890.
- Calgaro, H. F., Cassiolato, A. M. R., Valério, W. V. F., Fernandes, F. M., Maltoni, K. L. (2008). Resíduos orgânicos como condicionante de subsolo degradado e efeitos na atividade microbiana e fertilidade em cultivo de barbatimão. *Revista Árvore*, 32(6):1069-1079.
- Cogo, C. M., Andriolo, J. L., Bisognin, D. A., Godoi, R. dos S., Batolotto, O. C., Luz, G. L. (2006). Nitrogen-potassium relationship for diagnosis of plant nutritional status and fertilization of the potato crop. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(12): 1781-1786.
- Cruz, M. S. F. V., Farias, P. M. dos R., Alves, J. D. N., Conceição, H. E. O., Sauma, M. F., Silva, J. V. S., Aguiar, A. C. S., Silva, P. M., Pinheiro, M. da C., Oliveira, J. N. (2021). Crescimento e desenvolvimento de plantas jovens de



- açazeiro sob déficit hídrico em Latossolo Amarelo. *Research, Society and Development*, 10(12): e496101220582.
- Cunha, J. M., Freitas, M. S. M., Carvalho, A. J. C., Caetano, L. C. S., Pinto, L. P., Peçanha, D. A. (2020). Foliar content and visual symptoms of nutritional deficiency in pineapple 'Vitória'. *Journal of Plant Nutrition*, 44(5): 660-672.
- Cunha, J. M., Freitas, M. S. M., Caetano, L. C. S., Carvalho, A. J. C., Peçanha, D. A., Santos, P. C. (2019). Qualidade de frutos de abacaxizeiro 'Vitória' sob deficiência de macronutrientes e boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(5): e – 080.
- Sousa, G. G., Rodrigues, V. S., Sales, J. R. S., Cavalcante, F. Silva, G. L., Leite, K. N. (2018). Estresse salino e cobertura vegetal morta na cultura do milho. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 12(7): 3078-3089.
- Djido, U., Hotegni, N. V. F., Lommen, W. J. M., Hounhouigan, J. D., Dako, E. G. A., Struik, P. C. (2021). Effect of planting density and K<sub>2</sub>O:N ratio on the yield, external quality, and traders' perceived shelf life of pineapple fruits in benin. *Frontiers in Plant Science*, 12:e-620878.
- 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.
- Freitas, M.S.M; Carvalho, A.J.C; Monnerat, P.H. (2012). Diagnose Foliar nas Culturas do Maracujá e do Abacaxi. In: Prado, R. M., *Nutrição de plantas: Diagnose foliar em frutíferas*. Funep: Jaboticabal – SP, 1-47.
- Ganem, E. L. DE O. (2015). A cultura do abacaxizeiro. 1 ed. Vitória da Conquista – BA: CETEP: Centro Territorial de Educação Profissional da Região de Vitória da Conquista, 30p.
- Grangeiro, L C.; Cecílio Filho, A. B., (2006). Características de produção de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. *Horticultura Brasileira*, 24:50-454.

- 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(4):1367-1376.
- Hiroce, R., Carvalho, A. M., Bataglia, O. C., Furlani, P. R., Furlani, A. M. C., Santos, R., R., Açu, E. E. P., Gallo, J. R. (1997). Composição mineral de frutos tropicais na colheita. *Bragantia*, 36(14):155-163.
- Lacotiz, J. C. A., Muniz, A. S. (2014). Uso de cinzas de bagaço de cana de açúcar como fonte de potássio: efeitos no solo e nas plantas. *Cadernos de Agroecologia*, 9(4):1-6.
- Leonardo, F. D. A. P., Pereira, W. E., Silva, S. M., Costa, J. P. (2013). Teor de clorofila e índice SPAD no abacaxizeiro cv. Vitória em função da adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(2), p. 377-383.
- 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. Piracicaba: Ceres, 638p.
- Marques, D. J., Broetto, F., Ferreira, M. M., Lobato, A. K. D. S., Ávila, F. W. D., Pereira, F. J. (2014). Fontes potássicas alterando a atividade de antioxidante da berinjela. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(6):1836-1842.
- Marschner, H. (2012) Mineral nutrition of higher plants. London:Academic Press Inc. 674p.
- Nikkel, M., Lima, S. O, (2020). Crescimento inicial de algodão cultivado em plintossolo pétrico concrecionário. *Energia na Agricultura*, 35(3):360-369.
- Oliveira Filho, P., Vanir Junior, M., Almeida, C. L., Lima, J. S., Costa, J. N., Rocha, J. P. A. (2018) Crescimento de cultivares de pimentão em função da adubação potássica. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 12(4):2814-2822.
- Pegoraro, R. F., Souza, B. A. M., Maia, V. M., Silva, D. F., Medeuris, A. C., Sampaio, R. A. (2014). Macronutrient uptake, accumulation and export by the

- irrigated 'Vitória' pineapple plant. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(3):896-904.
- Pinto, L. E. V., Araujo, F. F (2019). Uso de vinhaça como biofertilizante: efeito na nodulação, crescimento e acúmulo de nutrientes no cultivo da soja. *Colloquium Agrariae*, 15(5):97–109.
- Quaggio, J., Teixeira, L. A. J., Cantarella, H., Mellis, H. V., Sigrist, J. M. (2009). Post-harvest behaviour of pineapple affected by sources and rates of potassium. *Acta Horticult*, 822:277–284.
- Ramos M. J. M., Monnerat, P. H., Carvalho, A. J. C. C., Pinto, J. L. A., Silva, J. A. (2009). Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro "Imperial". *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(1):252-256.
- Ramos M. J. M., Monnerat, P. H., Pinho, L. G. R., Silva, J. A. (2011). Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro "Imperial": composição mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(1):261-271.
- Ramos, M. J. M., Monnerat, P. H., Pinho, L. G. R. (2013). Leitura SPAD em abacaxizeiro imperial cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35:277-281.
- Reinbothe, C., Bakkouri, M. E., Buhr, F., Muraki, N., Nomata, J., Kurisu, G., Fujita, Y., Reinbothe, S. (2010). Chlorophyll biosynthesis: spotlight on protochlorophyllide reduction. *Trends in Plant Science*, 15(11):614-624.
- Reinhardt, D. H. (2015). Manejo do solo-água-plantas em plantios de abacaxi. In: Simpósio Brasileiro da cultura do abacaxi, nº 6, Conceição do Araguaia. Belém, PA: SEDAP, 1 -13.
- Reinhardt, D. H., Cabral, J. R. S., Souza, L. F. S., Sanches, N. F., Matos, A. P. (2002). Pérola and Smooth Cayenne pineapple cultivars in the state of Bahia, Brazil: growth, flowering, pests, diseases, yield and fruit quality aspects. *Fruits*, 57(1):43–53.
- Ribeiro, D. G., Vasconcellos, M. A. D. S., Araújo, A. P. (2011). Contribuição do sistema radicular de mudas micropropagadas na absorção de nitrogênio de abacaxizeiro cultivar Vitória. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33:1240-1250.

