



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**FERTILIDADE DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO MAMOEIRO EM UM
ARGISSOLO AMARELO EM FUNÇÃO DE DOSES DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS
E TORTA DE FILTRO**

DÁCIO JERÔNIMO DE ALMEIDA

AREIA, PB
ABRIL-2017

DÁCIO JERÔNIMO DE ALMEIDA

**FERTILIDADE DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO MAMOEIRO EM UM
ARGISSOLO AMARELO EM FUNÇÃO DE DOSES DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS
E TORTA DE FILTRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira

AREIA, PB

ABRIL-2017

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

A447f Almeida, Dácio Jerônimo de.
Fertilidade do solo e produtividade do mamoeiro em um argissolo amarelo em
função de doses de substâncias húmicas e torta de filtro / Dácio Jerônimo de Almeida.
- Areia: UFPB/CCA, 2017.
73 f.: il.

Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade
Federal da Paraíba, Areia, 2017.
Bibliografia.

Orientador: Walter Esfrain Pereira.

1. Fertilidade do solo – Adubação orgânica 2. Mamoeiro – Torta de filtro 3. Papaya
golden – Substâncias húmicas I. Pereira, Walter Esfrain (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 631.4:634.651(043.2)

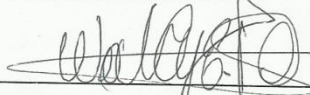
DÁCIO JERÔNIMO DE ALMEIDA

**FERTILIDADE DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO MAMOEIRO EM UM
ARGISSOLO AMARELO EM FUNÇÃO DE DOSES DE SUBSTÂNCIAS
HÚMICAS E TORTA DE FILTRO**

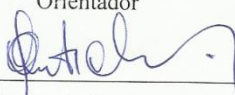
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de "Doutor em Ciência do Solo". Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Aprovado em 27 de abril de 2017

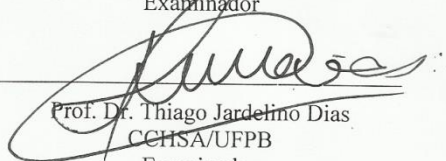
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira
CCA/UFPB
Orientador



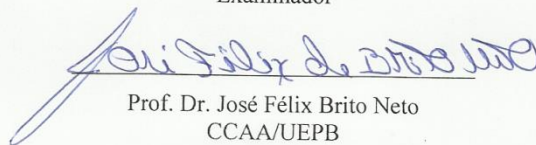
Prof. Dr. Guttemberg da Silva Silvino
CCA/UFPB
Examinador



Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias
CCHSA/UFPB
Examinador



Prof. Dr. Carlos Henrique S. G. Meneses
CCBS/UEPB
Examinador



Prof. Dr. José Félix Brito Neto
CCAA/UEPB
Examinador

Aos meus pais, Pedro Jerônimo de Almeida e Maria Gorete Cordeiro de Almeida, pelas orações, conselhos e amor, que nunca mediram esforços para ajudar na minha formação profissional e de vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida abençoada que tenho, por ter sempre me dado força e proteção durante a minha caminhada.

A minha família, especialmente meus pais, meus irmãos Djanice, Djailson e Dário, meus avós, tios e primos, pelo carinho, confiança e torcida.

A minha namorada, Lilliam Ramalho de Almeida, pelo carinho e atenção.

Ao meu orientador, Walter Esfrain Pereira, pela confiança, amizade e pelo tempo dedicado a minha orientação.

À Universidade Federal da Paraíba e à CAPES, por contribuírem para a realização desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em especial aos professores, a quem devo parte de minha formação.

À empresa Doce Mel Ltda., na pessoa do Sr. Roberto Cavalcante, quem não mediu esforços para que este trabalho pudesse ser realizado.

À professora Silvanda de Melo Silva, pelas suas mediações, e ao professor Carlos Henrique S. G. Meneses, pela realização das análises laboratoriais.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Rural, Dona Marielza, Cícero, Genildo e Vaval, pela amizade e contribuições nas atividades acadêmicas.

Aos amigos: Mary Anne, Vitor Félix, Jhone e Gaudêncio, pela amizade e torcida por esta conquista.

Aos companheiros da República: Altamiro, Elder, George, Robério e Sebastião, pela amizade.

A todos, que de forma direta ou indireta contribuíram na minha formação, tanto pessoal quanto profissional.

Sumário

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Mamoeiro	3
2.2 Substâncias húmicas.....	5
2.3 Torta de filtro de cana de açúcar	7
2.4 Argissolos Amarelos	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Crescimento das plantas	16
3.2 Fertilidade do solo.....	16
3.3 Composição mineral das plantas.....	17
3.3 Pigmentos fotossintéticos	17
3.4 Frutos.....	18
3.5 Expressão relativa de genes	18
3.6 Análise estatística.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Crescimento	21
4.2 Teores de macro e micronutrientes no solo	22
4.3 Teores de macro e micronutrientes nas folhas	26
4.4 Teores de clorofila <i>a</i> e <i>b</i> e carotenóides	30
4.5 Número de frutos e produtividade.....	33
4.6 Expressão relativa de genes	34
4.7 Análise multivariada	38
4.7.1 Teores de macro e micronutrientes no solo	38
4.7.2 Teores de macro e micronutrientes nas folhas.....	40
4.7.3 Crescimento e produtividade	43
5.CONCLUSÃO.....	45
6.REFERÊNCIAS.....	46
7.ANEXOS	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas produto comercial contendo substâncias húmicas	13
Tabela 2. Quantidade total aplicada de substâncias húmicas, torta de filtro e adubação mineral durante o período experimental	14
Tabela 3. Características químicas da torta de filtro de cana de açúcar (bagaço moído + lodo de decantação).....	14
Tabela 4. Características do solo na profundidade de 0-20 cm antes da instalação do experimento.....	15
Tabela 5. Oligonucleotídeos iniciadores utilizados na análise por qPCR, específicos para cada gene, expressos em plantas (folhas) de mamoeiro cv. Papaya Golden	19
Tabela 6. Teores de nutrientes do solo cultivado com mamoeiro cv. Papaya Golden, adubado com torta de filtro e substâncias húmicas	25
Tabela 7. Teores foliares de nutrientes no mamoeiro cv. Papaya Golden, adubados com torta de filtro e substâncias húmicas.....	27
Tabela 8. Resumos das análises de variância referente aos teores do solo de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e carbono orgânico (CO)	59
Tabela 9. Resumos das análises de variância referente aos teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg)	60
Tabela 10. Resumos das análises de variância referente à expressão dos genes <i>rbcl</i> , ACC oxidase e invertase, e os pigmentos clorofila <i>a</i> e <i>b</i> e carotenóides	61

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Localização da região onde foi executado o experimento.....	12
Figura 2. Valores médios mensais de temperatura do ar e precipitação no local do experimento durante os períodos de 2014 e 2015.....	13
Figura 3. Taxa relativa de crescimento (TRC) da altura de plantas de mamoeiro cv. Papaya Golden em função de doses de substâncias húmicas.....	21
Figura 4. Taxa relativa de crescimento (TRC) do diâmetro de plantas de mamoeiro cv. Papaya Golden em função de doses de substâncias húmicas.	22
Figura 5. Teores no solo de fósforo (A), cálcio (B) e carbono orgânico (C) em Argissolo amarelo cultivado com mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com torta de filtro e substâncias húmicas.....	26
Figura 6. Teores foliares de nitrogênio (A); potássio (B); magnésio (C) e zinco (D) nas folhas de mamoeiro cv. Papaya Golden, em função de doses de substâncias húmicas.	29
Figura 7. Teores de clorofila <i>a</i> (A) e <i>b</i> (B) em folhas do genótipo de mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com e sem torta de filtro, substâncias húmicas e adubação mineral (NPK) = fórmula 20-10-20.....	31
Figura 8. Teores de carotenoides + xantofila em folhas do genótipo de mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com e sem torta de filtro, substâncias húmicas e adubação mineral (NPK) = fórmula 20-10-20.....	32
Figura 9. Número de frutos por planta de mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com torta de filtro e NPK.	33
Figura 10. Produtividade de mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com torta de filtro e NPK.	33
Figura 11. Expressão relativa de fator de transcrição <i>rbcL</i> (A), ACC oxidase (B) e inversase (C) de mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com e sem torta de filtro, substâncias húmicas e adubação mineral (NPK) = fórmula 20-10-20.	36
Figura 12. Dispersão dos atributos químicos do solo e formação de grupos de tratamentos com base nos scores dos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2).	39
Figura 13. Valores normalizados entre 0 a 1 das variáveis químicas do solo considerando os cinco grupos de tratamentos.....	40
Figura 14. Dispersão dos teores foliares de nutrientes em mamoeiro e formação de grupos de tratamentos com base nos scores dos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2)....	42
Figura 15. Valores normalizados entre 0 a 1 dos teores foliares de nutrientes em mamoeiro considerando os quatro grupos de tratamentos.	42
Figura 16. Dispersão das variáveis relacionadas com o crescimento e a produtividade do mamoeiro e formação de grupos de tratamentos com base nos scores dos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2).	44

Figura 17. Valores normalizados entre 0 a 1 das variáveis relacionadas com o crescimento e a produtividade do mamoeiro considerando os quatro grupos de tratamentos.....44

RESUMO

ALMEIDA, DÁCIO JERÔNIMO DE; **Fertilidade do solo e produtividade do mamoeiro em um argissolo amarelo em função de doses de substâncias húmicas e torta de filtro;** Areia; Paraíba; Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba; Abril de 2017; Tese; Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Orientador: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira.

O potencial produtivo da cultura do mamão decorre de fatores relacionados ao clima, ao solo e à variedade cultivada. Contudo, sistemas de manejo que proporcionem a adição de resíduos orgânicos ao solo podem provocar alterações em seus atributos químicos, físicos e biológicos favorecendo o crescimento do sistema radicular e a produtividade do mamão. O presente experimento foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de substâncias húmicas e torta de filtro de cana de açúcar, sobre a fertilidade do solo e a produtividade da cultura do mamoeiro ‘Papaya Golden’ cultivado em um Argissolo Amarelo. O experimento foi conduzido sob condições de campo no município de Mamanguape, Paraíba, Brasil, durante o período de outubro/2014 a outubro/2015. Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados com três repetições e seis plantas por parcela, utilizando o esquema fatorial $(4 \times 2) + 1$, correspondendo a quatro concentrações de substâncias húmicas comercial (0, 15, 30 e 45 ml por planta), no solo sem e com adubação com torta de filtro de cana de açúcar na quantidade de 20 L por planta a cada 120 dias, mais um tratamento adicional com adubação mineral (N-P-K). Foram avaliadas a taxa relativa de crescimento relativo da altura e do diâmetro, os teores de macro e micronutrientes do solo (P; K; Ca; Mg; Cu; Fe; Zn; Mn; B) e foliar (N; P; K; Ca; Mg; Cu; Fe; Zn; Mn; B). Também avaliou-se o número de frutos por planta, pigmentos fotossintéticos, produtividade e a expressão relativa dos genes *rbcL*, *ACC oxidase* e *invertase*. Os dados foram submetidos a análises de variância e regressão para as doses de substâncias húmicas, enquanto para comparar a presença e ausência de torta de filtro foi utilizado o teste F. O tratamento adicional foi comparado com os demais tratamentos utilizando o teste de Dunnett. As taxas relativas de crescimento da altura e do diâmetro aumentaram linearmente em função de doses de substâncias húmicas. A torta de filtro melhorou os atributos químicos do solo, com aumento dos teores de P; K; Ca; Cu; Fe; Zn e carbono orgânico. Os teores foliares de nitrogênio aumentaram com a aplicação de substâncias húmicas em comparação à testemunha. A torta de filtro aumentou o número de frutos e a produtividade. Os teores de clorofila *a* e *b*, carotenóides como também a expressão

relativa dos genes *rbcL*, *ACC oxidase* e *invertase* estudados foram maiores com aplicação de torta de filtro e a dose máxima de substâncias húmicas. Os resultados obtidos neste trabalho indicam evidências que a adubação orgânica pode melhorar a disponibilidade de nutrientes e as respostas fisiológicas nas plantas do mamoeiro ‘Papaya Golden’. Recomenda-se o uso de torta de filtro 20 L por planta e a aplicação de 45 ml por planta de substâncias húmicas para se obter maior crescimento e produtividade do mamoeiro.

Palavras-chaves: Papaya Golden; ácidos húmicos; expressão gênica; bagaço de cana; adubação orgânica.

ABSTRACT

ALMEIDA, DÁCIO JERÔNIMO DE; **Soil fertility and productivity of papaya in a yellow ultisols in function of doses of humic substances and filter cake**; Areia; Paraíba; Center of Agrarian Sciences, Federal University of Paraíba; April 2017; Thesis; Graduate Program in Soil Science; Advisor: Dr. Walter Esfrain Pereira.

The productive potential of the papaya crop stems from factors related to climate, soil and cultivated variety. However, management systems that provide the addition of organic residues to the soil can cause changes in their chemical, physical and biological attributes favoring root system growth and papaya productivity. The present experiment was carried out with the objective of evaluating the effect of the application of humic substances and sugarcane filter cake, on the soil fertility and the productivity of the 'Papaya Golden' papaya crop cultivated in a Yellow Ultisols. The experiment was conducted under field conditions in the municipality of Mamanguape, Paraíba, Brazil, from October / 2014 to October / 2015. The treatments were arranged in randomized blocks with three replications and six plants per plot, using the factorial scheme $(4 \times 2) + 1$, corresponding to four commercial concentrations of humic substances (0, 15, 30 and 45 ml per plant) Soil without and with fertilization with filter cake of sugar cane in the amount of 20 L per plant every 120 days, plus an additional treatment with mineral fertilization (NPK). The relative growth rate of height and diameter, soil macro and micronutrients (P; K; Ca; Mg; Cu; Fe; Zn; Mn; B) and foliar (N; P; K; Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn, B). The number of fruits per plant, photosynthetic pigments, productivity and the relative expression of the *rbcL*, *ACC oxidase* and *invertase* genes were also evaluated. The data were submitted to analysis of variance and regression for the doses of humic substances, whereas to compare the presence and absence of filter cake, the F test was used. The additional treatment was compared with the other treatments using the Dunnett test. The relative growth rates of height and diameter increased linearly as a function of doses of humic substances. The filter cake improved the chemical attributes of the soil, with increased levels of P; K; Ca; Cu; Fe; Zn and organic carbon. Leaf nitrogen contents increased with the application of humic substances in comparison to the control. The filter cake increased the number of fruits and productivity. The levels of chlorophyll a and b, carotenoids as well as the relative expression of the *rbcL*, *ACC oxidase* and *invertase* genes studied were higher with filter cake application and the maximum dose of humic substances. The results obtained in this work indicate evidence that organic fertilization can improve nutrient availability and

physiological responses in 'Papaya Golden' papaya plants. It is recommended the use of 20 L filter cake per plant and the application of 45 ml per plant of humic substances to obtain greater growth and productivity of papaya.

Keywords: Papaya Golden; Humic acids; gene expression; sugarcane bagasse; Organic fertilization.

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma cultura tropical de grande importância no Brasil. Segundo dados da FAOSTAT, em 2015, o Brasil foi o segundo maior produtor mundial de mamão, com uma participação de 12,5% no mercado, somente atrás da Índia, que teve 44,65%. Contudo, devido às suas características fenológicas torna-se muito exigente em macro e micronutrientes, principalmente durante o primeiro ano, destacando o potássio e o nitrogênio os nutrientes mais exigidos por essa cultura.

Os solos onde o mamoeiro é cultivado no Nordeste apresentam geralmente baixos teores de matéria orgânica, sendo a produtividade dependente da fertilidade química (Oliveira et al., 2004), resultando nos últimos anos, em aumento nos custos de produção por causa do uso de fertilizantes minerais necessários para o crescimento e produção adequados, o que provocou a busca de alternativas para diminuir os custos (Canesin e Corrêa, 2006).