- São José, A. R., Prado, N. B., Bomfim, M. P., Rebouças, T. N. H., Mendes, H. T. A. (2014). Marcha de absorção de nutrientes em anonáceas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1):176-183.
- Severino, L. S.; Lima, R. L. S.; Beltrão, N. E. M. Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas. Campina Grande, PB, CNPA – EMBRAPA, 2006, 5p.
- Silva, F. O. D. R., Zucoloto, M., Ribeiro, A. M. A. de S., Bonomo, R., Partelli, F. L., Nascimento, M. L. U. (2021). Root development and productivity of 'Pérola' pineapple as a function of fertigation management. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 43(2):e-082.
- Silva, L. F., Souza, L. S. B., Fonseca, K. S. (2022). Interferências da temperatura e da luminosidade no crescimento vegetativo de gladiolo. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 7(2):83-90.
- Singh, V., Singh, B., Singh, Y., Pense, H. S., Gupta, R. K. (2010). Need based nitrogen management using the chlorophyll meter and leaf colour chart in rice and wheat in South Asia: a review. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 88:361-380.
- Souza, L. F. Da S.; Reinhardt, D. H. (2009). Abacaxizeiro. In: Crisóstomo, L. A., Naumov, A. Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil. 1º ed. Horgen: Instituto Internacional de Potassa, 182-205.
- Souza, L. F. S.; Oliveira, A. M. G. (2021). Calagem e dubação para abacaxizeiro. In: Borges, A. L. *Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá*. 2º edição. Brasília: Editora Técnica, 95 – 122.
- Souza, T. R.; Salomão, L. C., Andrade, T. F., Bôas, R. L. V., Quaggio, J. A. (2011). Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas cítricas fertirrigadas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(3):993-1003.
- Spironello, A., Quaggio, J., 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(1):155-159.

- Teixeira, L. A. J., Quaggio, J. A., Cantarela, H., Mellis, E. V. (2011). Potassium fertilization for pineapple: effects on plant growth and fruit yield. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(2):618-626.
- Torres Neto, A. Campostrini, E., Oliveira, J. G., Yamanashi, O. K. (2002). Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 14(3):203-210.
- Viana, E. M., Kiehl, J. D. C. (2010). Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. *Bragantia*, 69(4):975-982.
- Xu, Q. F., Tsai, C. L., Tsau, C. Y. (1992). Interaction of potassium with the form and amount of nitrogen nutrition on growth and nitrogen uptake of maize. *Journal of Plant Nutrition*, 15(1):23-33.
- Yamada, T. (2004). Deficiências de micronutrientes, ocorrência, detecção e correção: o sucesso da experiência brasileira. *Informações Agronômicas*, 105:01-12.
- Zuffo A. M., Andrade, F., Schossler, T. R., Milhomem, D., Piauilino, Adelfran. (2012). Eficiência na determinação indireta do nitrogênio foliar a partir do índice SPAD. *Enciclopédia Biosfera*. 8(15):805-820.

#### 4.1 ARTIGO 2. OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO 'BRS IMPERIAL' ATRAVÉS DO SECCIONAMENTO DE CAULE

Resumo: A obtenção de mudas saudáveis para abacaxizeiro tem se tornado um desafio com o advento das doenças, como o caso da Fusariose. A técnica de seccionamento de caule surge como forma de obter mudas em grandes quantidades e saudáveis, visto que os sintomas das doenças são observados mais facilmente em caules adultos. Esta técnica consiste na quebra da dormência apical, fazendo com que as gemas axilares brotem e originem um novo material vegetal, pronto para o plantio. Apesar do sucesso já comprovado ainda há margem para melhorar o processo e otimizar a obtenção dessas mudas. Este ensaio teve como objetivo otimizar a produção de mudas provenientes do seccionamento de caule através do uso de adubos potássicos alternativos e adubos tradicionais. O experimento foi instalado e conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com dez tratamentos: Controle tratamentos: Controle, KCl, Hum I Solve, Ekosil,  $K_2SO_4$ , Cinza de usina, Vinhoto, Ureia, Ácido Bórico e Solução Nutritiva completa; e seis repetições, com quatro seções por parcela. O ensaio consistiu no seccionamento de caule de plantas adultas do abacaxizeiro 'BRS Imperial' e posterior pulverização com os tratamentos propostos. Foram avaliados a porcentagem de gemas brotadas e o desenvolvimento de plântulas, 150 dias após o plantio. Os tratamentos não afetaram a porcentagem de brotação, mas influenciaram o desenvolvimento vegetativo das plântulas. O Hum I Solve aumentou em 37,07% e 57,77% a altura total e o número de folhas, respectivamente. A Solução Nutritiva apresentou desempenho abaixo do esperado, tendo seus valores médios próximos ao tratamento controle.

Abstract: Obtaining healthy seedlings for pineapple has become a challenge with the advent of diseases, such as the case of Fusarium. The stem sectioning technique appears as a way to obtain healthy seedlings, since the symptoms of the diseases are more easily observed in adult stems. This technique consists of breaking the apical dormancy, causing the axillary buds to sprout and originate a

new plant material, ready for planting. Despite the already proven success, there is still room to improve the process and optimize the obtaining of these seedlings. In this sense, this trial aimed to optimize the production of seedlings from stem sectioning through the use of alternative potassium fertilizers and traditional fertilizers. The experiment was set up and conducted in a completely randomized design, with ten: Control treatments: Control, KCl, Hum I Solve, Ekosil,  $K_2SO_4$ , Mill ash, Vinhot, Urea, Boric Acid and complete Nutrient Solution; and six repetitions. The experiment consisted of sectioning the stem of adult plants of the pineapple 'BRS Imperial' and subsequent spraying with the proposed treatments. The percentage of sprouted buds and seedling development were evaluated 150 days after planting. The data obtained were submitted to Analysis of Variance and Tukey's test at 5% probability. The treatments did not affect the percentage of sprouting, but influenced the vegetative development of the seedlings. Hum I Solve increased by 37.07% and 57.77% the total height and the number of leaves, respectively. The Nutritive Solution performed below expectations, having its average values close to the control treatment.

## INTRODUÇÃO

A técnica de seccionamento de caule para obtenção de mudas tem sido utilizada frequentemente na cultura do abacaxizeiro. Esta técnica consiste na quebra da dormência apical, fazendo com que as gemas axilares brotem e originem um novo material vegetal, pronto para o plantio (Coelho, et al., 2007; Freitas, et al., 2012).

O seccionamento pode ser utilizado em diversas ocasiões, mas torna-se ainda mais importante em situações de escassez de material de plantio de qualidade adequada (Matos, et al., 2009; Silva, et al., 2020). Tais situações podem ocorrer em surtos de doenças, como a fusariose, ou com cultivares novas com pouca distribuição, como a cultivar 'BRS' Imperial'.

A simplicidade do método, o baixo custo de realização e a garantia da produção de um material de plantio livre de doenças em viveiros, são algumas das vantagens associadas ao método proposto por Reinhardt e Cunha (1989). Apesar do sucesso quase que garantido, existem técnicas que podem otimizar a eficiência do método, dentre elas o fornecimento adequado de nutrientes (Comério, et al., 2019).

O suprimento nutricional pode acelerar o processo de brotação das gemas axilares. Além disso, o fornecimento adequado de nutrientes ainda na fase de plântulas, pode reduzir os gastos futuros com adubos, além de contribuir para maior uniformidade e rapidez no crescimento das mudas, reduzindo, assim, o tempo de permanência destas no viveiro (Coelho, et al., 2007; Freitas, et al., 2014).

Inicialmente as mudas provenientes do seccionamento não possuem sistema radicular próprio, logo a adubação precisa ser realizada via foliar. A arquitetura foliar e as características morfológicas e anatômicas do abacaxizeiro favorecem a absorção foliar de nutrientes (Bregonci et al., 2008). As adubações foliares têm sido utilizadas, principalmente, para suplementação de N e K aplicado ao solo e para adubação com micronutrientes (Freitas, et al., 2012).

Verifica-se que são poucas as informações a respeito de fontes alternativas de nutrientes para fase de mudas do abacaxizeiro. Diante da necessidade no processo de produção, associada à redução de custo e a busca



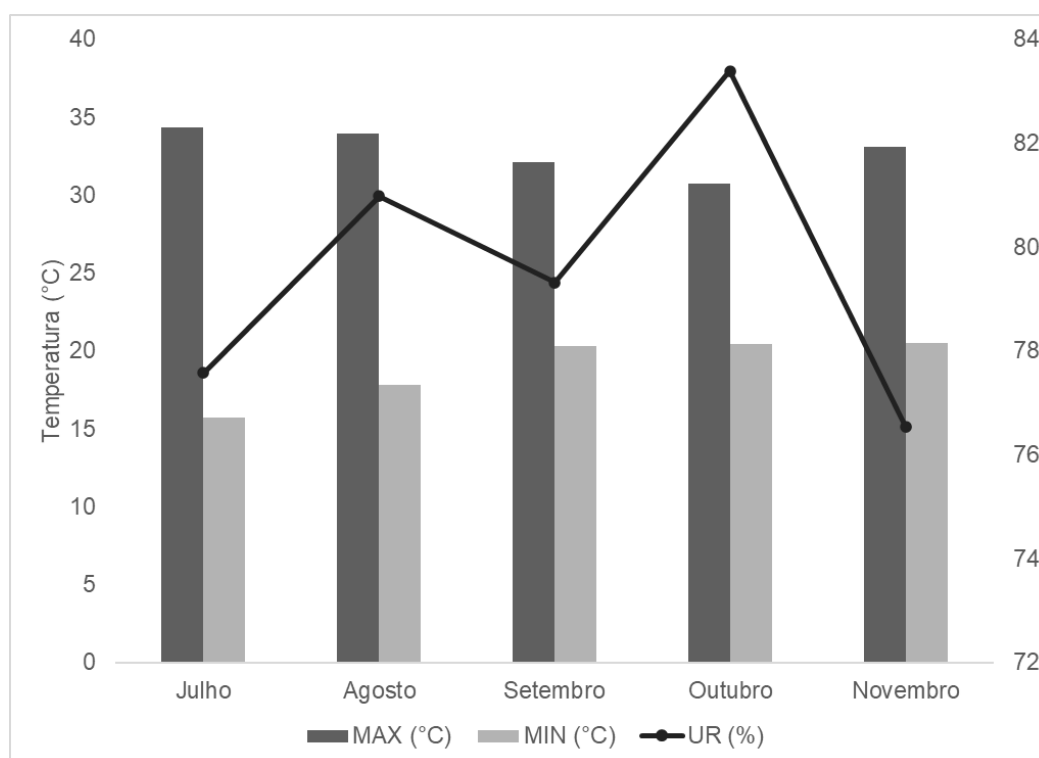
por sustentabilidade o uso de fontes alternativas de nutrientes, como resíduos de agroindústria e bioinsumos, é importante e necessário (Comério, et al., 2019; Pinto e Araujo, 2019).

Nesse sentido o objetivo deste ensaio foi avaliar o efeito de nove fontes de nutrientes e um tratamento controle na porcentagem de brotação e desenvolvimento inicial de plântulas de abacaxizeiro 'BRS Imperial, provenientes do seccionamento de caule.

## METODOLOGIA

### Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com sombrite preto (50%), nas dependências da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Os valores das temperaturas mínima, média e máxima e UR (%) foram monitoradas ao longo do experimento, compilados e apresentados na Figura 1.



**Figura 1.** Temperaturas máximas e mínimas e umidade relativa do ar para o período experimental (julho a novembro de 2021).

### Implantação e manejo do experimento

O experimento teve duração aproximada de cinco meses, compreendendo o período entre julho de 2021 e novembro de 2021. Os caules do abacaxizeiro 'BRS Imperial' foram coletados, aproximadamente, quinze dias após a colheita dos frutos, estes foram provenientes de campo experimental na cidade de São Francisco de Itabapoana.

Após a colheita o material vegetal foi transportado para o município de Campos dos Goytacazes – RJ, para preparação para o plantio. Os caules tiveram suas folhas retiradas bem como sua parte basal, que contém as raízes, e a parte superior, para quebra de dormência das gemas laterais e posteriormente encaminhados para o seccionamento.

O seccionamento dos caules foi realizado com auxílio de guilhotina, o corte foi realizado primeiramente de forma transversal no eixo do caule e todos foram padronizados com 10 cm de comprimento. O segundo corte foi realizado de forma longitudinal, dividindo cada secção em duas. Todo processo de seccionamento foi realizado a sombra para evitar exposição excessiva das gemas à incidência solar.

Após o seccionamento os caules foram dispostos sob substrato, composto de 1/2 de solo peneirado e 1/2 de substrato comercial Basaplant, em vasos de 5 litros. Para manter a umidade dos caules, duas vezes ao dia os vasos eram pulverizados com aproximadamente 50 mL de água por vaso. A aplicação dos tratamentos iniciou-se dez dias após o plantio.

### Delineamento experimental e Definição dos tratamentos

O experimento foi instalado e avaliado sob delineamento inteiramente casualizado, com dez tratamentos e seis repetições. Cada repetição foi composta por um vaso, sendo quatro secções de caule por vaso.

Os tratamentos avaliados foram: Controle (sem adubação adicional); Cloreto de potássio (KCl), Sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), Ekosil Plus (Yoorin), Hum-I-Solve (Pó Concentrado), cinza de usina, vinhoto de cana-de-açúcar, ácido bórico ( $H_3BO_3$ ), ureia e solução completa.