A adubação simultânea de fertilizantes minerais e orgânicos, destacando o emprego das substâncias húmicas, têm sido utilizadas na produção vegetal devido à estreita relação dessas substâncias com a fertilidade do solo e disponibilidade de nutrientes (Eyheraguibel et al., 2008). A matéria orgânica do solo (MOS) refere a todo material orgânico depositado ou presente no solo, tais como a liteira, a biomassa microbiana do solo, os lixiviados orgânicos das plantas e as substâncias húmicas, sendo esta a fração mais recalcitrante no solo (Marinari et al., 2010).

As substâncias húmicas (SH) além de serem o principal constituinte da matéria orgânica do solo, podem influenciar diretamente a fisiologia e o metabolismo das plantas. Quando em solução, podem ser consideradas como uma mistura complexa contendo milhares de moléculas individuais em arranjo supramolecular variando na estrutura, funcionalidade e reatividade (Nebbioso e Piccolo, 2014). Alguns trabalhos relatam o estímulo ao crescimento das plantas, agindo sobre os mecanismos envolvidos na respiração celular, fotossíntese, a síntese de proteínas, absorção de água e nutrientes, hormônios e atividades enzimáticas (Nardi et al., 2002; Trevisan et al., 2010; Tahir et al., 2011).

Entretanto, estudos sobre a utilização de substâncias húmicas em espécies de frutíferas ainda são poucos relatados na literatura; no entanto, alguns trabalhos foram conduzidos com pinha (Cunha et al., 2015), goiaba (Nunes et al., 2014), melão (Pinto et al., 2008) com resultados promissores. Porém, não foram encontradas informações sobre os efeitos das substâncias húmicas na cultura do mamoeiro.

A agroindústria canavieira, por sua vez, é produtora de enormes quantidades de resíduos orgânicos os quais têm chamado a atenção nos últimos anos e em virtude dos altos custos com fertilizantes minerais, de especial atenção na agricultura, como agente condicionador das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Dentre esses resíduos pode-se destacar a torta de filtro, resíduo composto da mistura de bagaço moído da cana e lodo da decantação, proveniente do processo do tratamento e clarificação do caldo da cana-de-açúcar (Cortez et al., 1992).

Com essas características a torta de filtro pode desempenhar papel fundamental na produção agrícola, na manutenção da fertilidade do solo e como condicionadora de solos (Rosseto et al., 2008).

Embora se conheça os benefícios das substâncias húmicas e da adubação orgânica no crescimento vegetativo e produtivo das culturas, não há estudos suficientes sobre os efeitos, as doses a serem recomendadas, além do possível impacto desta combinação na cultura do mamoeiro. Além disso, a possibilidade de reduzir os custos com adubação, e perdas de nutrientes por lixiviação nos solos de textura arenosa, como o caso dos Argissolo Amarelo.

Diante do exposto objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de substâncias húmicas e torta de filtro de cana de açúcar sobre a fertilidade do solo, teores foliares de nutrientes, pigmentos fotossintéticos, expressão relativa de genes e produtividade da cultura do mamoeiro cultivado em um Argissolo Amarelo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mamoeiro

O mamoeiro (*Carica papaya*) possui centro de origem na Bacia Amazônica Superior e México (América Tropical), onde sua diversidade genética é máxima. Sua cultura foi disseminada para inúmeros países tropicais, em especial na Ásia e nas Américas (Teixeira da Silva et al., 2007).

A área cultivada em 2014 foi de 32,118 mil hectares, com uma produção de 1,6 milhão de toneladas, e um rendimento de 47 milhões de dólares em exportação. O estado do Espírito Santo contribui expressivamente com a produção nacional, sendo o maior estado exportador do país (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2016). Na Paraíba o cultivo dessa fruta vem crescendo principalmente na zona da mata paraibana, representando 2,8% da produção nacional, sendo os municípios de Mamanguape e Santa Rita os maiores produtores (Brito Neto et al., 2011). Além de sua grande importância econômica, deve ser ressaltado no aspecto social, como gerador de emprego e renda, absorvendo mão de obra durante o ano todo, pela constante necessidade de manejo, tratos culturais, colheita e comercialização efetuadas de maneira contínua nas lavouras, além dos plantios serem renovados, em média, a cada três anos.

O mamoeiro se desenvolve bem em solos com baixo teor de argila, bem drenados e ricos em matéria orgânica. Considera-se adequado para o seu cultivo solos com textura areno-argilosa, cujo pH varie de 5,5 a 6,7. Devem-se evitar solos compactados, sujeitos ao encharcamento, pois nessas condições as plantas se apresentam raquíticas e estioladas, produzindo menos frutos. Caso seja necessário o uso de solos argilosos e rasos, e/ou com presença de camadas adensadas, deve-se efetuar subsolagem a 0,50 m ou mais de profundidade (Dantas et al., 2013).

O fruto é consumido *in natura* e utilizado para a fabricação de doces e sucos. Além do sabor, é muito apreciado pelas suas características nutricionais, sendo rico em licopeno, potássio, vitamina C e minerais. Substâncias como a papaína, uma enzima proteolítica encontrada no fruto e outras partes do mamoeiro, são usadas industrialmente e na culinária. O mamão é utilizado ainda pela medicina tradicional para o tratamento de uma variedade de doenças (Dantas et al., 2013).

A planta apresenta metabolismo C3 e a sua resposta fotossintética é fortemente ligada às condições ambientais. O desenvolvimento vegetativo é adequado em regiões de alta insolação e com temperaturas variando de 21 a 33 °C. Devido a sua origem em ambientes tropicais, a espécie é sensível a baixas temperaturas, e os seus frutos se tornam insípidos

quando amadurecem em períodos com temperatura inferiores a 20 °C, além de apresentarem, mudanças de gênero e redução da viabilidade do pólen (Teixeira da Silva et al., 2007; Carr, 2014).

De uma forma geral, as variedades de mamoeiros mais exploradas no Brasil são classificadas em dois grupos: Solo (ex: 'Sunrise Solo', 'Improved Sunrise Solo cv. 72/12', Baixinho de Santa Amália e 'Sunrise Golden'), mais utilizadas para a exportação, e Formosa (ex: 'Tainung no 1', 'Tainung no 2' e 'Caliman 1'), preferidas para agroindústria e mercado interno. As variedades do grupo solo iniciam a floração entre três a quatro meses após o plantio. Nesse grupo, são plantadas três mudas por cova e, na floração, realiza-se a eliminação de duas deixando-se apenas uma planta com flores hermafroditas. As colheitas ocorrem entre oito a dez meses após o plantio e os frutos pesam em média de 400 a 625 g, possuindo o formato, na maior parte das variedades, de piriforme a ovalado e polpa de cor vermelho-alaranjada. As variedades do grupo Formosa apresentam frutos alongados nas plantas hermafroditas e arredondados nas plantas femininas, variando o peso médio entre 900 a 1600 g. Nesse grupo, o mercado aceita frutos oriundos de plantas femininas, diferentemente do grupo Solo, onde somente frutos de plantas hermafroditas são comercializados (Dantas et al., 2013). A produtividade média nacional é da ordem de 40 t ha⁻¹ para as variedades do grupo Solo e de 60 t ha⁻¹ para as variedades do grupo Formosa.

Uma cultivar que vem merecendo destaque é a Papaya Golden, pertencente ao grupo 'Solo'. Sendo esta cultivar procedente de seleção em pomares de Sunrise Solo no Espírito Santo. O fruto feminino é ovalado, e o da hermafrodita é piriforme. A polpa é de cor rosa-salmão, a cavidade interna estrelada, e a casca lisa. Tem tamanho uniforme, peso médio de 450 g e um excelente aspecto visual. Possui boa aceitação no mercado internacional, embora apresente menor teor de sólidos solúveis nos frutos e sua produtividade seja inferior à do Sunrise Solo. O florescimento inicia-se aos quatro meses após o plantio, e as primeiras flores surgem quando a planta apresenta altura de 70 cm a 80 cm. Produz, em média, 100 toneladas por ciclo de produção (dois anos e meio, em média).

O produto nacional é competitivo, porém, é necessário desenvolver estratégias para aumentar a qualidade do produto para o mercado interno, reduzir as perdas devido a problemas de armazenamento e transporte, como também o uso de práticas para aumentar a produtividade. Com isso torna-se importante por parte dos produtores adoção de novas tecnologias agrícolas, visando maior competitividade, maior produtividade, maior qualidade, de forma a atender às exigências fitossanitárias e ambientais, além de maior divulgação da fruta e o alcance de mercados ainda não abrangidos.

2.2 Substâncias húmicas

Os estudos sobre substâncias húmicas (SHs), como humina, ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, não são recentes. Entre 1826 e 1837, Sprengel buscou compreender a origem e a natureza química das SHs, enquanto Berzelius deu contribuições valiosas sobre métodos de extração e conteúdo elementar das SHs (Rocha e Rosa, 2003). Ao final do século XIX, já se considerava que as substâncias húmicas possuíam colóides e com propriedades fracamente ácidas. As informações a respeito de sua interação com outros componentes do solo expressam que os ácidos húmicos são essencialmente lignina modificada. Em 1919, Oden cunhou a nomenclatura de AF, AH e HU, respectivamente, ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina, usada até hoje.

Já partir do início da década de 30 do século XX, os ácidos húmicos foram adotados como os constituintes mais característicos das substâncias húmicas. Grupos carboxílicos foram caracterizados na matéria orgânica e os estudos concluíram que os ácidos húmicos eram formados principalmente por compostos nitrogenados (proteínas) e anéis aromáticos derivados da lignina (Stevenson, 1994). Em 1960, foi obtido o primeiro espectro de ressonância magnética nuclear de AH. A maioria dos trabalhos já realizados sobre SH refere-se a solos de países de clima temperado.

No Brasil, Cerri e Volkoff (1988) estudaram a química das SHs e sua relação com o ambiente, usando técnicas isotópicas e espectroscópicas. No entanto, em razão do considerável custo e tempo despendido nessas análises qualitativas, atualmente a maioria dos trabalhos sobre SH no Brasil é embasada na quantificação das diferentes frações húmicas e suas proporções como indicadores de condições ambientais ou alterações por causa do manejo do solo (Leite et al., 2003; Cunha et al., 2007).

Em solos tropicais, mais de 2/3 das cargas negativas são originárias da fração orgânica. Essa situação indica que a sustentabilidade produtiva dos solos tropicais é fortemente dependente da manutenção ou aumento do teor de matéria orgânica do solo (Goedert e Oliveira, 2007). De acordo com Bayer e Mielniczuk (2008) solos tropicais, intensamente intemperizados, possuem como uma das suas principais características químicas a baixa capacidade de troca de catiônica (CTC). Nesses solos, o teor de matéria orgânica exerce importância preponderante na capacidade de troca catiônica efetiva do solo. Sendo um componente fundamental no crescimento do sistema radicular das plantas, da capacidade produtiva dos solos, em função dos seus efeitos na disponibilidade de nutrientes, complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, agregação, infiltração e retenção de água, aeração,

atividade e biomassa microbiana do solo (Canellas et al., 2009; Selim et al., 2010; Silva et al., 2011; Cunha et al., 2012).

Em algumas situações, até mesmo os resíduos vegetais na superfície do solo são adotados como componentes da MOS (Stevenson, 1994). No entanto, a matéria orgânica do solo pode ser dividida em dois grupos fundamentais. O primeiro grupo está formado por compostos bem definidos quimicamente, de baixo peso molecular, utilizado geralmente pelos microorganismos como substrato, sendo variante a sua quantidade no solo. Entre estes compostos se encontram proteínas e aminoácidos, carboidratos simples e complexos, resinas, ligninas, álcool, auxinas, aldeídos e ácidos aromáticos e alifáticos. Estes compostos constituem aproximadamente, de 10 a 15% da reserva total do carbono orgânico nos solos minerais (Silva Filho e Silva, 2002).

O segundo grupo é representado pelas substâncias húmicas propriamente ditas, constituindo de 85 a 90 % da reserva total do carbono orgânico, Kononova (1982). Estas substâncias originam-se da degradação química e biológica de resíduos orgânicos e da atividade sintética da biota do solo. Os produtos então formados associam-se em estruturas complexas mais estáveis, de coloração escura, elevado peso molecular, separadas com base em características de solubilidade dependente do pH. Classificadas em Humina: são frações insolúvel em meio alcalino ou em meio ácido diluído, possui reduzida capacidade de reação; Ácidos Húmicos: são frações escura solúvel em meio alcalino, precipitando-se em forma de produto escuro e amorfo em meio ácido. Quimicamente são muito complexos, formados por polímeros compostos aromáticos e alifáticos com elevado peso molecular, e grande capacidade de troca catiônica. Combina-se com elementos metálicos formando humatos, que podem precipitar (humatos de cálcio, magnésio, entre outros) ou permanecer em dispersão coloidal (humatos de sódio, potássio, amônio); e Ácido Fúlvico: fração colorida que se mantém solúvel em meio alcalino ou em meio ácido diluído. Quimicamente são constituídos, sobretudo, por polissacarídeos, aminoácidos, compostos fenólicos. Apresentam alto conteúdo de grupos carboxílicos e seu peso molecular é relativamente baixo. Combinam-se com óxidos de Fe, Al, argilas e outros compostos orgânicos. Possuem propriedades redutoras e formam complexos estáveis com Fe, Cu, Ca e Mg (Silva Filho e Silva, 2002).

Ao considerar a ação das substâncias húmicas nos solos e nas plantas, vários experimentos foram realizados para mensurar esses efeitos em diferentes climas, solos e culturas. Em plantas de arroz (Tejada e Gonzalez, 2004), trigo (Delfine et al., 2005) e videira (Ferrara e Brunetti, 2008), tem sido relatada a promoção de crescimento pela aplicação foliar de substâncias húmicas. Bolonhezi et al. (2008) obtiveram ganhos de até 12,5 t ha⁻¹ na

produtividade de colmos de cana-de-açúcar ao aplicarem 15 L ha⁻¹ de uma mistura de substâncias húmicas que continha 12% de ácidos húmicos e 3% de ácidos fúlvicos, incremento com de 13,2% de produtividade em relação ao tratamento controle.

Abdelhamid et al. (2011) após avaliarem os efeitos da adubação mineral correspondente a 50 e 100% de NPK associados com substâncias húmicas e biofertilizante no crescimento de plantas, aumento da simbiose nas raízes, qualidade de sementes e na composição mineral do feijão caupí, concluíram que o melhor tratamento correspondeu à 50% da dose de NPK juntamente com substâncias húmicas e biofertilizante comparado aos demais tratamentos.

Após aplicarem 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de um composto de substâncias húmicas via água de irrigação na superfície de um solo arenoso, cultivado com batata (*Solanum tuberosum*) e irrigado por gotejamento, Selim et al. (2009) constataram aumentos na produção de tubérculos por planta, rendimento por área e maior acumulação de nutrientes nos tubérculos após a colheita. Tahir et al. (2011) avaliaram o crescimento em altura, produção de matéria seca e absorção de macronutrientes em trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivado em vasos de cerâmica em casa de vegetação no solo sem e com 60 g kg⁻¹ de um composto de substâncias húmicas oriundas de lignina e registraram que os efeitos do insumo orgânico foram mais pronunciados no crescimento e produção de matéria seca da cultura do que na composição mineral.

2.3 Torta de filtro de cana de açúcar

Nos últimos anos, o Brasil vem obtendo aumentos significativos em sua participação mundial na produção de cana-de-açúcar e seus derivados. Considerada um dos produtos de maior competitividade no cenário do agronegócio, a cana-de-açúcar representa 8% do produto interno bruto (PIB) agrícola nacional. A área destinada ao setor sucroalcooleiro no Centro-Sul do país chega a 8,2 milhões de tonelada. O estado de São Paulo continua com a maior parte da área, com 4,7 milhões de hectares. Em seguida vem Goiás com 934 mil hectares, Minas Gerais com 898 mil hectare, Mato Grosso do Sul com 607 mil hectare e Paraná com 626 mil hectare (CONAB, 2016).

Na safra 2015/2016 no Brasil foram processados 665 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, o que permitiu uma produção de 37,5 milhões de toneladas de açúcar, 11,7 bilhões de litros de etanol anidro e 19 bilhões de litros de etanol hidratado. Toda essa produção ocorreu numa área plantada de 9,073 milhões de hectares, alcançando produtividades médias

de 76 t ha⁻¹. Nesse contexto, a Paraíba possui em média 124,8 mil hectares cultivados, com produção total de 5.532,0 milhões de toneladas de cana (CONAB, 2016).