## Análises realizadas

### Número de brotações

Vinte dias após a instalação do experimento deu-se início a contagem das gemas brotadas, com intervalo de oito dias, sendo consideradas gemas brotadas as que apresentavam 5 cm de altura.

### Avaliações de crescimento

As avaliações de crescimento de plântulas foram realizadas aos 150 dias após o plantio, utilizando 5 plantas por repetição. Estas foram avaliadas individualmente quanto a altura da plântula (cm), número de folhas, área foliar, massa fresca e massa seca da parte aérea (g).

A avaliação de altura da plântula foi realizada medindo-se da região do colo até o ápice, com o auxílio de régua graduada; o número de folhas foi determinado através de contagem, destacando todas as folhas; a área foliar foi determinada com um medidor de bancada modelo LI -3100 LICOR (Lincoln, NE, USA), a massa fresca da parte aérea (g) foi obtida com auxílio de balança semianalítica bem como a massa seca (g), logo após a sua secagem em estufa de ar forçado a 70°C por 48 horas.

### Análises Estatísticas

Os dados obtidos relacionados ao crescimento vegetativo foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com nível de 5% de probabilidade para as variáveis que apresentaram diferenças significativas na ANOVA. Para a execução das análises estatísticas foi utilizado o programa *InfoStat* (CASANOVES et al., 2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Número de brotações

Não houve diferença estatística para o número médio de brotações aos cento e cinquenta dias após o plantio (Tabela 1). A ausência de respostas significativas às adubações pode estar associada à reserva nutricional disponível inicialmente nos caules (Comério, et al., 2019).

Tabela 1. Número de gemas brotadas por secção de caule de abacaxizeiro 'BRS Imperial' em função de diferentes fontes de nutrientes

Tratamento	Nº de brotação
Controle	6,0 a
Cloreto de potássio	7,0 a
Sulfato de potássio	5,17 a
Hum I Solve	5,17 a
Ekosil	5,83 a
Cinza	5,50 a
Vinhoto	4,67 a
Ácido bórico	4,67 a
Uréia	5,67 a
Solução Completa	4,33 a
<i>P</i>	0,8674
<i>CV (%)</i>	48,24

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si no teste de Tukey em 5% de probabilidade.

As reservas são variáveis, dependentes de fatores como idade da planta matriz, regime nutricional a qual a planta matriz foi submetida e tamanho da secção (Reinhardt, 2006). Após o esgotamento, total ou parcial, da reserva presente nas secções a utilização de adubação poderá influenciar positivamente a brotação e desenvolvimento de novas mudas (Comério, et al., 2019). Por esse motivo seria interessante, para ensaios futuros, o prolongamento do tempo de adubação e avaliação, para determinar o efeito da adubação sob a brotação das gemas.

As médias de brotações deste ensaio foram menores do que as obtidas por Coelho et al. (2009), o tamanho das secções pode ser associado a estes resultados, Coelho et al. (2009) utilizaram secções de 14 cm de comprimento, enquanto neste trabalho foram utilizadas secções de aproximadamente 10 cm. O tamanho das secções é intimamente ligado à quantidade de brotações. Quanto mais comprida for a secção, maior a porcentagem de gemas e, tecnicamente, maior a probabilidade de obtenção de mudas (Freitas, et al., 2014).

Adaniya et al. (2004) obtiveram média de 7 mudas para secções de 12 cm tratadas com 6-benzyladenine, que é um regulador de crescimento. Este resultado se aproxima do encontrado neste trabalho, média de 6 gemas brotadas para secções de 10 cm. Apesar do tamanho das secções ser associada a porcentagem de gemas brotadas, alguns trabalhos mostram resultados contrários (Reinhardt e Cunha, 1981; Coelho et al., 2009). Diante disso fica a sugestão de novos trabalhos para a cultivar 'BRS Imperial', com diferentes tamanhos de secções associada a fontes de nutrientes.

As primeiras brotações foram observadas vinte e dois dias após o plantio e mostraram um desenvolvimento lento. As temperaturas mínimas alcançadas nos dois primeiros meses de experimento (16,7 °C) podem estar associadas a esse comportamento. Temperaturas mais amenas podem influenciar a brotação de desenvolvimento das gemas. A ação da temperatura sobre a brotação de gemas é mais estudada em plantas de clima temperado (Putti, Petri e Mendes, 2003), porém podem ser observadas, mesmo que de forma mais sutil, em plantas de clima tropical.

Coelho et al. (2007) observaram brotação e crescimento lentos para secções de caule de abacaxizeiro Smoth Cayenne, tratadas com ureia, cloreto de potássio e ácido bórico, entre os meses de julho e agosto, com temperatura média de 24,0 °C. Reinhardt e Cunha (1999) associam parte do sucesso da adubação nitrogenada em abacaxizeiro às condições climáticas.

Apesar das condições climáticas pouco favoráveis a brotação e desenvolvimento das mudas foi satisfatório ao final do experimento. Por isso, é importante destacar que, independentemente do tratamento, o seccionamento de caule é uma técnica viável para obtenção de mudas, visto que todas as secções apresentaram porcentagem de brotação.

## Desenvolvimento Vegetativo de Plântulas

O desenvolvimento das mudas foi afetado de forma distinta pelos tratamentos aplicados. Apenas a massa fresca total não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Comprimento total, número de folhas, massa fresca total, área foliar e massa seca total de plântulas de abacaxizeiro 'BRS Imperial' obtidas através de seccionamento de caule e sob diferentes fontes de nutrientes

	CT (mm)	NF	MTT (g)	MST (g)	AF (cm <sup>2</sup> )
Controle	45,58 b	17,2 cd	3,27 a	0,68 ab	5,96 d
Cloreto de Potássio	60,5 ab	19 bcd	6,3 a	1,18 ab	25,84 ab
Sulfato de Potássio	65,84 ab	20,6 bc	5,8 a	0,86 ab	10,54 cd
Hum I Solve	72,44 a	25,4 a	6,89 a	1,17 ab	30,82 a
Cinza	57,48 ab	23,2 ab	4,69 a	1,12 ab	23,54 ab
Vinhoto	63,04 ab	18,4 cd	6,82 a	1,35 a	19,15 abc
Ácido Bórico	50,9 ab	19 bcd	2,88 a	0,57 b	14,04 bcd
Ureia	71,44 a	21,2 abc	6,26 a	1,11 ab	18,62 bc
Solução	50,34 ab	15,8 d	2,44 a	0,59 b	5,24 d
CV (%)	23,48	17,02	52,93	43,53	58,01
<i>P</i>	0,0076	<0,0001	0,0116	0,0044	<0,0001

Onde: CT= comprimento total; NF= número de folhas; MFT= massa fresca total; MST= massa seca total; AF= área foliar. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si no teste de Tukey em 5% de probabilidade.

O comprimento total teve as maiores médias nos tratamentos Hum I Solve e Ureia, sendo respectivamente 37,07 e 36,19% maior do que o tratamento controle, que apresentou a menor média. O nitrogênio é um dos principais elementos ligados ao desenvolvimento e vigor das culturas (Deuner, et al., 2008). A ureia possui em sua composição de 20% a 40% de N, logo é provável que a superioridade do tratamento Ureia esteja associada a ação deste elemento.

Coelho et al. (2007), estudando a resposta à adubação em mudas micropropagadas de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', observaram que a adubação foliar com ureia aumentou a altura total e o número de folhas.

Resultado semelhante ao de Freitas et al., (2012), trabalhando com mudas provenientes do seccionamento de caule também para abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', corroborando os resultados positivos encontrados neste ensaio.

O crescimento total é uma variável biométrica importante para a determinação do tamanho adequado de mudas de abacaxizeiro para plantios definitivos. A altura mínima recomendada para o plantio de mudas obtidas por secções de caule é de 25 cm (Reinhardt e Cunha, 1999). As mudas deste ensaio encontram-se ainda distantes dessa recomendação.

Freitas et al., 2012, obtiveram as mudas com o tamanho mínimo recomendado aos 270 após o plantio, já Coelho et al., (2007) alcançaram o mesmo resultado aos 217 dias o plantio. Neste trabalho as mudas foram avaliadas 150 dias após o plantio, logo a redução no período entre plantio e avaliação explica a diferença observada quando comparada com os valores encontrados na literatura.

Mudas obtidas através de processo de propagação são mais sensíveis e possuem maior período de juvenildade, além disso o desenvolvimento lento pode ser agravado por condições edafoclimáticas adversas para a cultura (Cardoso, et al., 2013; Caetano; Ventura, 2018). Nesse sentido destaca-se a importância de um manejo adequado, incluindo o nutricional, nesta fase que antecede o plantio definitivo.

O número de folhas também foi afetado pelos tratamentos aplicados, e mais uma vez o tratamento Hum I Solve mostrou-se superior aos demais (exceto ureia e cinza), sendo 37,79% maior do que o tratamento com menores valores (Solução Nutritiva). O Hum I Solve é um fertilizante rico em substâncias húmicas e em potássio, a ação das substâncias húmicas sobre o tecido vegetal pode explicar a superioridade do tratamento em relação aos demais.

Os ácidos húmicos são substâncias muito estudadas e comumente associadas ao crescimento vegetal e conseqüentemente ao aumento da produtividade das lavouras (Cordeiro, Fernandes e Souza, 2010). Santos, et al. (2017) observaram que a utilização de ácidos húmicos elevou o conteúdo de potássio em rebentos de coroas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', logo pode esperar que além de afetar positivamente o crescimento a utilização do Hum I Solve otimize a ação de elementos essenciais, como o potássio.

A massa total não mostrou diferença estatística entre os tratamentos, apresentando uma média de 5,03 g para 150 dias após o plantio. O peso das mudas é a variável mais confiável para garantir a uniformidade da lavoura (Reinhardt e Cunha, 1999), para abacaxizeiro o peso ideal de mudas é 200 g. Coelho et al., (2007) obtiveram mudas do tamanho ideal (200 g de massa fresca) 270 dias após o plantio fazendo uso de pulverizações semanais de ureia a uma concentração de 10 g L<sup>-1</sup>.

Já Braga e Sá (2001) registraram 156g de massa fresca aos dez meses após o plantio para secções de caule de 10 cm de comprimento. Levando em conta o período experimental e o regime nutricional da cultura as mudas deste ensaio teriam potencial para alcançar o peso ideal para plantio, porém são necessários novos testes para confirmar esta hipótese, ficando como sugestão a expansão do período experimental.

O tratamento Vinhoto apresentou maior desempenho para a variável Massa Seca Total, tendo incremento de até 57,77% quando comparado com os tratamentos Solução Nutritiva e Ácido Bórico, que apresentaram menor desempenho. O Vinhoto é constituído de aproximadamente 93% de água e 7% de sólidos orgânicos e inorgânicos (Chitolina; Harder, 2020), tais características podem ter influenciado esse resultado.

O acúmulo de massa seca é afetado por muitos fatores, incluindo a adubação de plantios, sendo apontado como importante indicador do comportamento vegetal sob diferentes condições (Lucena, et al., 2013). A área total das plântulas também se mostrou responsiva às fontes de nutrientes. Os tratamentos Solução Nutritiva e Controle apresentaram menores médias, tendo uma redução de até cinco vezes em comparação ao tratamento Hum I Solve, que apresentou maior desempenho.

O uso de solução nutritiva para plantios em vasos é muito comum e mostra excelentes resultados (Godim, et al., 2010). Porém, para este ensaio, o desempenho do tratamento Solução Nutritiva foi inferior em três das cinco variáveis resposta avaliadas. Ficando assim a sugestão de novos ensaios para testar a eficiência da solução nutritiva na otimização da obtenção de mudas através do seccionamento de caule de abacaxizeiro.



## CONCLUSÕES

O número de brotações não foi influenciado pelos tratamentos aplicados, diferente do crescimento de plântulas, que foi afetado pelas fontes de nutrientes aplicadas.

O Hum I Solve aumentou em 37,07% e 57,77% a altura total e o número de folhas, respectivamente.

A Solução Nutritiva apresentou desempenho abaixo do esperado, tendo seus valores médios próximos ao tratamento controle.

## REFERÊNCIAS

- Adaniya, S., Minemoto, K., Moromizato, Z. Molomura, K. (2004). The use of CPPU for efficient propagation of pineapple. *Scientia horticultrae*, 100(1-4):7-14.
- Braga, M. F., Sá, M. E. L. (2001). Smooth Cayenne pineapple propagation by stem sections. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(1):175-178.
- Bregonci, I. S., Schimldt, 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(3):705-711.
- Caetano, L. C. S.; Ventura, J.A. (2018). *Viveiro de mudas micropropagadas de abacaxizeiro*. N° 177. Vitória: Incaper. 6 p.
- Cardoso, M. M., Pegaroro, 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(3):769-781.