O bagaço de cana é, sem dúvida, o resíduo agroindustrial obtido em maior quantidade no Brasil (Silva et al., 2007). O bagaço é o resíduo resultante da moagem da cana para a extração do caldo ou após o processo de extração do caldo por difusão, sendo gerado em uma proporção de 260 kg por tonelada de cana moída. Em sua composição, o bagaço de cana apresenta em torno de 26% de lignina, 27% de hemicelulose e 47% de celulose, com uma pequena fração mineral (1,61%) onde predomina o silício (Canilha et al., 2007). Trata-se de um material com relação C/N muito elevada. Apesar de grande parte do bagaço produzido ser utilizado pelas próprias usinas no aquecimento de caldeiras e na geração de energia elétrica, seu uso não está restrito a esse fim. Devido à grande quantidade produzida e a suas características físicas e químicas, esse material encontra um vasto campo de utilização, dentre eles na produção de ração animal, na indústria química, na fabricação de papel, papelão e aglomerados, como material alternativo na construção civil, e na produção de biomassa microbiana para fins energéticos (Silva et al., 2007). Por outro lado, o retorno de seu excedente como fonte de matéria orgânica para o solo é outra forma de fortalecimento do sistema produtivo da cana.

A purificação do caldo obtido após o processo de moagem da cana-de-açúcar é denominada “clarificação”. Na clarificação, adiciona-se uma suspensão de hidróxido de cálcio ao caldo já aquecido com a finalidade de elevar seu pH, que posteriormente, ocorre a floculação de coloides orgânicos bem como a precipitação de sais de cálcio, sobretudo fosfato. Após a decantação da suspensão, obtêm-se um caldo límpido por cima e um lodo por baixo. O lodo é formado por compostos orgânicos e inorgânicos que não foram solubilizados e ainda contém certa quantidade de caldo clarificado que deve ser recuperado por um processo de filtração ou prensagem. Como não possui consistência adequada para passar por filtração, assim é misturado ao bagaço de cana-de-açúcar finamente moído (“bagacinho”) e esta mistura é submetida à filtração a vácuo, resultando num material com umidade em torno de 75%, que se denomina torta de filtro, que é produzida de forma contínua, sendo que cada tonelada de cana-de-açúcar produz de 30 a 40 kg de torta (Cortez et al., 1992).

Portanto, a torta de filtro é composta pela mistura de bagaço moído e lodo de decantação, sendo usada predominantemente para fertilização da cultura da cana-de-açúcar, mas também tem mostrado resultados satisfatórios na produtividade de outras culturas, em algodão (Pereira et al., 2005), alface (Santana et al., 2012), eucalipto (Nascimento et al., 2013) e maracujá (Pires et al., 2008).

Silva et al. (2004) definem a torta de filtro como o conjunto de todos os componentes que contenham carbono orgânico na sua constituição, incluindo desde microorganismos (vivos e mortos), resíduos de plantas em decompostos, produtos derivados dessa decomposição e substâncias microbiológica ou quimicamente alteradas.

A torta de filtro, segundo Cortez et al.(1992), tem sido uma fonte de matéria orgânica intensamente utilizada em substituição aos adubos minerais na cultura da cana-de-açúcar. Entretanto, vários fatores podem alterar as características da torta de filtro, dentre eles: estágio de maturação da cana-de-açúcar, variedade da cana-de-açúcar, tipo de solo utilizado no cultivo, variações no processo de clarificação do caldo, entre outros (Rebelato et al., 2013). Dentre os nutrientes principais, nota-se uma predominância de CaO; N; P_2O_5 e pouco de K_2O . A adição de produtos que auxiliam na floculação das impurezas durante o processo de clarificação do caldo pode aumentar o teor de alguns minerais, especialmente fósforo e cálcio (Almeida Júnior, 2010).

O fósforo resultante da adição de produtos para a floculação das impurezas do caldo, onde sua liberação no solo ocorre gradativamente por mineralização e ataque de microorganismos do solo (Nunes Júnior, 2008). Para Nardin (2007), por volta de 30% do conteúdo total de fósforo está na forma orgânica e o nitrogênio predomina na forma proteica, ocasionando liberação lenta desses elementos e, conseqüentemente, melhor aproveitamento pelas plantas. Já o cálcio apresenta-se em grande quantidade, sendo proveniente da chamada caleação do caldo durante o processo de tratamento do mesmo para a fabricação do açúcar (Nunes Júnior, 2008).

De acordo com Moura Filho et al. (2011) apesar dos valores nutricionais da torta de filtro serem conhecidos desde a década de 1950, o início de sua utilização foi apenas na década de 1970 e se intensificou a partir do ano 2000, quando a mudança cambial e a elevação dos preços dos fertilizantes químicos oneraram a adubação e a questão ambiental ganhou mais espaço. Ainda segundo Moura Filho et al. (2011), a resposta na produtividade com uso de doses crescentes de torta é positiva, podendo substituir total ou parcialmente, dependendo da dose de torta empregada na área, os nutrientes N; P; Ca; Mg; S e os micronutrientes B; Cu; Fe; Mn e Zn, onde em alguns casos, com o objetivo de melhorar a qualidade da torta em relação aos nutrientes e diminuir o teor de umidade do material, tem-se produzido um composto por meio da mistura de torta de filtro e outros materiais tais como gesso, cinzas de caldeiras e bagaço.

Pires et al. (2008) constataram que a adubação orgânica com torta de filtro na cultura do maracujazeiro amarelo, promoveram maiores acréscimos nos valores da soma das bases,

com $81,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ sem uso de cobertura morta, enquanto o tratamento mineral apresentou $22 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, valores classificados como muito altos e médio, respectivamente, segundo a CFSEMG (1999). Enquanto Vasconcelos et al. (2010) observaram que a adição de torta de filtro no solo foi eficiente na melhoria da estabilidade dos agregados em água, principalmente na camada superficial. Já Nascimento et al. (2014), mencionam que a adição desse resíduo orgânico aumentam os percentuais de colonização micorrízica em mandioca, demonstrando o potencial uso deste resíduo em incrementar a produção agrícola.

Sendo a torta de filtro, segundo Fravet (2007), ter um importante papel, tal como a vinhaça, na melhoria da fertilidade do solo e nas suas propriedades físicas, destacando: aumenta a capacidade de retenção de água, chegando a reter água em até 6 vezes o seu próprio peso; reduz a densidade aparente do solo e aumenta sua porosidade total; forma agregados capazes de reduzir a erosão e aumentar a capacidade de absorção do solo; aumenta a capacidade de troca catiônica pela ação de micelas húmicas coloidais com atividade superior às argilas; aumenta os teores de nitrogênio, fósforo e enxofre a partir da decomposição e mineralização da matéria orgânica; reduz a fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio, bloqueando os sítios de fixação com os radicais orgânicos; forma quelatos solúveis de ferro, manganês, zinco e cobre, disponibilizando-os às plantas; e favorece a atividade microbiológica, além da adição de novos microorganismos.

Diante do exposto, a torta de filtro e as substâncias húmicas são uma alternativa promissora como material orgânico no suprimento dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Sendo necessários experimentos com frutíferas, visto que são culturas que demandam grande quantidade de nutrientes e são bastante responsivas ao fornecimento adequado destes elementos.

2.4 Argissolos Amarelos

São solos desenvolvidos principalmente de sedimentos do Grupo Barreiras, mas, são também desenvolvidos de rochas cristalinas ou sob influência destas. São solos que apresentam como característica principal um horizonte de acumulação de argila, B textural (Bt), tipicamente de coloração amarelada, com cores mais frequentes ocorrem no matiz 10YR com valor e croma maiores que 4. Geralmente apresentam baixos teores de ferro, porém, com amplo predomínio do óxido de ferro. São profundos ou muito profundos, com textura variando de arenosa média até muito argilosa, com o horizonte superficial A do tipo moderado e proeminente. São solos com muito baixa a baixa fertilidade natural, forte a moderadamente ácidos e que podem apresentar horizontes coesos, que ao serem umedecidos, tornam-se friáveis, exceto quando são cimentados, os quais podem ocorrer em relevo abaciado e com restrições de drenagem, apresentando mosqueados e concreções ferruginosas nos horizontes subsuperficiais, principalmente nos solos que ocorrem próximos às bordas dos Tabuleiros Costeiros (EMBRAPA, 2006).

Na porção litorânea da Zona da Mata nordestina estes solos são usados principalmente para o cultivo da cana-de-açúcar, fruticultura (manga, banana, citros, coco), alguma pastagem plantadas, e, em menor proporção a cultura da mandioca, maracujá e inhame. Nas superfícies que antecedem o Planalto da Borborema, estes solos são utilizados com fruteiras em geral, mandioca, floricultura e pastagens de braquiária, capins pangola e elefante (Luz et al., 2000).

Souza (1996), afirma que dentre suas potencialidades e limitações, são solos que apresentam muito baixa a média fertilidade, porém, têm como maior restrição os ambientes com relevos acidentados. Nestes casos estes solos são recomendados para preservação ambiental ou serem utilizados com extrativismo racional. Em áreas de clima menos úmido com floresta subcaducifólia, como na faixa que antecede o Planalto da Borborema, poderão ser utilizadas com fruticultura. O mesmo manejo poderá ser conduzido nas áreas mais movimentadas e úmidas e em áreas com relevo plano ou plano a suave ondulado, como no caso dos Tabuleiros Costeiros. Neste ambiente, devido aos solos serem muito pobres de nutrientes, tornam-se necessárias a correção da acidez e adição de adubos para se obter produções satisfatórias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de outubro/2014 a outubro/2015 em área pertencente à Fazenda Santa Terezinha, Frutas Doce Mel Ltda., localizada no município de Mamanguape-PB (Figura 1), cujo clima é classificado, segundo Koppen, como As' quente e úmido com chuvas de outono-inverno, com período de estiagem de cinco a seis meses (ALVAREZ, 2013). A umidade relativa do ar nos anos 2014 e 2015 variou entre 77 e 80%; no mesmo período os valores mensais de temperatura e pluviosidade estão indicados na Figura 2.

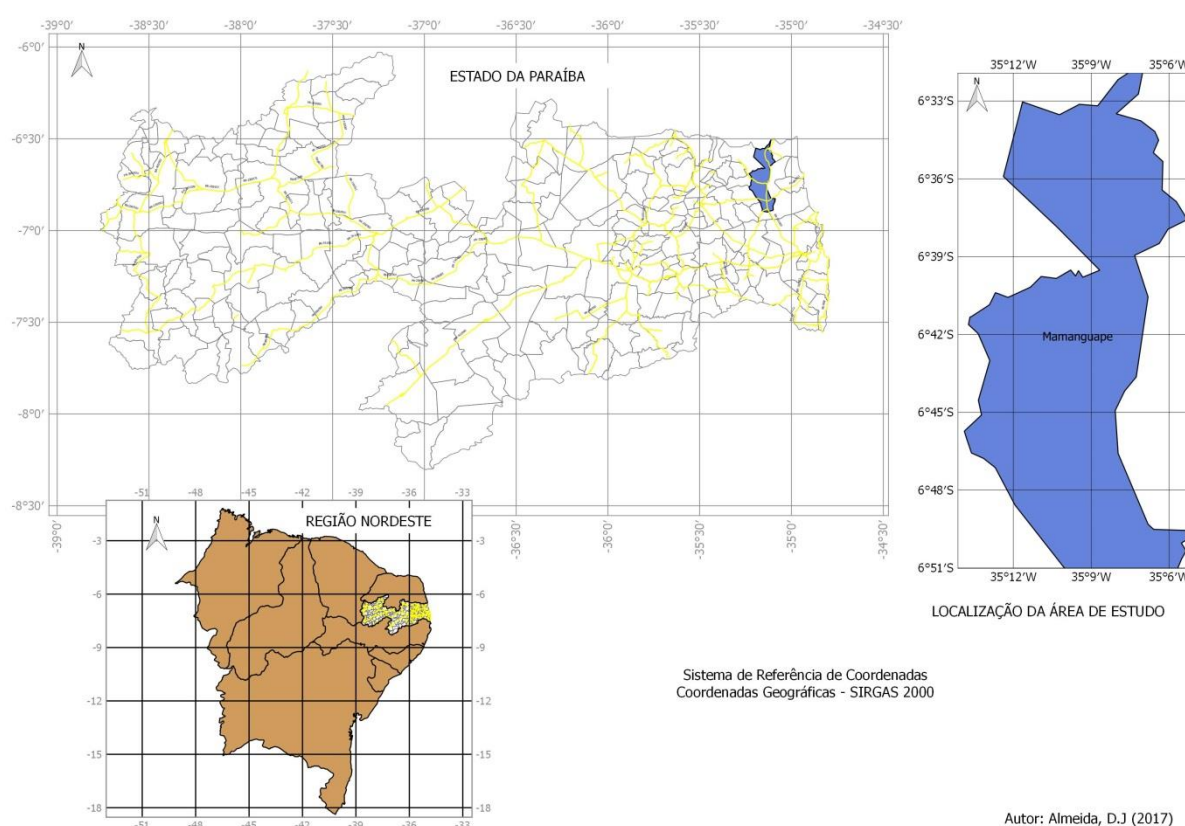


Figura 1. Localização da região onde foi executado o experimento.

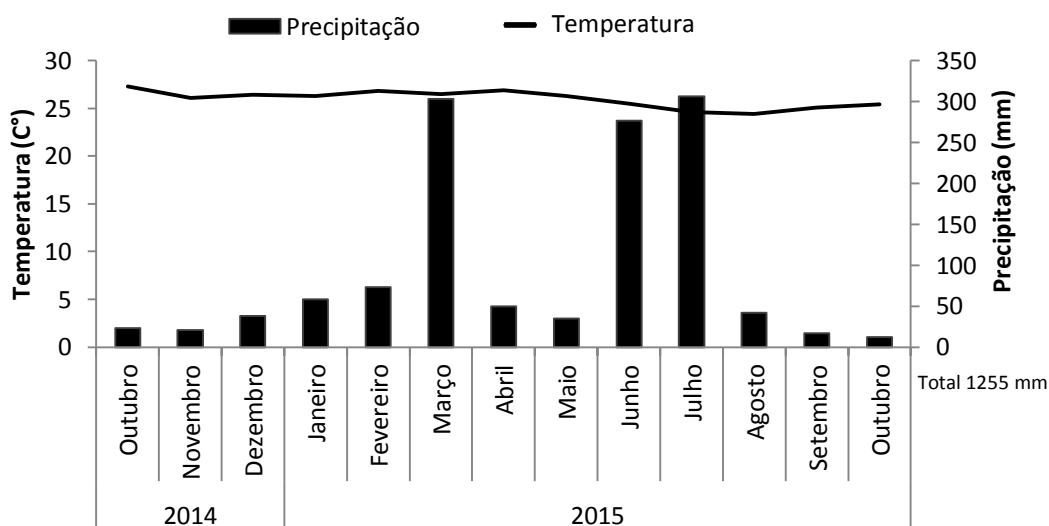


Figura 2. Valores médios mensais de temperatura do ar e precipitação no local do experimento durante os períodos de 2014 e 2015.

A área utilizada para realização da pesquisa faz parte do cultivo rotacionado com mamoeiro a cada 3 anos, portanto encontrava-se em pousio. Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso, com três blocos e seis plantas por parcela. Adotou-se o esquema fatorial $(4 \times 2) + 1$ correspondente a quatro concentrações de substâncias húmicas comercial (0, 15, 30 e 45 ml por planta) no solo sem e com adubação com torta de filtro de cana de açúcar e mais um tratamento adicional com adubação química (N-P-K).

As substâncias húmicas foram obtidas de um produto comercial derivado da leonardita americana, caracterizado como produto líquido solúvel em água, de coloração escura, contendo 15% p/p de extrato húmico total; 10% p/p de carbono orgânico; 12% p/p de ácido húmico; 3% p/p de ácido fúlvico; 8,0 p/p de nitrogênio solúvel em água e 4% p/p de potássio. Foram aplicados manualmente a cada 60 dias diluindo-se as doses em água no volume de 5 L por planta.