- Chitolina, G. M.; Harder, M. N. C. (2021). Avaliação da viabilidade do uso de vinhaça como adubo. *Bioenergia em Revista*, 10(2):08-24.
- Coelho, R. I., Carvalho, A. J. C. C., Marinho, C. S., Lopes, J. C., Pessanha, P. G. de O. (2007) Resposta à adubação com uréia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29:161-165.
- Coelho, R. I., Carvalho, A. J. C. C., Thiebault, 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(1):203-209.
- Comério, M., Berilli, S. S., Lima, C. F., Pinho, L. G. da R., Pereira, L. C., Pinheiro, A. P. B., Berilli, A. P. C. G., Oliveira, E. C., Araujo, F. O. (2019). Efeito da adubação foliar com lodo de curtume na brotação de secções de caule de abacaxizeiro para produção de mudas. *Revista Ifes Ciência*, 5(1):170-179.
- Cordeiro, F. C., Fernandes, M. S., Souza, S. R. (2010). Influência dos ácidos húmicos no metabolismo vegetal pode ser considerada uma resposta auxínica. *Revista de Ciências da Vida*, 30(2):111-131.
- Deuner, S., Nascimento, R., Ferreira, L. S., Badinelli, P. G., Kerber, R. S. (2008). Adubação foliar e via solo de nitrogênio em plantas de milho em fase inicial de desenvolvimento. *Ciência e agrotecnologia*. 32(5):1359-1365.
- Freitas, S. D. J., Santos, P. C., Carvalho, A. J. C. C., Berilli, S. S., Gomes, M. de M. A. (2012). Brassinosteroid and nitrogen fertilization on growth and nutritional status of seedlings from pineapple sectioning stem. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 34(2):612-618.
- Freitas, S. D. J., Santos, P. C., Berilli, S. S., Lopes, L. C., Carvalho, A. J. C. C. (2014). Brotação, desenvolvimento e composição nutricional de mudas de abacaxizeiro provenientes de gemas axilares submetidas ao brassinosteróide. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9(1):19-24.
- Gondim, A. R. D. O., Prado, R. M., Alves, A. U., Fonseca, I. M. (2010). Eficiência nutricional do milho cv. BRS 1030 submetido à omissão de macronutrientes em solução nutritiva. *Revista Ceres*, 57(4), 539-544.

- Lucena, R. R. M, Negreiros, M. Z., Medeiros, J. F., Batista, T. M. V., Bessa, A. T. M., Lopes, W. A. R. (2013). Acúmulo de massa seca e nutrientes pelo tomateiro 'SM-16' cultivado em solo com diferentes coberturas. *Horticultura Brasileira*, 31(3):401-409.
- Matos, A. P., Reinhardt, D. H., Sanches, N. F., Souza, L. F. S., Teixeira, F. A., Elias Júnior, J., Gomes, D. C. (2009). *Produção de Mudanças Sadias de Abacaxi*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. 12 p.
- Putti, G. L., Petri, J. L., Mendez, M. E. (2003). Efeito da intensidade do frio no tempo e percentagem de gemas brotadas em macieira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25:199-202.
- Reinhardt, D. H., Cunha, G. A. P. (1999). Métodos de Propagação. In: Cabral, J. R. S.; Souza, L. F. S. *O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia*. Brasília, DF: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 105-138.
- Santos, P. C., Silva, M. P. S., Carvalho, A. J. C. C., Freitas, M. S. M., Petri, D. J. C., Brochado, R. L., Biazatti, M. A. (2017). Pineapple plantlets 'Vitória' fertilized with potassium chloride and silicic acid: growth and nutritional composition. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 12(3), 309-315.
- Silva, A. A., Carvalho, A. J. C. C., Santos, P. C., Freitas, M. S. M., Barbosa, R. R. N., Beltrame, R. A. (2020). Production of shoots from 'Smooth Cayenne' pineapple crowns with nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(3):e-070.

## 5 RESUMOS E CONCLUSÕES

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*), é apontado como uma das frutas mais importantes no Brasil e no mundo, sendo a segunda fruta mais consumida mundialmente. Durante o ciclo produtivo a cultura modifica as suas necessidades, e estas precisam ser supridas para garantir altas produtividades. Dentre os tratamentos culturais mais importantes para a cultura destaca a escolha de mudas de qualidade e a adubação. Recentemente um novo método para obtenção de mudas tem ganhado destaque, o seccionamento de caule. Esta técnica consiste na quebra da dormência apical, fazendo com que as gemas axilares brotem e originem um novo material vegetal, pronto para o plantio. Apesar do sucesso já comprovado ainda há margem para melhorar o processo e otimizar a obtenção dessas mudas. Surgindo assim a importância da adubação, tanto para otimizar o processo de seccionamento de caule, quanto para assegurar a produtividade dos plantios. A adubação é um dos principais tratamentos culturais para a cultura, e o nutriente exigido em maior quantidade é o potássio. Esse elemento é ligado intimamente à qualidade dos frutos e quando em deficiência pode causar efeitos maléficos ao plantio. Dada essa importância a utilização de adubos potássicos é indispensável para plantios comerciais, associado a isso foram encontrados elevados valores a estes adubos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes alternativas de potássio no desenvolvimento vegetativo, concentração de nutrientes e otimização da produção de mudas através do seccionamento de caule para abacaxizeiro 'BRS Imperial'. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e de forma

paralela. O primeiro experimento testou o efeito de sete fontes de potássio no desenvolvimento vegetativo e concentração de nutrientes em abacaxizeiro 'BRS Imperial'. O ensaio foi conduzido em blocos casualizados, com sete tratamentos: Controle, KCl, Hum I Solve, Ekosil,  $K_2SO_4$ , Cinza de usina e Vinhoto; e quatro repetições. Durante o experimento foram realizadas análises biométricas das plantas e no sistema radicular, leitura do índice Spad e a determinação da concentração de nutrientes no material. Foi observado que as diferentes fontes de potássio apresentaram o mesmo efeito para o desenvolvimento vegetativo e radicular, e índice Spad da cultura nas condições estudadas, logo são viáveis para utilização. A concentração de potássio foi maior, ao final do ciclo, no tratamento KCl, contudo a utilização das demais fontes não promoveu deficiência em K, mostrando mais uma vez o potencial para utilização na abacaxicultura. O segundo experimento objetivou otimizar a produção de mudas provenientes do seccionamento de caule através do uso de adubos potássicos alternativos e adubos tradicionais. O experimento foi instalado e conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com dez tratamentos: Controle, KCl, Hum I Solve, Ekosil,  $K_2SO_4$ , Cinza de usina, Vinhoto, Uréia, Ácido Bórico e Solução Nutritiva completa; e seis repetições. O ensaio consistiu no seccionamento de caule de plantas adultas do abacaxizeiro 'BRS Imperial' e posterior pulverização com os tratamentos propostos. Foram avaliados a porcentagem de gemas brotadas e o desenvolvimento de plântulas, 150 dias após o plantio. Os tratamentos não afetaram a porcentagem de brotação, mas influenciaram o desenvolvimento vegetativo das plântulas. O Hum I Solve aumentou em 37,07% e 57,77% a altura total e o número de folhas, respectivamente. A Solução Nutritiva apresentou desempenho abaixo do esperado, tendo seus valores médios próximos ao tratamento controle.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adabe, K.E., Hind, S., Maiga, A. (2016). Production and processing of pineapple. 1. Ed. Camarões: CTA, ISF. 44p.
- Agrobiologica. Ficha técnica do produto. Agrobiológica – Soluções Naturais. (2020). Disponível em: <https://www.agrobiologica.com.br/wpcontent/uploads/2015/08/ficha-tecnica-humisolve-po-concentrado.pdf>. Acesso em: 08 de maio de 2022.
- Barker D. L., Arantes, S. D., Schmildt E. R., Arantes, L. O., Fontes P. S. F., Buffon S. B. (2018). Post-harvest quality of ‘Vitória’ pineapple as a function of the types of shoots and age of the plant for floral induction. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 40(4): e – 297.
- Bengozi, F. J., Sampaio, A. C., Spoto M. H. F., Mischán, M. M., Pallimin, M. L. (2007). Qualidade físicas e químicas do abacaxi comercializado na CEAGESP - São Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 29(3): 540–545.
- Bhowmick, N., Ghosh S. K., Munsri, P. S., Deband, P., Ghosh A. (2017). Effect of integrated nutrient management on flowering and fruiting characteristics of 34 pineapple cv. Mauritius. *Journal of Crop and Weed*, 13(2):144-156.
- Brasil. (2008). Aprova o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2008. 21p.

- Brunelli, A. M. M. P., Pisani Júnior, R. (2006). Proposta de Disposição de Resíduo Gerado a partir da Queima do Bagaço de Cana em Caldeiras como Fonte de Nutriente e Corretivo do Solo. *Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y ambiental. Punta del Leste*, 30, Punta del Leste: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y ambiental, p.1-9.
- Caetano, L. C. S., Ventura, J. A., Costa, A. F. S., Guarçoni, R. C., (2013) Effect of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield and fruit quality of pineapple 'Vitoria'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(3): 883-890.
- Cardoso, M. M., Pegaroro, 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(3): 769–781.
- Christofoletti, C. A., Esher, J. P., Correia, J. E., Marinho, J. F. U., Fontanetti, C. S. (2013). Sugarcane vinasse: environmental implications of its use. *Waste management*. 33(12):2752- 2761.
- Cordeiro, G. C, Toledo, R. D. F., Fairbirn, E. M. R. (2009). Influência da substituição parcial de cimento por cinza ultrafina da casca de arroz com elevado teor de carbono nas propriedades do concreto. *Ambiente Construído*, 9(4):99-107.
- Cunha, G. A. P. (2009). Fisiologia da floração do abacaxizeiro. In: Carvalho, C.A.L., Dantas, A.C.V.L., Pereira, F. A. C., Soares, A. C. F., Melo, J. F., Oliveira, G.J.C., Tópicos em ciências agrárias. 1 ed. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, p. 57-65.
- Cunha, J. M., Freitas, M. S. M., Caetano, L. C. S., Carvalho, A. J. C., Peçanha, D. A., Santos, P. C. (2019). Qualidade de frutos de abacaxizeiro 'Vitória' sob deficiência de macronutrientes e boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(5): e – 080.
- Epstein, E., Bloom, A. J. (2006) Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 1 ed. Londrina: Editora Planta, 404p.

- Farinelli, R., Mussi, I. E., Mancini, R. T. A. (2017). Uso de resíduos agroindustriais de cana-de-açúcar na adubação da cultura do milho. *Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB*. 13(2):65-73.
- Ferreira, E. A., Silva, J. R., Almeida, G. V. B., Santos, W. V. (2011). Abacaxi. In: Rodrigues, M. G. V., Dias, M. S. C. *Informe Agropecuário*. 1 ed. Belo Horizonte, p. 7-16.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAOStat. (2020). Pineapples. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acesso em: 10 de maio de 2022.
- Franco, L. R. L., Maia, V. M., Lopes, P. O., Franco, W. T. N., Santos, S. R. (2014). Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro ‘Pérola’ sob diferentes lâminas de irrigação. *Revista Caatinga*. 27(2):132–140.
- Freire, L. R. (2013). *Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro*. 1 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 430p.
- Ganem, E. L. DE O. (2015). *A cultura do abacaxizeiro*. 1 ed. Vitória da Conquista – BA: CETEP: Centro Territorial de Educação Profissional da Região de Vitória da Conquista, 30p.
- Giachini, C. F., Ferraz, M. V. (2009). Benefícios da utilização de vinhaça em terras de plantio de cana-de-açúcar: revisão de literatura. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, 3(1):1-15.
- Gianello, C., Domaszak S. C., Bortolon, L., Kray, C. H., Martins, V. (2011). Viabilidade do uso de resíduos da agroindústria coureiro-calçadista no solo. *Ciência Rural*, 41(2):242–245.
- Glória, N.A. DA, Orlando Filho, J. (1975). Determinação de nitrogênio, fósforo e potássio em tecido vegetal e vinhaça por digestão sulfúrica. *Brasil Açucareiro*. 88(4):298-304.
- 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(4):1367-1376.



- Hiroce, R., Carvalho, A. M., Bataglia, O. C., Furlani, P. R., Furlani, A. M. C., Santos, Rui. R., Açu, E. E. P., Gallo, J. R. (1997). Composição mineral de frutos tropicais na colheita. *Bragantia*, 36(14):155-163.
- Hotegni, V. N. F., Lommen, W. J. M., Agbossou, E. K., Struik, P. C. (2015). Influence of weight and type of planting material on fruit quality and its heterogeneity in pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merrill]. *Frontiers in Plant Science*, 5:1–16.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (2020) Produção agrícola municipal. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 20 de maio de 2022.
- Jackson, M.L. (1965). Soil chemical analysis: advanced course. Estados Unidos. 1 ed. Estados Unidos: Madison Libraries, 895 p.
- Kaminski, J., Brunetto, G., Mortele, D. F., Rheinheimer, D. S. (2007). Depletion of soil potassium forms as affected by successive cultivation. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 31(5): 1003–1010.
- Lagler, J. C. (2017). Bioinsumos: Distintas Percepciones Biological Inputs: Different Perceptions Making Focus in the Biological Fertilization. *Agronomia & Ambiente*, 37(1):73–89.
- Lira Júnior, J. S., Bezerra, J. E. F., Andrade, D. E. G. T. (2021). Genetic control of leaf spinescence in BRS Imperial, Pérola, and Pico de Rosa pineapple cultivars. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 21(1): e33492112.
- Mahmud, M., Abdullah, R., Yaacob, J. S. (2018). Effect of Vermicompost Amendment on Nutritional Status of Sandy Loam Soil, Growth Performance, and Yield of Pineapple (*Ananas comosus* var. MD2) under field conditions. *Agronomy*, 8(9): e-183.
- Malavolta, E. (2006) Manual de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Ceres, 638p.
- Marques, M. O. (2006) Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: Segato, S. V., Pinto, A. S., Jendiroba, E., Nóbrega,