Tabela 1. Características químicas produto comercial contendo substâncias húmicas

SHs	Extrato húmico	Carbono orgânico	Ácido húmico	Ácido fúlvico	Nitrogênio solúvel	Potássio
ml	p/v (g ml ⁻¹)					
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	2,4	1,6	1,9	0,4	1,3	0,6
30	4,9	3,3	3,9	0,9	2,7	1,3
45	7,4	5,0	5,9	1,4	4,0	2,0

Tabela 2. Quantidade total aplicada de substâncias húmicas (SHs), torta de filtro e adubo mineral (NPK) durante o período experimental

Tratamentos	SHs	Torta de filtro	NPK
	mL por planta	kg por planta	kg por planta
1	0	0	0
2	90	0	0
3	180	0	0
4	270	0	0
5	0	60	0
6	90	60	0
7	180	60	0
8	270	60	0
9	0	0	1,8

A torta de filtro de cana de açúcar foi adicionada na quantidade de 20 L por planta com periodicidade a cada 120 dias. As características químicas desse material orgânico se encontram na tabela 3.

Tabela 3. Características químicas da torta de filtro de cana de açúcar (bagaço moído + lodo de decantação)

Características da torta de filtro	Unidades	Valor
N	g kg ⁻¹	14,99
P	g kg ⁻¹	9,93
K ⁺	g kg ⁻¹	6,85
Ca ⁺²	g kg ⁻¹	22,1
Mg ⁺²	g kg ⁻¹	3,78
Fe ⁺	g kg ⁻¹	14,35
Mn ⁺	g kg ⁻¹	1,58
Zn ⁺	g kg ⁻¹	171,4
C	%	36,51
C/N	%	24,35
Umidade	%	64

O tratamento adicional com adubação química (NPK) foi utilizado 300 g por planta do adubo comercial 20-10-20, aplicados a 60 cm do tronco das plantas, com periodicidade a cada 40 dias.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Amarelo distrófico (Embrapa, 2013). Antes da instalação do experimento realizou-se a coleta do solo na profundidade 0-20 cm para a análise física e química (Tabela 4).

Tabela 4. Características do solo na profundidade de 0-20 cm antes da instalação do experimento

Características do solo	Unidades	Valor
pH	H ₂ O(1:2,5)	4,70
M.O.	g kg ⁻¹	12,64
P	mg dm ⁻³	25,80
K ⁺	mg dm ⁻³	18,60
Na ⁺	mg dm ⁻³	7,21
Ca ⁺²	cmolc dm ⁻³	0,40
Mg ⁺²	cmolc dm ⁻³	0,20
Fe ⁺²	mg dm ⁻³	28,43
B	mg dm ⁻³	0,51
Cu ⁺²	mg dm ⁻³	2,12
Mn ⁺²	mg dm ⁻³	5,60
Zn ⁺²	mg dm ⁻³	4,79
Areia	g kg ⁻¹	920
Silte	g kg ⁻¹	20
Argila	g kg ⁻¹	60
Densidade do Solo	kg dm ³	1,51
Densidade de Partícula	kg dm ³	2,67
Porosidade	m ³ m ⁻³	0,43

Foi procedida a marcação da área, mobilizando o solo com utilização do arado e formando-se os camalhões. Em seguida, foi feita a aplicação de calcário (PRNT 90%) de acordo com a análise do solo, e o preparo do solo foi complementado com uso da gradagem, para corte do material vegetal, destorroamento do solo e incorporação do calcário. Após essa etapa foi feita a preparação dos sulcos sobre os camalhões que são formados com o uso do arado. Com espaçamento entre sulcos de 4 metros. Feitos os sulcos, foram aplicados 400 g de superfosfato simples por metro linear de sulco e com o uso de um marcador, prepararam-se as covas de plantio.

As mudas da cultivar Papaya Golden foram obtidas da semeadura em tubetes de germinação com volume de 200 cm³ de substrato constituído por solo de textura franco-arenoso, misturado com esterco bovino de curral maturado, seco e passado na peneira de 4 mm de malha e areia, nas proporções de 75% de solo, 15% de areia e 10% de esterco. Aos 30 dias após a germinação, as mudas foram transplantadas para o campo e plantadas no espaçamento 4x2x2 m. A irrigação foi realizada por meio do sistema de microaspersão,

acrescentado das práticas culturais recomendadas para a cultura (manejo de plantas daninhas, pragas e doenças) visando assegurar condições adequadas de limpeza e sanidade.

3.1 Crescimento das plantas

O crescimento das plantas foi mensurado a cada 90 dias, com base na altura e no diâmetro, com auxílio de régua milimetrada e paquímetro, respectivamente. Com o objetivo de reduzir possíveis falhas adotou-se a taxa relativa do crescimento em altura e diâmetro, considerada como “índice de eficiência” da planta que expressa o crescimento em termos de taxa de aumento da massa por unidade de massa presente, permitindo comparações mais equitativas que a taxa absoluta de crescimento.

$$TRC = \frac{(\ln Y2 - \ln Y1)}{t2 - t1}$$

Sendo:

TRC: taxa relativa de crescimento em altura ou diâmetro;

Y1: valor numérico da variável no tempo t1;

Y2: valor numérico da variável no tempo t2;

t1 e t2: intervalo de dias entre duas leituras;

ln: logaritmo neperiano.

No fim do experimento foram coletadas amostras de solo, retirando-se aproximadamente 500 g de solo na profundidade 0-20 cm, a 60 cm do tronco das plantas, tomando-se em cada parcela uma amostra composta, proveniente de duas amostras simples coletadas entre as plantas da área útil.

3.2 Fertilidade do solo

Após a coleta, o solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado com malha de 2 mm, posteriormente avaliados os atributos da fertilidade do solo.

O teor de fósforo foi quantificado usando extrator Mehlich (Murphy e Riley, 1962), enquanto o potássio foi quantificado por fotometria de chama (Embrapa, 2011) e cálcio, magnésio e os micronutrientes (Cu; Fe; Mn; Zn) foram quantificados pelo por espectrofotometria de absorção atômica. A matéria orgânica foi estimada a partir do carbono total de acordo com a metodologia de Yeomans e Bremner (1988), e o boro foi pelo extrator água quente (Embrapa, 2011).

3.3 Composição mineral das plantas

Também foram coletadas duas folhas recém-maduras da parte mediana de cada planta, caracterizada por apresentar uma flor recém-aberta em sua axila. Conforme sugerido por Malavolta et al. (1997), para avaliação da composição mineral em macro (N; P; K; Ca e Mg) e micronutrientes (B; Cu; Fe; Mn e Zn) na matéria seca.

O preparo das amostras consistiu em lavar as folhas com água e em seguida enxaguar com água destilada, posteriormente, foram secas em estufas de circulação forçada durante 72 horas a uma temperatura entre 68 e 72° C. Em seguida, as amostras foram pesadas em balanças de precisão e moídas em moinhos de facas de aço inox. As amostras após moagem foram acondicionadas em frascos de vidro. Utilizou amostras de 0,5 g em 10 ml de HNO₃ concentrado, submetidas à temperatura de, no máximo, 200° C para a digestão nitroperclórica (Sarruge e Haag, 1974), para determinação de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) e ferro (Fe); e 0,25 g de material moído e seco para a digestão via seca, em mufla a 500° C, para determinação do boro (B). Tanto o P como o B foram determinados colorimetricamente, sendo o B pelo método da Azomectina H (Wolf, 1974) e o P por colorimetria pelo método do ácido ascórbico (Braga e Defelipo, 1974). O K foi dosado por fotometria de emissão em chama; e o Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn, por espectrofotometria de absorção atômica. (Tedesco et al., 1995).

3.3 Pigmentos fotossintéticos

Os teores de clorofila *a* e *b*, e carotenóides foram determinados segundo o método proposto por Hiscox e Israelstam (1979). Foram retirados discos foliares de área conhecida (0,3927 cm²/disco) e imediatamente imersos em 5 ml de dimetilsulfoxido (DMSO), em tubos vedados e envoltos em papel alumínio. Os tubos foram mantidos no escuro em temperatura ambiente por um período de aproximadamente 48 horas. Após a extração, a absorbância das amostras foi determinada em 250 µL do extrato a 480, 649 e 665 nm com o auxílio do espectrofotômetro de microplaca da Multiskan GO - Thermo Scientific. O cálculo dos teores de clorofila e carotenóides, expressos em mg.g⁻¹, foi realizado de acordo com as equações propostas por Wellburn (1994) para extratos em DMSO, sendo: $Chl_a \text{ (clorofila } a) = (12,19 \times A_{665}) - (3,45 \times A_{649})$, $Chl_b \text{ (clorofila } b) = (21,99 \times A_{649}) - (5,32 \times A_{665})$ e $C_{\text{xantofila+carotenóides}} = (1000 \times A_{480} - 2,14 Chl_a - 70,16 Chl_b) / 220$.

3.4 Frutos

Os frutos foram colhidos no estágio 2 de maturação (1/4 maduro), sendo avaliadas as seguintes características: número médio de frutos por planta por contagem de todos os frutos usando as plantas úteis da parcela durante quatro meses e a produtividade – que foi determinada pela multiplicação do número médio de frutos por planta pelo o peso médio de seis frutos. Os resultados da produtividade foram expressos em $t\ ha^{-1}$, considerando-se uma densidade média de 1.666 plantas por hectare.

3.5 Expressão relativa de genes

Também foram avaliadas a expressão relativa dos genes responsáveis pela síntese da subunidade maior da ribulose-1,5-bisfosfato (*rbcL*), ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico Oxidase (*ACC oxidase*), e invertase sintetase (invertase). Para análise de expressão dos mesmos, foram utilizadas amostras das folhas recém-maduras da parte mediana das plantas, coletadas no último dia de experimento, mantidas em gelo e, em seguida, armazenadas em ultrafreezer ($-80\ ^\circ C$). Posteriormente, foi realizada a extração de RNA das amostras coletadas, por meio da utilização do kit de extração Pure Link[®] RNA Mini Kit (Ambion[®]) de acordo com as recomendações do fabricante. O RNA total foi extraído a partir de 3 plantas por parcela e 3 repetições, a fim de aumentar a eficiência no isolamento de sequências expressas, mRNA, relacionadas às respostas do processo de crescimento e produtividade do mamoeiro. Após as extrações do RNA total da parte aérea, as amostras foram quantificadas via espectrofotometria no aparelho Nano Vue Plus[™] (GE Healthcare), e a análise da integridade do RNA foi verificada por eletroforese em gel desnaturante com concentração de 1% de agarose. As amostras de RNA com razão 260/280 nm entre 1,8 e 2,0 foram utilizadas na síntese do cDNA por transcrição reversa a partir de $400\ ng.\mu l^{-1}$ de RNA total, utilizando o kit SuperScript TM II RT da Invitrogen.

A expressão dos genes selecionados foi avaliada por PCR em tempo real (qPCR) com o Kit SYBR Green PCR Master Mix (Applied Biosystems) usando termociclador iCycler (Applied Biosystems). Cada reação de PCR continha $12,5\ \mu L$ de Master mix SYBR Green 2X, $1\ mM$ de oligonucleotídeos específicos para cada gene (*rbcL*, *ACC oxidase* e invertase), conforme a tabela 4, e quantidades apropriadas de cDNA em uma reação com volume total de $25\ \mu L$. Os sistemas da reação de qPCR foram aquecidos a $95^\circ C$ por 3 min e em seguida por 40 ciclos com passos de $95^\circ C$ por 30 s, $60^\circ C$ por 30 s, $60^\circ C$ por 30 s. O método $2^{-\Delta\Delta CT}$ foi empregado para a quantificação relativa do cDNA e o gene UBQ5 (ubiquitina) foi utilizado como controle endógeno. Os resultados correspondem à média de ensaios em triplicata técnica e três repetições biológicas.

Todas as amplificações foram finalizadas com uma curva de dissociação, que permitiu verificar a especificidade da amplificação e confirmar a ausência de formação de dímeros de oligos ou qualquer outro produto inespecífico.

Tabela 5. Oligonucleotídeos iniciadores utilizados na análise por qPCR, específicos para cada gene, expressos em plantas (folhas) de mamoeiro cv. Papaya Golden

Nome do gene	Sequência
rbcL	Senso
	GTTTACTTCCATTGTGGGTAA
	Anti-Senso
	GAGACCGTTTCTTATTTTGCG
	Tamanho do Produto – 132pb
ACC oxidase	Senso
	TGATTTGTCAAAGCTCAATG
	Anti-Senso
	CACAGATGCAGGTGGCATCA
	Tamanho do Produto – 130 pb
Invertase	Senso
	AAAGTATATGGCACCGAG
	Anti-Senso
	GAAAAAGCTTGAGGAC
	Tamanho do Produto – 125 pb
UBQ5	Senso
	GAAAATGATGCCATTTTGG
	Anti-Senso
	AGAGCTGATGGGGAATAA
	Tamanho do Produto – 102 pb

Almeida, 2017.

As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba (macronutrientes do solo), no Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizantes do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, as demais análises de solo e de tecido vegetal. Os

teores de clorofila, carotenoides e as variáveis moleculares de expressão gênica, no Laboratório de Biotecnologia, Universidade Estadual da Paraíba.

3.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos a análises de variância e regressão para as doses de substâncias húmicas, enquanto para comparar a presença e ausência de torta de filtro foi utilizado o teste F. O tratamento adicional foi comparado com os demais utilizando o teste de Dunnett. As análises foram realizadas utilizando o software SAS/STAT 9.4 (SAS, 2013).

Aplicou-se também análise de componentes principais e de agrupamento. O critério adotado para a escolha da variável original relacionada com o componente principal foi $\frac{0,5}{\sqrt{\lambda}}$, com finalidade de que a correlação seja de pelo menos 0,5. Para graficar as médias das variáveis, os seus valores foram normalizados no intervalo de 0 (menor valor) a 1 (maior valor), aplicando-se a seguinte fórmula:

$$Z_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

Sendo:

Z_i : valor normalizado;

X_i : valor original da variável;

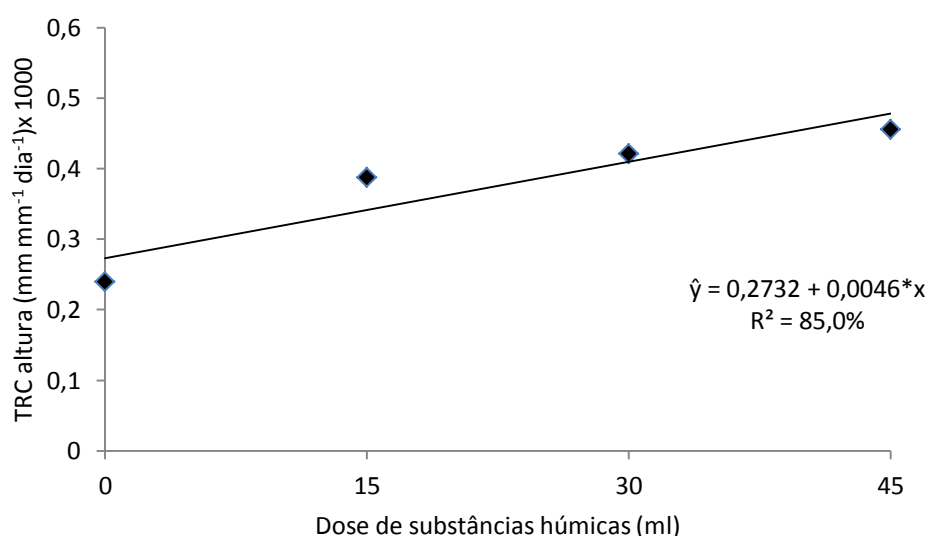
$\min(x)$: menor valor da variável;

$\max(x)$: maior valor da variável.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

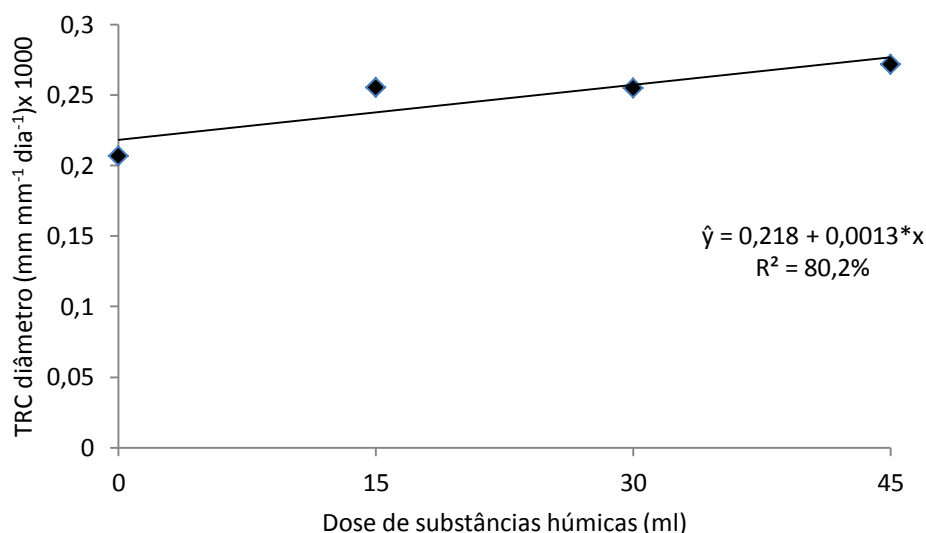
4.1 Crescimento

O uso de substâncias húmicas influenciou no crescimento do mamoeiro de forma linear, tendo uma superioridade de 95 e 35% usando a dose de 45 ml por planta, respectivamente para altura e diâmetro, quando comparado a ausência da substância orgânica (Figuras 3 e 4). Os mecanismos responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento da parte aérea das plantas, em resposta à aplicação radicular das substâncias húmicas, ainda são pouco conhecidos. No trabalho de Mora et al. (2010), com plantas de pepino tratadas com ácidos húmicos nas raízes, foi verificado que esses incrementos são ocasionados pelo aumento da atividade de H⁺ATPases radiculares, acompanhado em mudanças na distribuição de nitrato entre raiz e parte aérea. Os autores observaram que o aumento da concentração de nitrato na parte aérea está relacionado com o aumento da concentração dos fitorreguladores citocininas e poliaminas (principalmente putrescina), levando aos incrementos no crescimento.



* Significativo a 5%, de probabilidade pelo teste F.

Figura 3. Taxa relativa de crescimento (TRC) da altura de plantas de mamoeiro cv. Papaya Golden em função de doses de substâncias húmicas.



* Significativo a 5%, de probabilidade pelo teste F.

Figura 4. Taxa relativa de crescimento (TRC) do diâmetro de plantas de mamoeiro cv. Papaya Golden em função de doses de substâncias húmicas.

Em pesquisa avaliando o maracujazeiro amarelo Campos et al. (2008), observaram que o uso de biofertilizante bovino tiveram efeito pronunciado no crescimento das plantas, o que de acordo com Lagreid et al. (1999) evidenciam que o biofertilizante pode fornecer substâncias húmicas ao solo.

Não foi observado efeito da torta de filtro nas variáveis de crescimento, isso possivelmente ocorreu em função que os adubos orgânicos necessitam de tempo para ser mineralizado e os nutrientes liberados para serem absorvidos pelas plantas. O que também foi observado por Brito Neto et al. (2010) que avaliando o desenvolvimento do mamão cultivar Sunrise Solo sob efeito da adubação orgânica 20 kg por planta de cama de frango (teor 20,57 g kg⁻¹ de N), relataram que a adubação mineral teve superioridade em proporcionar melhor crescimento em altura e diâmetro para plantas do que a adubação orgânica.

4.2 Teores de macro e micronutrientes no solo

A adubação com torta de filtro aumentou os teores de matéria orgânica no solo como também dos nutrientes. Conforme os valores presentes na tabela 6 verificam-se aumentos médios de 55; 31; 42; 139; 92; 119; 78%, respectivamente para, P, K, Ca, Cu, Fe, Zn e carbono orgânico, quando comparado ao tratamento com adubação mineral.

Segundo Korndörfer e Anderson (1997) afirma que a torta de filtro promove alterações significativas nos atributos químicos do solo, tais como aumento na disponibilidade

de fósforo, cálcio, potássio e micronutrientes, aumento nos teores de carbono orgânico e capacidade de troca de cátions e, ainda, diminuição nos teores de alumínio trocáveis.

A aplicação de torta de filtro promoveu incrementos expressivos no teor de P do solo indicando a eficiência do resíduo orgânico em suprir P para o desenvolvimento do mamoeiro. Os resultados corroboram com os obtidos por Nardin (2007) que, ao avaliar o uso de torta de filtro sobre as propriedades químicas de um Argiloso, verificou incrementos significativos nos teores de P da camada 0-20 cm. O incremento nos teores de P do solo se deve aos altos teores de P presentes na composição química da torta de filtro. Além de ser fonte de P a torta de filtro pode reduzir a adsorção do elemento em solos, graças ao elevado teor de matéria orgânica que poderá fornecer ácidos orgânicos que competem com o fosfato pelos sítios de adsorção, aumentando a disponibilidade do elemento (Alves et al., 1999). Isso também justifica o comportamento linear do teor de fósforo com o aumento das doses de SHs (Figura 5A).

De acordo com os teores de fertilidade de solo proposto por Ribeiro et al. (1999), o teor de P do tratamento com adubação mineral ($23,4 \text{ mg dm}^{-3}$) foi classificado como nível 'Médio', contudo, a aplicação da adubação com torta elevou esse teor, de modo que eles foram classificados como níveis 'Bom' ($>30 \text{ mg dm}^{-3}$) e os resultados obtidos neste estudo corroboram com o potencial da torta de filtro como fonte fosfatada.

A adição de torta de filtro propiciou incrementos significativos no teor de K do solo. Observou-se que a adição de torta de filtro alterou a fertilidade do solo passando de níveis 'Baixos' para níveis 'Muito Bom', de acordo com Calvacanti et al. (2008). Mesmo comportamento ocorreu para o teor de Ca do solo, o incremento deste elemento no solo se deve, sem dúvida, à composição química da torta visto que, em grande quantidade, o Ca é resultado da chamada 'clarificação' do caldo durante o processo de tratamento do mesmo para a fabricação do açúcar (Nunes Júnior, 2008), na Figura 5B foi observado que na presença da torta de filtro houve um aumento de 84% no teor de cálcio no solo comparado sem aplicação do resíduo orgânico. De acordo com os níveis de interpretação de fertilidade do solo estabelecida por Alvarez et al. (1999), os valores obtidos na ausência da adubação com torta de filtro se encontram classificados como 'Muito Bom' ($\geq 4,00 \text{ cmolc dm}^{-3}$), comportamento semelhantes aconteceu com os demais micronutrientes.

Na Figura 5C, foi observado aumento 30% no teor de carbono orgânico em relação aos tratamentos que não receberam adubação orgânica. A matéria orgânica da torta de filtro, segundo Fravet (2007), aumenta a capacidade de retenção de água; reduz a densidade aparente do solo e aumenta sua porosidade total; forma agregados capazes de reduzir a erosão

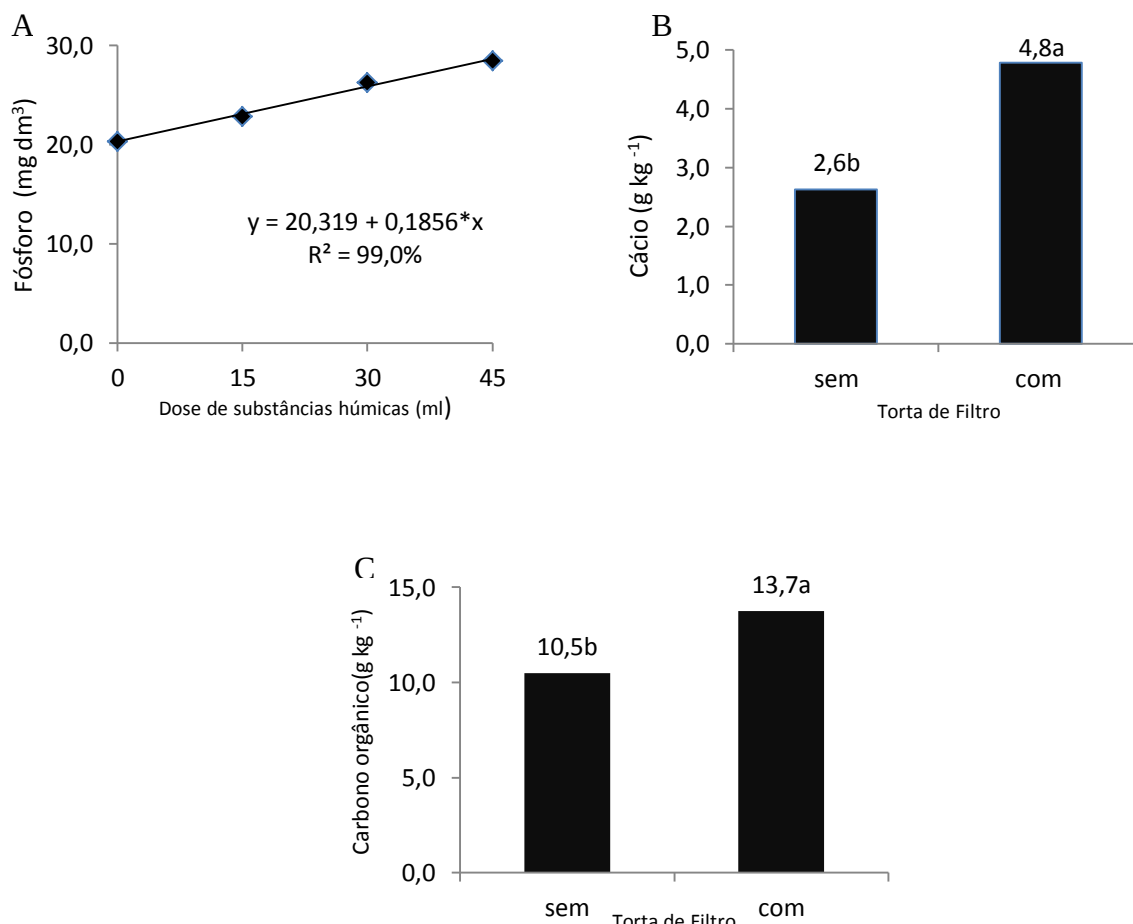
e aumentar a capacidade de absorção do solo; aumenta a capacidade de troca catiônica; reduz a fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio, bloqueando os sítios de fixação com os radicais orgânicos; favorece a atividade microbológica e a adição de novos microorganismos. Kaur et al. (2005) observaram que solos que receberam durante 7 anos adubação com torta de filtro tiveram aumentos significativos no conteúdo de carbono orgânico, em comparação com o tratamento que recebeu somente adubação mineral

Pires et al. (2008) avaliando o efeito da adubação alternativa usando torta de filtro na cultura do maracujá, observaram aumento nos teores de nutrientes no solo, dentre os quais, P e Ca, como também, da CTC do solo, em comparação ao tratamento com adubação mineral. Assim, a aplicação de torta de filtro com sua posterior decomposição no solo tem liberação de compostos tanto de baixa como de alta massa molecular, segundo Pavinato e Rosolem (2008), exercendo influência sobre a disponibilidade de nutrientes no solo. Essa influência está muito relacionada com a complexação ou adsorção de íons competidores, inibindo a ação dos grupos funcionais do solo, deixando, assim, os nutrientes mais móveis em solução. Por isso, a decomposição da torta de filtro é considerada importante fonte de nutrientes no solo, pois sua decomposição disponibiliza os nutrientes pelo processo de mineralização para o solo.

Tabela 6. Teores de nutrientes do solo cultivado com mamoeiro cv. Papaya Golden, adubado com torta de filtro e substâncias húmicas

Torta	Dose (ml)	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn	B	CO
		-----mg dm ⁻³ -----		----- cmolc dm ⁻³ -----				-----mg dm ⁻³ -----			-----g kg ⁻¹ -----
SEM	0	20,3ns	46,2ns	2,34ns	0,52ns	1,46ns	37,6ns	4,22ns	9,7ns	0,17ns	9,60ns
	15	22,8ns	56,9ns	3,09ns	0,69ns	2,10ns	35,5ns	6,74ns	14,0ns	0,16ns	9,77ns
	30	26,2ns	45,1ns	2,04ns	0,47ns	2,01ns	46,4ns	6,19ns	12,9ns	0,15ns	9,83ns
	45	28,5ns	57,0ns	3,43ns	0,70ns	2,76*	46ns	6,17ns	11,7ns	0,14ns	9,69ns
COM	0	32,2*	136,7*	4,37*	0,47ns	3,22*	40,2ns	6,51ns	14,5ns	0,19ns	14,82*
	15	35,8*	141,9*	4,14*	0,63ns	2,81*	46,2ns	9,26*	11,1ns	0,13ns	15,68*
	30	32,2*	135,2*	4,08*	0,47ns	3,19*	51,8*	10,6*	14,8ns	0,19ns	14,19*
	45	36,5*	128,1*	4,54*	0,71ns	3,52*	65,7*	10,5*	13,2ns	0,17ns	16,24*
NPK		23,4	102,7	3,19	0,66	1,47	34,1	4,79	12,1	0,1	9,12

ns e *: diferença não significativa e significativa a 5%, respectivamente, do tratamento controle pelo teste de Dunnett (P<0,05). Adubação mineral (NPK) = fórmula 20-10-20



Médias seguidas pelas mesmas letras são iguais entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Em todas as figuras de médias.

Figura 5. Teores no solo de fósforo (A), cálcio (B) e carbono orgânico (C) em Argissolo amarelo cultivado com mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com torta de filtro e substâncias húmicas.

4.3 Teores de macro e micronutrientes nas folhas

O uso de substâncias húmicas (SHs) aumentou os teores de N; K e Mn foliares do mamão (Tabela 7) em relação ao tratamento controle [adubação química 20(N)-10(P)-20(K)], destacando o teor de N aumentou 68%. Contudo foi observado que maiores valores foram obtidos a partir da adição da torta de filtro, que além do N, o K e Mn apresentaram aumentos significativos de 89, 11 e 106%, respectivamente, utilizando a dose de 45 ml por planta (SHs). As substâncias húmicas atuam no aumento da CTC do solo disponibilizando cátions para as plantas, fixando os nutrientes juntos aos seus grupos funcionais carboxílico e fenólicos, evitando que eles sejam perdidos por lixiviação. Esses grupos funcionais aumentam a superfície específica e, conseqüente, o efeito tampão, dando maior estabilidade ao solo, além de atuar como reservatório de N, P, S e micronutrientes.