- J. C. M. *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba: Editorial. p. 369-375.
- Marschner, H. (2012) *Mineral nutrition of higher plants*. London:Academic Press Inc. 674p.
- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA (2020). COAGRE - Coordenação de Agroecologia da Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo (SDC). Brasília, DF. Acesso em: 03 de maio de 2022.
- Oliveira, A. M. G., Natale, W., Rosa, R. C. C., Juhghans, D. T. (2015). Adubação N-K no abacaxizeiro 'BRS Imperial' - I - efeito no desenvolvimento e na floração da planta. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(3):755-763.
- Oliveira, A. M. G., Pereira, M. E. C., Natale, W., Nunes, W. S., Ledo, C. A. S. (2015). Quality of pineapple 'BRS Imperial' as a function of N-K doses. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(2):497- 506.
- Paula, M. B., Holanda, F. S. R., Mesquita, H. A., Carvalho, V. D. (1999). Uso da vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(7):1217-1222.
- Pegoraro, R. F., Souza, B. A. M., Maia, V. M., Silva, D. F., Medeiros, A. C., Sampaio, R. A. (2014). Macronutrient uptake, accumulation and export by the irrigated 'Vitória' pineapple plant. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(3):896-904.
- Pereira, A. M., Assunção, C. C., Guimarães, L. de M., Tashima, M. M., Akasaki, J. L. (2016). Análise Microestrutural do Potencial das Cinzas de Bagaço de Cana-de-açúcar como Material Pozolânico em Compósitos Cimentícios. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, n 22, Natal – RN, Natal: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 3029 – 3040.
- Pinto, L. E. V., Araujo, F. F (2019). Uso de vinhaça como biofertilizante: efeito na nodulação, crescimento e acúmulo de nutrientes no cultivo da soja. *Colloquium Agrariae*, 15(5):97–109.

- Pires De Matos, A (2019). Main pests affecting pineapple plantations and their impact on crop development. *Acta Horticulturae*, 1239: 137–145.
- Prajapati, K., Modi, H. A. (2012). The importance of potassium in plant growth—a review. *Indian Journal of Plant Sciences*, 1(02-03):177-186.
- Py, C., Lacoeyulhe, J. J., Claude, T. (1987). The pineapple, cultivation and uses. 1° ed. Paris: G.P Maisonneuve et Larose. 568 p.
- Ramos M. J. M., Monnerat, P. H., Carvalho, A. J. C. C., Pinto, J. L. A., Silva, J. A. (2009). Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro “Imperial”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(1):252-256.
- Ramos M. J. M., Monnerat, P. H., Pinho, L. G. R., Silva, J. A. (2011). Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro “Imperial”: composição mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(1):261-271.
- Reinhardt, D. H. (2015). Manejo do solo-água-plantas em plantios de abacaxi. In: Simpósio Brasileiro da cultura do abacaxi, nº 6, Conceição do Araguaia. Belém, PA: SEDAP, 1 -13.
- Reinhardt, D. H., Cabral, J. R. S., Souza, L. F. S., Sanches, N. F., Matos, A. P. (2002). Pérola and Smooth Cayenne pineapple cultivars in the state of Bahia, Brazil: growth, flowering, pests, diseases, yield and fruit quality aspects. *Fruits*, 57(1):43–53.
- Reinhardt, D. H., Cunha, G. A. P. (2010). Cultivo do Abacaxizeiro. 1 ed. Jaboticabal: FUNEP, Serie Frutas Nativas, 45 p.
- Ribeiro, G., Monnerat, P. H., Campanharo, M., Rabello, W. S. (2016) Adubação potássica aplicada na axila foliar e no solo em coqueiro anão verde. *Revista Ceres*, 63(1):68–75.
- Ribeiro, L. da S., Santos, A. R., Souza, L. F. da S., Souza, J. S. (2010). Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(3):891–897.
- Rios, E. S. C., Mendonça, R. M. N., Cardoso, E. de A., Costa, J. P., Silva, S. de M. (2018) Quality of 'Imperial' pineapple infructescence in function of nitrogen and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 13(1):1-8.

- Roberts T.L. (2005). World reserves and production of potash. In: Yamada T., Roberts T. L. Potássio na Agricultura Brasileira. 2ª ed. Piracicaba: Potafos, 1-20.
- Rocha S. P. J. (2013). Conceptualización sobre bioinsumos, relación con la biotecnología e importancia de la institucionalidad. Taller sobre la institucionalidad para el desarrollo y comercialización de bioinsumos en Argentina. Experiencias en países de América Latina y el Caribe, n° 1, Buenos Aires, Buenos Aires: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1-10.
- Rodrigues, A. A., Mendonça, R. M. N., Silva, A. P., Silva, S. M., Pereira, W. E. (2010). Desenvolvimento vegetativo de abacaxizeiros 'Pérola' e 'Smooth Cayenne' no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1):126-134.
- Silva, D. F., Pegaroro, R. F., Medeiros, A. C., Lopes, P. A. P., Cardoso, M. M., Maia, V. M. (2015). Nitrogênio e densidade de plantio na avaliação econômica e qualidade de frutos de abacaxizeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45(1): 39–45.
- Souza, H. A., Rozane, D. H., Amorim, D. A., Modesto, V. C., Natale, W. (2014). Uso Fertilizante Do Subproduto Da Agroindústria Processadora De Goiabas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(3):713–724.
- Souza, L. F. Da S., Reinhardt, D. H. (2009). Abacaxizeiro. In: Crisóstomo, L. A., Naumov, A. Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil. 1º ed. Horgen: Instituto Internacional de Potassa, 182-205.
- Souza, L. F. da S., Reinhardt, D. H. 2004. A adubação do abacaxizeiro após indução floral. (Comunicado técnico, 103). Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 3p.
- Souza, L. F. S., Oliveira, A. M. G. (2021). Calagem e adubação para abacaxizeiro. In: Borges, A. L. *Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá*. 2. ed. Brasília: Editora Técnica, 95 – 122.

- Souza, O. P. Teodoro, R. E. F., Melo, B., Torres, J. L. R. (2009). Qualidade do fruto e produtividade do abacaxizeiro em diferentes densidades de plantio e lâminas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(5):471–477.
- Sparks, D. L. (1987). Potassium dynamics in soils. In: Stewart, B. A. *Advances in soil sciences*. 1° ed. New York: Springer-Verlag, 1-61.
- 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(1):155-159.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., Murphy, A. (2017). Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6° ed. Artmed Editora. 888 p.
- Teixeira, L. A. J. Quaggio, J. A., Cantarella, H., Mellis, E. V. (2011). Potassium fertilization for pineapple: effects on plant growth and fruit yield. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 33(2):618-626.
- Tisdale, Samuel L., Nelson, Werner L. (1993). Soil fertility and fertilizers. New York: MacMillan, v. 101. 346 p.
- Venâncio, J. B., Araújo, W. F., Chagas, E. A., Melo, R. S. (2017). Teores e extração de macronutrientes pelas folhas do abacaxizeiro 'Vitória' sob adubação potássica e lâminas de irrigação. *Irriga*, 22(2):400–419.
- Versieux, L. M., Wendt, T. (2007). Bromeliaceae diversity and conservation in Minas Gerais state, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16(11):2989–3009.
- Villa, M. R., Fernandes, L. A., Faquin, V. (2004). Formas de potássio em solos de várzea e sua disponibilidade para o feijoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(4):649–658.
- Yoorin. (2020). Yorin Fertilizantes. Disponível em: <http://www.yoorin.com.br/pt/produtos/ekosil>. Acesso em: 08 de abril de 2022.