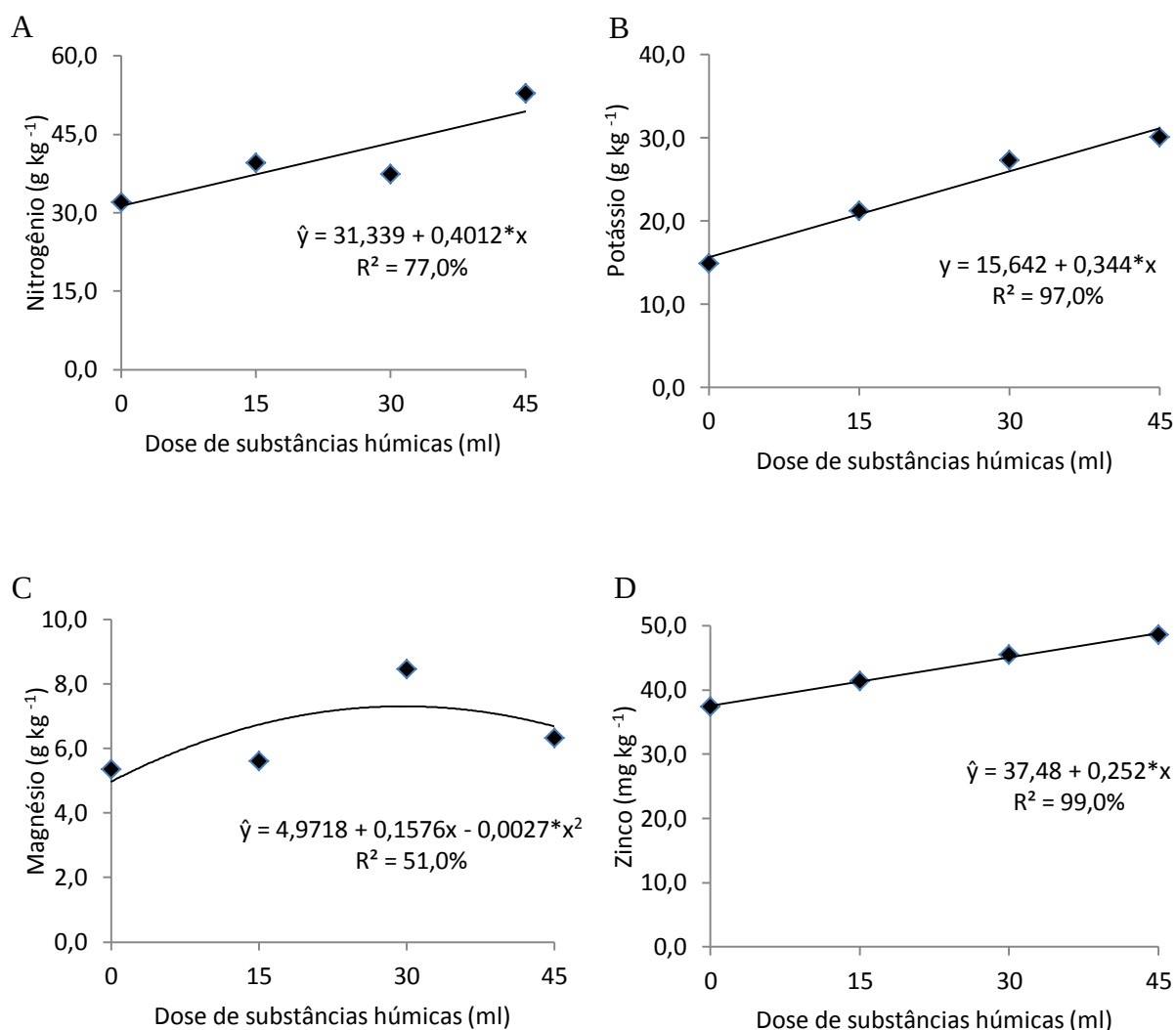
Tabela 7. Teores foliares de nutrientes no mamoeiro cv. Papaya Golden, adubados com torta de filtro e substâncias húmicas

Torta	Dose (ml)	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn	B
-----g/kg ⁻¹ -----						-----mg/kg ⁻¹ -----					
SEM	0	29,46ns	6,60ns	21,22ns	24,03ns	5,35ns	123,72ns	105,03ns	37,32ns	67,78ns	32,51ns
	15	37,35ns	6,39ns	22,38ns	22,28ns	5,41ns	126,80ns	135,23ns	42,55ns	57,08ns	33,35ns
	30	47,92*	6,17ns	22,29ns	25,51ns	5,44ns	128,87ns	139,13ns	41,32ns	58,35ns	33,19ns
	45	46,71*	6,80ns	22,09ns	24,15ns	6,31ns	127,85ns	146,20ns	42,42ns	70,15ns	35,74ns
COM	0	51,47*	6,45ns	23,16ns	29,63ns	6,40ns	135,52ns	151,15ns	44,70ns	61,60ns	34,61ns
	15	51,98*	6,89ns	24,84*	27,87ns	8,86ns	127,62ns	135,87ns	44,92ns	76,12ns	36,69ns
	30	52,63*	7,63ns	23,25ns	27,79ns	8,90ns	134,98ns	178,90ns	45,50ns	72,30ns	37,21ns
	45	53,89*	8,12ns	24,25*	28,93ns	6,43ns	145,92ns	181,02ns	47,32ns	97,90*	36,67ns
NPK		28,47	8,07	21,68	23,81	6,28	128,38	134,19	42,57	57,31	33,47

ns e *: diferença não significativa e significativa a 5%, respectivamente, do tratamento controle pelo teste de Dunnett (P<0,05). Adubação mineral (NPK) = fórmula 20-10-20

Neste contexto, as SHs são, portanto, importantes reguladores funcionais dos processos químicos e biológicos do solo e das plantas, representando, por isso, um forte fator para a sustentabilidade dos solos cultivados (Moreira e Siqueira, 2006). Baldotto et al. (2009), usando ácidos húmicos isolados de torta de filtro em abacaxi cultivar ‘Vitória’, observaram que essas substâncias promoveram aumentos de 52 e 50% no teor de N e K foliar quando comparado ao tratamento controle.

O uso de doses de SHs aumentou linearmente os teores de nitrogênio, potássio e zinco foliar com valores corresponderam a 52,7 g kg⁻¹; 30,1 g kg⁻¹ e 48,6 mg kg⁻¹, respectivamente, na maior dose (45 ml por planta). O magnésio que teve comportamento quadrático obteve o valor máximo de 7,2 g kg⁻¹ com a dose de 29,1 ml de SHs por planta (Figura 6). Pelos dados, ao se admitir que a exigência do mamoeiro, segundo Malavolta et al., (1997) está entre 40-50 g kg⁻¹ para nitrogênio; 25-30 g kg⁻¹ para potássio; 30-43 mg kg⁻¹ para zinco. Observa-se que as plantas que receberam as maiores doses de SHs ml por planta encontram-se com teores ideais dos nutrientes avaliados, segundo Malavolta et al., (1997).



* Significativo a 5%, de probabilidade pelo teste F.

Figura 6. Teores foliares de nitrogênio (A); potássio (B); magnésio (C) e zinco (D) nas folhas de mamoeiro cv. Papaya Golden, em função de doses de substâncias húmicas.

Falcão e Borges (2006), avaliaram a matéria seca do limbo do mamoeiro ‘Havaí’ sob cultivo convencional, e obtiveram $42,6 \text{ g kg}^{-1}$ de N, valor inferior ao encontrado neste experimento, o que ressalta a importância das SHs, que além de influenciar na disponibilidade de nutrientes, funcionam como bioestimulantes e condicionadores do solo, melhorando suas propriedades químicas, físicas e biológicas, como a capacidade de retenção de água e de nutrientes, a agregação das partículas, a porosidade e a atividade biológica (Baldotto et al., 2007).

Já os teores de potássio superaram os $20,90 \text{ g kg}^{-1}$ obtidos por Marinho et al. (2002) e os 22 g kg^{-1} obtidos por Campostrini et al. (2001), em mamoeiro Sunrise Solo TJ e Sunrise Solo 72/12, do grupo ‘Solo’. Ao considerar-se o baixo teor no solo (Tabela 3), verifica-se que o uso das SHs estimularam a liberação de potássio adsorvido aos colóides do solo para a solução do solo para a absorção pelas plantas. E por fim os teores de zinco apresentaram resultados superiores aos $16,93 \text{ mg kg}^{-1}$ e 36 mg kg^{-1} , apresentados por Barreto et al. (2002) e Santana et al. (2004).

Os efeitos mais relatados das SHs, nas plantas, estão relacionados com o sistema radicular e envolvem a formação de raízes laterais (Baldotto et al., 2011; Mora et al., 2012), a formação de raízes adventícias (Baldotto et al., 2012; Baldotto e Baldotto, 2015), o alongamento radicular (Silva et al., 2000) e a formação de pelos radiculares (Silva et al., 2011). Todos esses fatores aumentam a massa radicular e a área de superfície das raízes, contribuindo para maior absorção de água e de nutrientes (Eyheraguibel et al., 2008). Além dos efeitos diretos na morfologia e na fisiologia radicular, os ácidos húmicos presente nas SHs também atuam indiretamente, alterando a química e a dinâmica microbiana da rizosfera, por estimularem a exsudação de ácidos orgânicos e de açúcares pelas raízes (Canellas et al., 2008; Puglisi et al., 2013). Ao alterarem o ambiente rizosférico, os ácidos húmicos interferem nas interações solo-microbiota-planta, principalmente na disponibilidade e na assimilação de nutrientes.

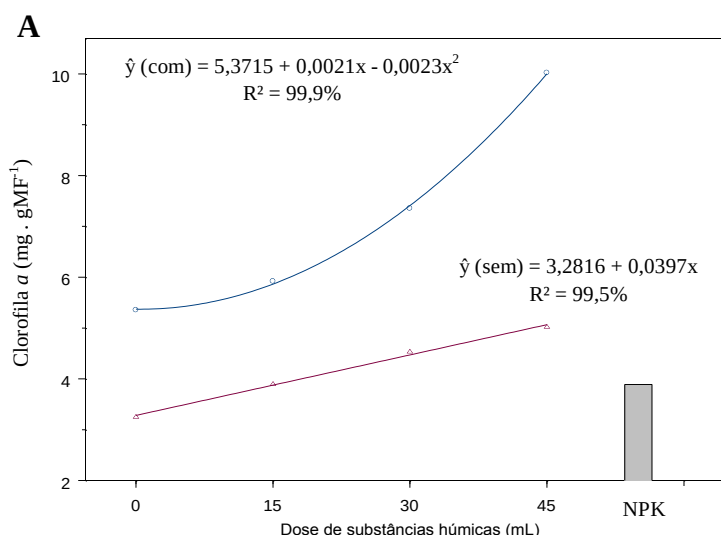
A presença da torta de filtro promoveu incremento no aumento do teores de nutrientes foliares, principalmente para o N, que independente da dose de SHs utilizada apresentou valores significativos em relação ao tratamento com adubação mineral. Segundo,

Nunes Júnior (2008) relata que a torta de filtro sai dos filtros rotativos após extração da sacarose residual da borra com 75 a 80% de umidade e é um excelente produto orgânico para a recuperação de solos exauridos ou de baixa fertilidade. Sua composição química média apresenta altos teores de matéria orgânica e fósforo, sendo também rica em nitrogênio e cálcio, além de teores consideráveis de potássio, magnésio e micronutrientes.

Os resultados da análise do solo (Tabela 6) mostraram o aumento de carbono orgânico com o uso da torta de filtro, o que resulta no aumento da quantidade de grupos funcionais e melhora a CTC do solo. Com isso, a aplicação de torta de filtro com posterior processo de decomposição, acaba liberando nutrientes e sua transformação em ácidos húmicos, fúlvicos e húmina.

4.4 Teores de clorofila *a* e *b* e carotenóides

Os efeitos dos tratamentos com diferentes doses de substâncias húmicas (SHs) e torta de filtro em mamoeiro cv. Papaya Golden promoveram efeitos significativos para os teores de clorofila *a* e clorofila *b* (Figura 7). Foram observados respostas menos expressivas para as plantas submetidos à adubação mineral (NPK). As plantas mamoeiro cv. ‘Papaya Golden’ que receberam 45 ml por planta de SHs na presença de torta de filtro obtiveram maior produção de clorofila *a* e *b*, enquanto que ao diminuir as porcentagens de substâncias húmicas e torta de filtro foram verificadas menores concentrações de clorofila *a* e *b*.



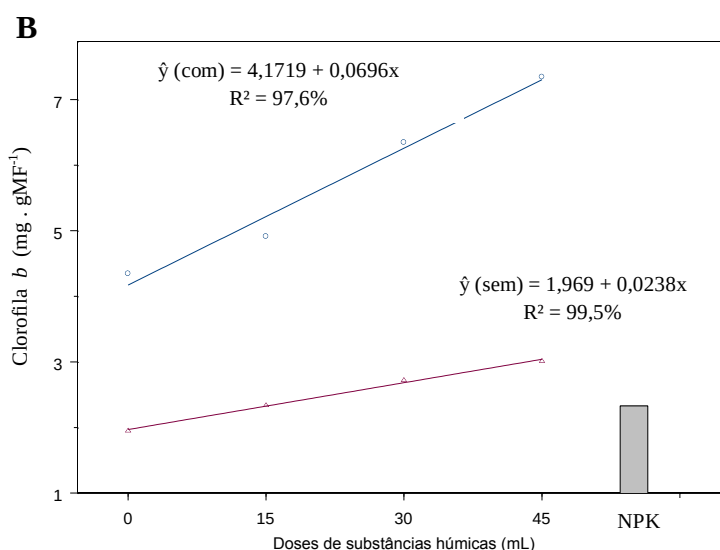


Figura 7. Teores de clorofila *a* (A) e *b* (B) em folhas de mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com e sem torta de filtro, substâncias húmicas e adubação mineral (NPK) = fórmula 20-10-20.

A clorofila é o principal pigmento responsável pela captação da energia luminosa utilizada no processo de fotossíntese e, dessa forma, a concentração de pigmentos tem sido frequentemente utilizada como um indicador do efeito dos estresses nutricional sobre as plantas (Taiz e Zeiger, 2009). Ainda Cruz et al. (2007), estudando a eficiência do genótipo de mamoeiro cv. Papaya Golden no uso de nitrogênio verificaram que a cultivar, em alto teor de nitrogênio apresenta maiores médias de clorofila *a* e *b*. Além disso Barbieri Junior (2009), o índice de clorofila nas folhas das plantas apresenta uma alta correlação com o teor de N da planta, diante disso, é considerado um método eficiente para a avaliação do estado nutricional das plantas, e sob condições de estresse nutricional, pode haver uma inibição da síntese do ácido 5-amino levulínico, molécula precursora da clorofila, ou aumentar a atividade da enzima clorofilase que degrada a clorofila (Taiz e Zeiger, 2009) e as plantas podem sofrer alterações no conteúdo dos pigmentos fotossintéticos devido à mudança na translocação do carbono e do nitrogênio (Lionetti et al., 2012).

Adicionalmente, concentrações ótimas de nitrogênio podem ser necessárias para a manutenção da atividade carbixilativa da RUBISCO (Cruz et al., 2001). Plantas de mamão cultivadas sob deficiência de nitrogênio têm um expressivo aumento na concentração de amido nos cloroplastos (Cruz et al., 2001), e esse acúmulo normalmente é acompanhado por

danos aos tilacóides (Bondada e Syvertsen, 2005), o que também ajuda a explicar a redução da taxa fotossintética nessas condições.

Na análise de carotenóides, nas plantas de mamoeiro cv. Papaya Golden sob diferentes condições de adubação, observou-se que tanto nas plantas adubadas com substâncias húmicas na presença de torta de filtro ocorreu aumento no teor do pigmento analisado (Figura 8). Adicionalmente, verifica-se que, ao se aumentar os teores de concentração destes adubos, apresentaram-se acréscimos nos teores de carotenóides, maior nas plantas receberam 45 ml de SHs na presença de torta de filtro, comportamento esse, semelhante aos resultados de teores de clorofila.

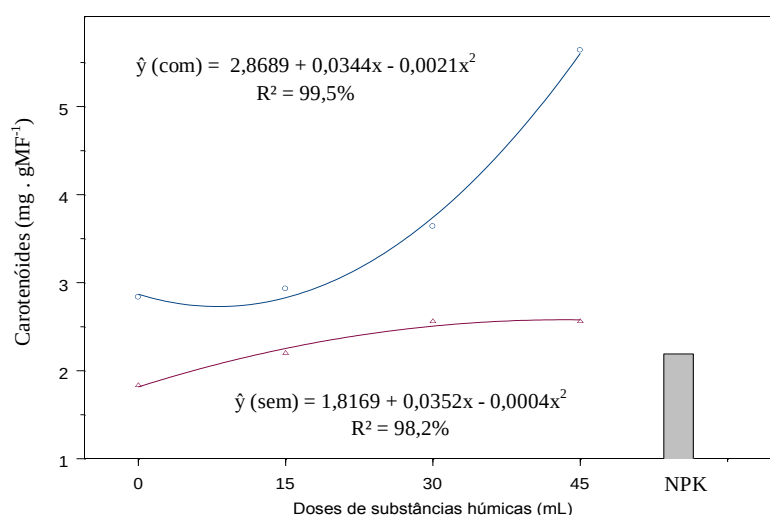
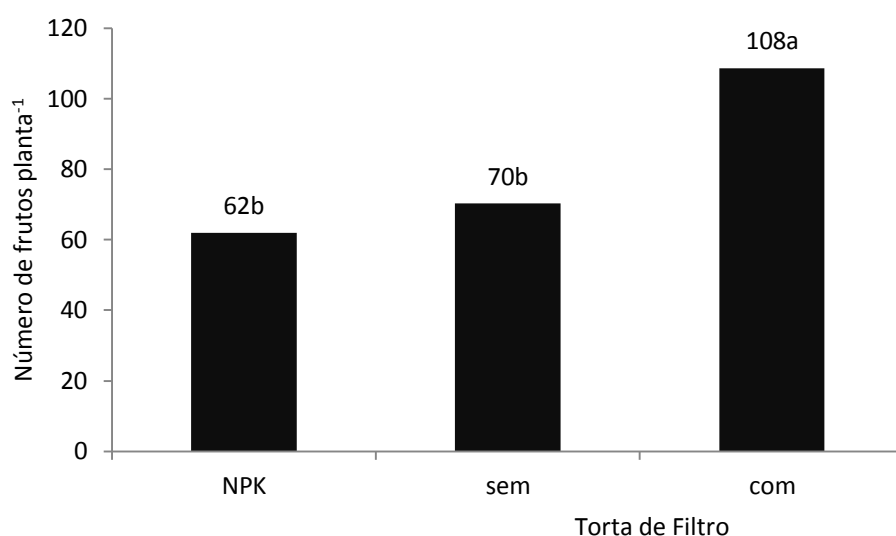


Figura 8. Teores de carotenoides + xantofila em folhas de mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com e sem torta de filtro, substâncias húmicas e adubação mineral (NPK) = fórmula 20-10-20.

Segundo Li et al. (2010) a determinação do teor de carotenóides é importante, uma vez que estes atuam como fotoprotetores nos fotossistemas, dissipando o excesso energético incidente sobre a folha na forma de luz, evitando por meio de seu elevado potencial antioxidante, que as clorofilas sejam danificadas. Taiz e Zeiger (2009), retratam que, além de pigmentos acessórios, os carotenóides desempenham papel essencial na fotoproteção, protegendo o aparelho fotossintético contra o oxigênio singlete (O_2^*), extremamente reativo, que danifica muitos componentes celulares, como lipídeos. Portanto, esses pigmentos são importantes na prevenção da indução de danos oxidativos causados pelo estresse (Wahid, 2007).

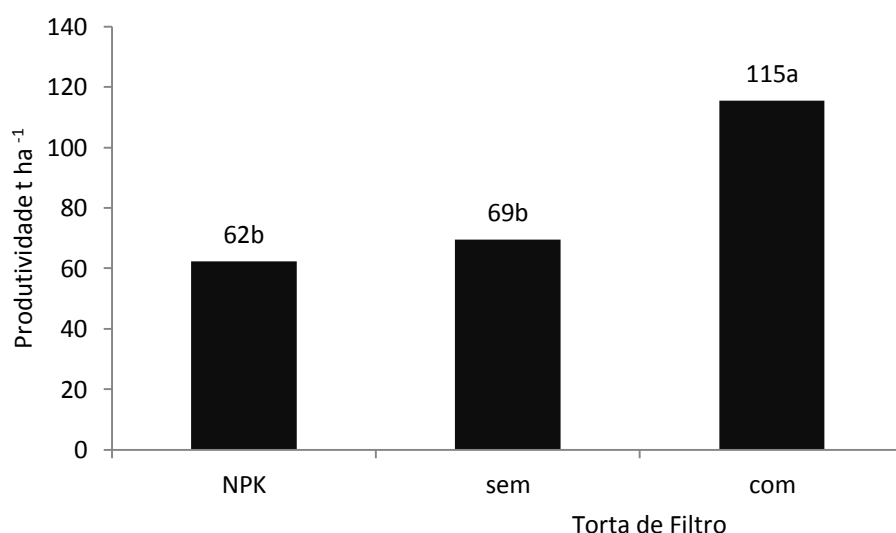
4.5 Número de frutos e produtividade

Ao contrário das variáveis de crescimento, a adição de torta de filtro aumentou o número de frutos de 74 e 54% respectivamente, em relação aos tratamentos com adubação mineral e sem adição de torta de filtro (Figura 9). Com o mesmo comportamento, a torta de filtro elevou a produtividade em 85 e 66% comparado com os tratamentos com adubação mineral e sem adição de torta de filtro, respectivamente (Figura 10).



Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Figura 9. Número de frutos por planta de mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com torta de filtro e NPK.



Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Figura 10. Produtividade de mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com torta de filtro e NPK.

Esses resultados são superiores à média nacional (44 t ha⁻¹), do Nordeste (45 t ha⁻¹) e mundial (17 t ha⁻¹) como apresentado pelo AGRIANUAL (2016). As produtividades alcançadas neste trabalho foram superiores a média 52 t ha⁻¹ obtidos por Mesquita et al. (2007) com mamão ‘Havaí’ pertencente ao grupo solo, entretanto foram inferiores a 119 t ha⁻¹ obtidos por Pastor (2002) para o cultivar Baixinho de Santa Amália, segundo ciclo da cultura, 12 meses de colheita, sob cultivo convencional.

A torta de filtro, composto basicamente orgânico, tem composição química variável e apresenta altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, cálcio e possui, ainda, teores consideráveis de potássio e magnésio (Nunes Júnior, 2005), e expressivas quantidades de Fe, Mn, Zn e Cu (Cerri et al., 1988). Uma dose de 20 t ha⁻¹ de torta de filtro na base úmida ou 5 t ha⁻¹ na base seca (M.S.) pode fornecer 100% do nitrogênio, 50% de fósforo, 15% de potássio, 100% de cálcio e 50% de magnésio (Nunes Júnior, 2005), com isso as plantas adubadas com torta de filtro tiveram um maior aporte de nutrientes e consequentemente maiores produtividades. Essa contribuição fica mais bem entendida quando comparamos a pesquisa realizada pelos autores Marinho et al. (2008) avaliando a mesma cultivar Papaya Golden em solo com médio teor de matéria orgânica, obteve uma produtividade média de 79 t ha⁻¹, próximo ao conseguido pelo tratamento sem torta de filtro (Figura 10).

Verificou-se, que as doses de substância húmicas não influenciaram significativamente a produtividade e o número de frutos comerciais. Pinto et al. (2008) trabalhando com meloeiro usando a aplicação de substâncias húmicas via fertirrigação, observaram que a produtividade obtida nos tratamentos com fertilizante mineral foram maiores do que todas as doses de substâncias húmicas avaliadas 15; 30; 50 L ha⁻¹.

4.6 Expressão relativa de genes

De acordo com os dados obtidos a partir da análise $2^{-\Delta\Delta CT}$, verificou-se efeito significativo para a expressão relativa dos genes: *rbcL*, *ACC oxidase* e *invertase*.

Verificou-se diferença significativa dos tratamentos que receberam 30 e 45 ml por planta de SHs com aplicação de torta de filtro, em relação aos demais tratamentos, para a expressão relativa de *rbcL* e da *invertase* (Figura 11 A e C). Para expressão relativa de *rbcL* em mamoeiro cv. Papaya Golden, todos os tratamentos exceto os receberam 30 e 45 ml por planta de SHs com aplicação de torta de filtro, foram inferiores, entretanto, promoveram diferenças significativas em relação aos tratamentos entre si.

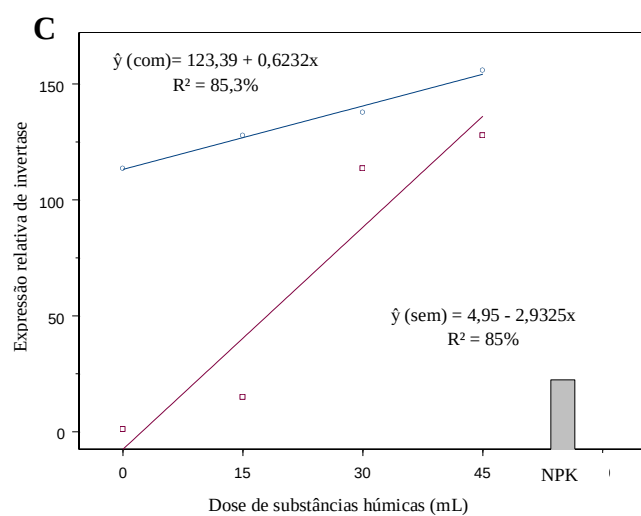
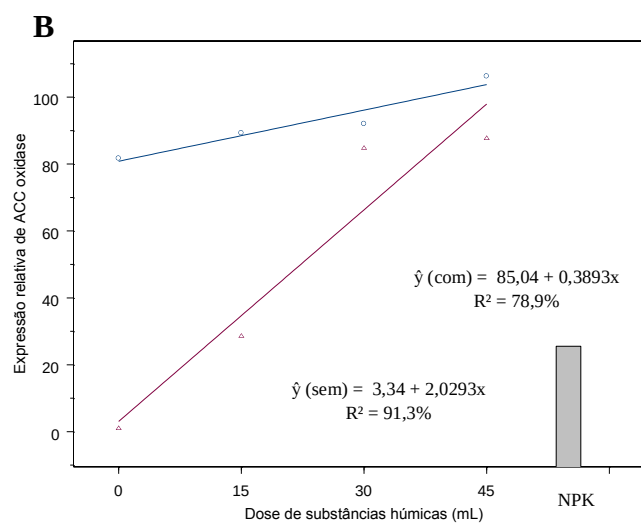
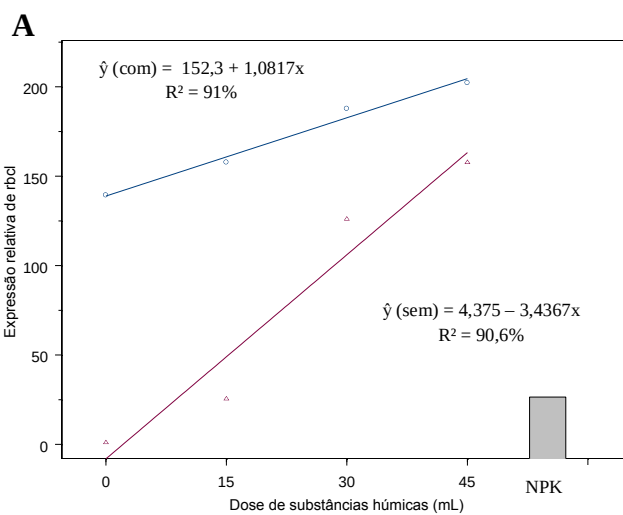


Figura 11. Expressão relativa de fator de transcrição *rbcL* (A), ACC oxidase (B) e inversase (C) de mamoeiro cv. Papaya Golden adubado com e sem torta de filtro, substâncias húmicas e adubação mineral (NPK) = fórmula 20-10-20.

Os valores do tratamento 0 ml por planta SHs + sem torta de filtro e o tratamento com NPK nos pigmentos fotossintéticos deram aproximados (Figura 7), pois são valores absolutos em relação às medidas de quantificação, já existe pigmentos fotossintéticos presentes nos tecidos, independentemente dos tratamentos. Já para os gráficos de expressão, são valores relativos, relativos à 0 ml por planta SHs + sem torta de filtro (logo apresentou-se baixo, pois teria que dar 1), por exemplo: se a amostra calibradora tivesse sido com o tratamento 15 ml por planta SHs + com torta de filtro, os valores dos tratamentos 0 ml por planta SHs + sem torta de filtro e NPK teria sido semelhantes. Apesar do tratamento NPK apresentar os menores valores para varias variáveis e manteve essa tendência durante a expressão dos genes. Porém, algum fator (algum elemento da adubação química (NPK) pode ter desencadeado a expressão destes genes, normal logo que a expressão gênica é controlada principalmente por fatores ambientais que são capazes de modular toda maquinaria genética e bioquímica da planta).

O tratamento 45 ml por planta SHs + com torta de filtro promoveu incrementos de 200x na expressão relativa do gene *rbcL* quando comparado com o tratamento calibrador 0 ml por planta SHs + sem torta de filtro, de 115x na expressão de ACC oxidase e de 158x para expressão do gene para invertase. O tratamento com 30 ml por planta SHs + torta de filtro promoveu acréscimos de 190; 100 e 150x na expressão relativa de *rbcL*, ACC oxidase e invertase, respectivamente, em relação ao tratamento calibrador. De acordo com Cessa et al. (2010) observou que um dos grandes feitos dos ácidos fúlvicos para os cultivos, é a disponibilização do fósforo adsorvido na fração argila, devido os ácidos orgânicos poderem ser adsorvidos aos coloides do solo com grande energia, e competindo com o fósforo pelos sítios de adsorção, aumentando assim sua disponibilidade na solução do solo, ou complexado com íons, como cálcio, formando o precipitado fosfato cálcico, indisponíveis para a maioria dos vegetais. Há duas razões para isto, primeiro os ácidos húmicos complexam (sequestram) o cálcio solúvel e protege os fosfatos da interação cálcio-fosfato, segundo pela ação dos grupos funcionais amina, na adsorção do ânion fosfato, deixando-o disponível para absorção pelas plantas. Já para a torta de filtro, durante o seu processo de produção, a adição de produtos que auxiliam na floculação das impurezas pode aumentar o teor de alguns minerais, principalmente fósforo e cálcio.

A produtividade apresentou elevada correlação com a expressão gênica de *rbcL* ($r=0,99$), ACC oxidase ($r=0,88$) e invertase ($r=0,94$). A expressão relativa de *rbcL* reflete diretamente sobre a assimilação de carbono no ciclo de Calvin, sendo que a expressão do gene *rbcL* em mamoeiro envolve uma via de transdução de sinal complexa, que controla a transcrição de genes para síntese de várias substâncias envolvidas no crescimento ricas em esqueletos de carbono. Estes resultados sugerem que o aumento na assimilação de carbono pela RUBISCO nas folhas mamoeiro pode ser atribuída, pelo menos em parte, ao aumento da atividade e expressão da *rbcL* causada pelo aumento da disponibilidade de nutrientes derivados das substâncias húmicas e da torta de filtro.

A expressão relativa de ACC oxidase reflete diretamente sobre a produção de etileno em mamoeiro, cuja expressão do gene ACC oxidase em mamoeiro fortalece a hipótese do envolvimento direto do etileno no amadurecimento e aumento na velocidade de produção do mamoeiro, onde após a sua síntese o etileno se liga ao seu receptor celular, um complexo protéico trans-membrana, desencadeando processos que culminam no amadurecimento e senescência do fruto (Lelièvre et al., 1997). Entretanto a inibição desse gene pode produzir plantas com maturação de frutos desuniformes.

Pela redução da concentração de O_2 e aumento da concentração de CO_2 , se pode reduzir a atividade respiratória, o crescimento de fungos e os distúrbios fisiológicos (Brackman e Saquet, 1995). Além disso, a diminuição da concentração de O_2 permite reduzir significativamente a produção e a ação do etileno. Este fitoregulador desempenha papel fundamental na regulação do processo deteriorativo intrínseco. Sua via de biossíntese compreende a conversão da S-adenosil-metionina (SAM) em ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) sob a ação da ACC sintase, e a conversão do ACC em etileno, CO_2 e HCN (ácido cianídrico), pela ACC oxidase. O ACC, precursor imediato do etileno, pode ser malonilado, sob a ação da enzima N-malonil transferase (NMT), e ser então transportado para os vacúolos (Kende, 1993).

Durante o amadurecimento um grande número de genes é ativado na presença do etileno, como o da ACC oxidase e da invertase (Brady, 1994; Picton et al., 1995, Bonghi et al., 1996). Diante do exposto o aumento na expressão do gene para invertase ocasiona na diminuição das concentrações de açúcares não-redutores, no final do amadurecimento, isso ocorre simultaneamente com a elevação dos teores de açúcares redutores, devido à ação de invertases, que degradam a sacarose em suas unidades monossacarídicas.

4.7 Análise multivariada

4.7.1 Teores de macro e micronutrientes no solo

Os dois primeiros componentes principais das variáveis químicas do solo explicam 66,7% da variância total (Figura 11). O primeiro componente principal está relacionado com autovetores positivos das variáveis Ca, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn, C, Mo, SB, CTC e V. O segundo componente principal contrasta as variáveis pH, Na, Ca e V com B e Al.

Verificou-se a formação de cinco grupos de tratamentos, sendo o tratamento C-45 o que permitiu obter os maiores teores de Mg, C, MO e de micronutrientes, assim como os maiores valores de SB, CTC e V (Figuras 12). A aplicação da torta de filtro e 30 ml por planta de substâncias húmicas, resultou no maior teor de K e no maior valor de H + Al. Nos tratamentos C-0 e C-15 verificou-se valores intermediários de pH e de V e teor intermediário de B, bem como os menores valores das demais variáveis. Por outro lado, o tratamento do grupo 4 (C-0; S-45 e testemunha) apresentaram valor intermediário de pH e teores intermediários de P, Zn, B e Cu.

Diante desses resultados, observa que o solo em estudo (Argissolo Amarelo), apresenta baixo teor de matéria orgânica (Tabela 2), contudo nos tratamentos onde adicionou torta de filtro junto às doses de substâncias húmicas, houve melhorias na fertilidade do solo, com maior disponibilidade de nutrientes, com destaque para o tratamento C-45.

Em um estudo de quantificação do carbono nas frações húmicas Loss et al.(2016) reportam que alguns parâmetros da fertilidade (Soma de Bases e CTC) se correlacionaram com carbono dos ácidos fúlvicos, húmicos e humina. Solos altamente intemperizados são beneficiados pelas cargas elétricas dos grupamentos funcionais orgânicos da matéria orgânica humificada (substâncias húmicas), elevando a reatividade dos solos (Dobbss et al., 2008)

As características estruturais específicas das substâncias húmicas, incluindo o seu elevado número de grupos funcionais (CO_2H_2 ; OH; fenóis), permite que interajam com íons metálicos. Algumas dessas interações incluem a formação de complexos (quelatos e fosfatos), afetando assim a nutrição dos vegetais (Schiavon et al., 2010, Berbara e García 2014). Porém a intensidade de como afetam a absorção dos nutrientes, variam de acordo com o tipo e a concentração da substância húmica, o pH do meio de cultura e as espécies de plantas (Muscolo et al., 2007; Nardi et al., 2009). Além do mais, autores concluíram em seus trabalhos sobre capacidade das substâncias húmicas em estimular o crescimento radicular em culturas como, tomate (Canellas et al., 2011), pimenta (Cimrin et al., 2010), milho (Jindo et al., 2012), onde esse crescimento proporciona um maior volume de solo explorado aumentando assim a absorção de nutrientes (Adani et al., 1998).

Sánchez-Sánchez et al. (2006), observaram na cultura da uva, aumento na absorção de Fe e P com o uso de um ácido húmico comercial. Em outras culturas como pimenta (Cimrin et al., 2010), pêra (Marino et al., 2010) e pepino (El-Nemr et al., 2012), foram relatados maior absorção de N, P, K, Ca e Mg com o uso das substâncias húmicas. Por outro lado, Aydin et al. (2012) concluíram que o aumento nos teores de nitrato em feijão (*Phaseolus vulgaris*) estava relacionado aos ácidos húmicos que foram usados nos tratamentos.

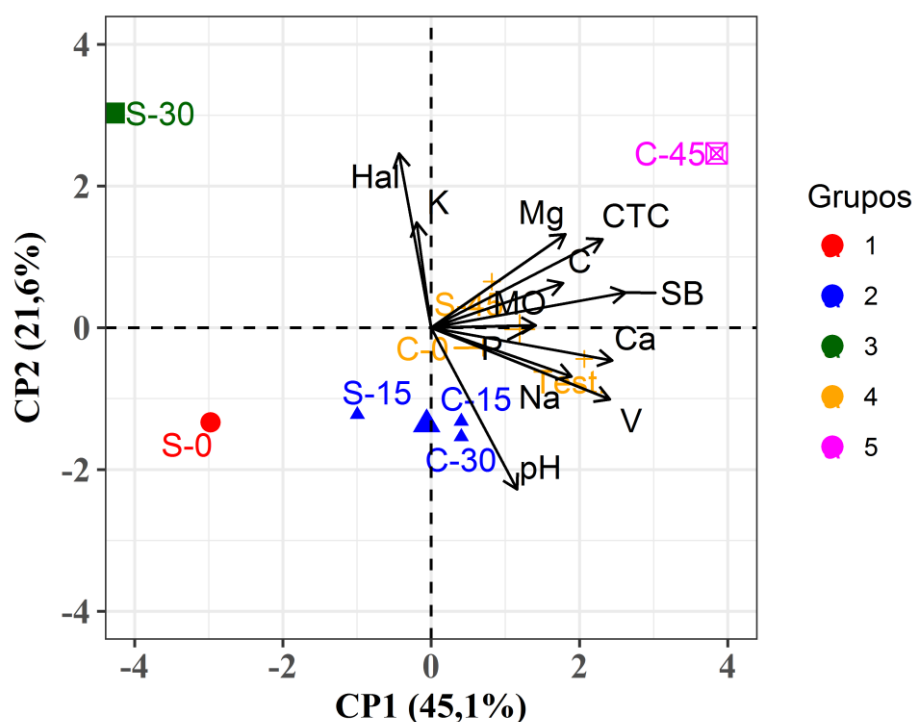
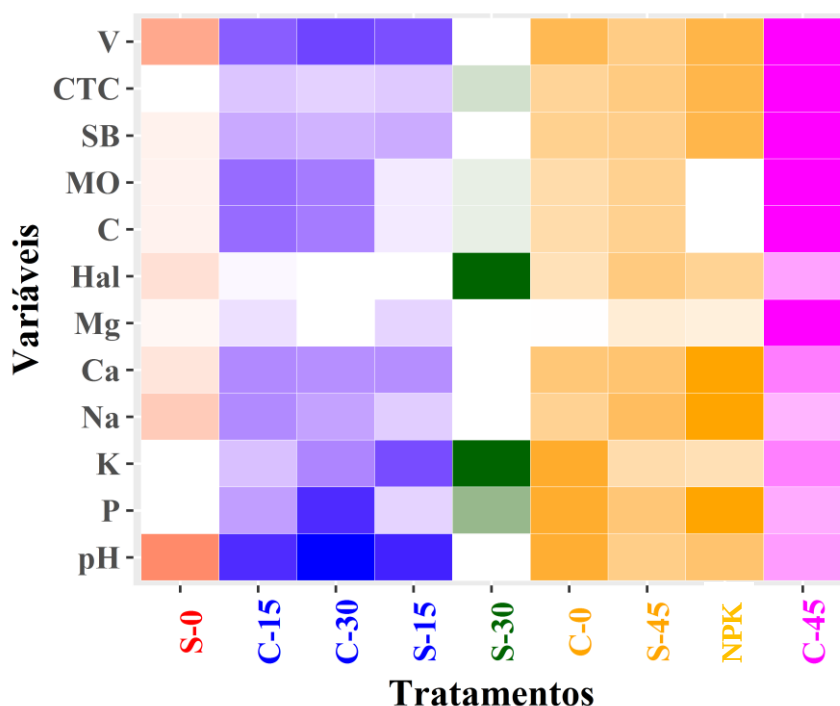


Figura 12 – Dispersão dos atributos químicos do solo e formação de grupos de tratamentos com base nos scores dos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2).



C e S: com e sem aplicação de torta de filtro. NPK = [adubação química 20(N)-10(P)-20(K)]. 0; 15; 30; 45 ml por planta de substâncias húmicas.

Figura 13 – Valores normalizados entre 0 a 1 das variáveis químicas do solo considerando os cinco grupos de tratamentos.

4.7.2 Teores de macro e micronutrientes nas folhas

Os dois primeiros componentes principais dos teores foliares de nutrientes explicam 70,4% da variância total (Figura 13). O primeiro componente principal está relacionado com autovetores positivos de todas as variáveis, exceto P e Mg. O segundo componente principal contrasta as variáveis o teor de Mg com os teores de N e K.

Verificou-se a formação de quatro grupos de tratamentos, sendo que o grupo 1 (S-0 e NPK) propiciou ao menores teores foliares de nutrientes, ao contrário do grupo 2 (S-15) com teores elevados de Mg e dos micronutrientes (Figura 13 e 14). O terceiro grupo (S-30) caracterizou-se pelo maior teor de Mg, enquanto que o quarto grupo (C-0; C-15; C-30; C-45; S-45) apresentou elevados teores de N e de micronutrientes.

A adubação orgânica favorece o aumento da CTC do solo aumentando a disponibilidade de nutrientes para plantas, disponibilidade de água, agregação do solo, entre outros benefícios. Seus grupos funcionais aumentam a superfície específica dando maior estabilidade ao solo, como também fornecendo nutrientes como N, P, S e micronutrientes. Além do mais, as substâncias húmicas importantes reguladores funcionais dos processos químicos e biológicos do solo e das plantas, influenciando na disponibilidade como também

no crescimento do sistema radicular o que acaba explorando um maior volume de solo e absorção de nutrientes, aumentando assim os teores nutricionais (Moreira e Siqueira, 2006).

Baldotto et al. (2009) concluíram que ácidos húmicos isolados de vermicomposto e de torta de filtro promoveram o crescimento vegetal de plantas sendo observados incrementos no crescimento da parte aérea, do sistema radicular e nos conteúdos de N, P, K, Ca e Mg.

Canellas et al. (2008) verificaram que plântulas de milho, tratadas com ácido húmico, modificam o seu perfil de exsudação radicular de ácidos orgânicos, aumentando, significativamente, a extrusão de ácido cítrico e oxálico. Em contato com o ambiente acidificado da rizosfera, as partículas supraestruturais dos ácidos húmicos podem se fragmentar e gerar subunidades potencialmente capazes de alterar o metabolismo celular, por meio da ativação de H^+ -ATPases da membrana plasmática de células de raiz (Canellas et al., 2006). A atividade desses mecanismos leva à acidificação do apoplasto e a ativação de exoenzimas degradadoras de parede celular, tornando-a mais susceptível à ação da pressão de turgescência vacuolar. Com isso, ocorre a expansão celular e, por consequência, a do tecido radicular (Frias et al., 1996). Tal mecanismo pode explicar os resultados obtidos, visto que acúmulo de nutrientes nas plantas esteja relacionado ao maior aporte do sistema radicular principalmente quando submetidos a adubação com torta de filtro e substâncias húmicas. É possível que a ativação das H^+ -ATPases pelos SHs promova a despolarização da membrana plasmática e, com isso, a ativação de transportadores secundários responsáveis pelo incremento da absorção de macro e micronutrientes (Sondergaard et al., 2004).

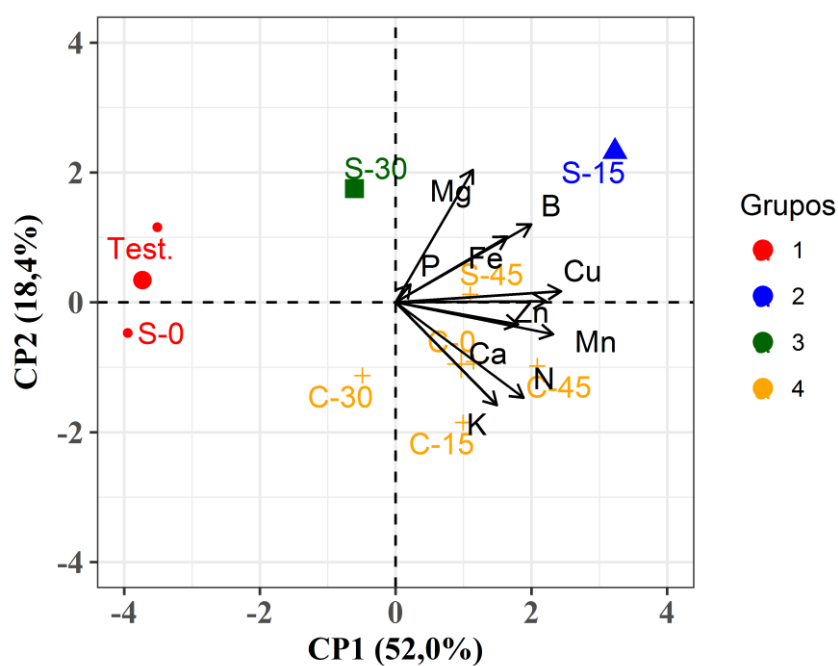
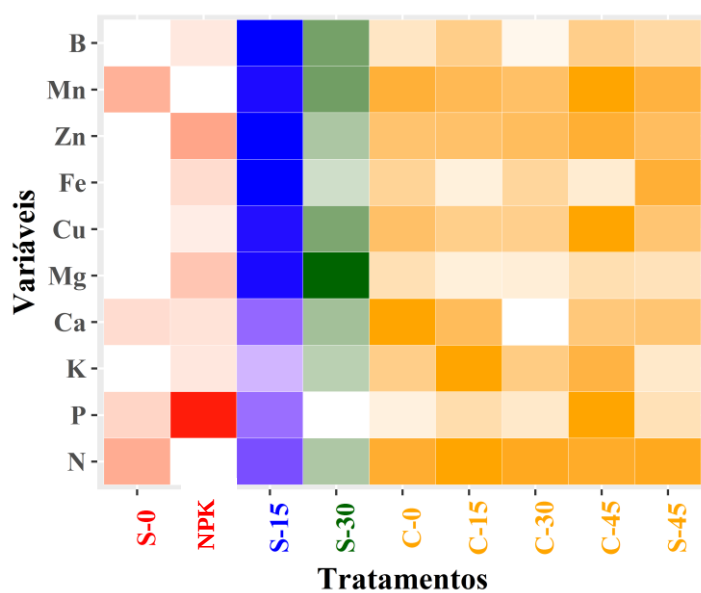


Figura 14 – Dispersão dos teores foliares de nutrientes em mamoeiro e formação de grupos de tratamentos com base nos scores dos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2).



C e S: com e sem aplicação de torta de filtro. NPK = [adubação química 20(N)-10(P)-20(K)]. 0; 15; 30; 45 ml por planta de substâncias húmicas.

Figura 15 – Valores normalizados entre 0 a 1 dos teores foliares de nutrientes em mamoeiro considerando os quatro grupos de tratamentos.

4.7.3 Crescimento e produtividade

Os dois primeiros componentes principais das variáveis relacionadas ao crescimento e produtividade das plantas explicam 70,9% da variância total (Figura 15). O primeiro componente principal está relacionado com autovetores positivos das variáveis relacionadas com a produtividade, e com autovetor negativo da taxa relativa de crescimento em diâmetro. O segundo componente contrasta a altura e a taxa relativa de crescimento em altura com diâmetro.

Verificou-se a formação de quatro grupos de tratamentos, sendo que o grupo 1 (S-0 e NPK) resultou nos menores valores de variáveis relacionadas com a produtividade (Figura 15 e Figura 16), com valores elevados de diâmetro e da taxa relativa de crescimento do diâmetro. Os maiores valores de produtividade foram obtidas com a aplicação de 15, 30 e 45 ml por planta de substâncias húmicas na presença da torta de filtro, correspondente ao terceiro grupo.

As substâncias húmicas, possuem atividade que afetam o crescimento vegetal e a absorção de nutrientes, com também atividade hormonal e tolerância ao estresse. Esses ácidos orgânicos não se limitam apenas à função de reservatório de nutrientes minerais e regulador da liberação para o meio através da troca catiônica (CTC). As substâncias húmicas que são geralmente aplicadas ao solo afetam favoravelmente a estrutura do solo e as populações microbianas. Várias hipóteses têm sido propostas para explicar o efeito dentre estes, incluem a formação de um complexo entre os ácidos orgânicos e íons minerais, interferência na atividade das enzimas na planta, influência sobre respiração e fotossíntese, e estimulação do metabolismo do ácido nucléico, mostrando assim diversas alterações morfológicas nas plantas, levando a mudança no crescimento e produtividade das plantas (Nardi et al., 2009).

Sánchez- Sánchez et al. (2002) trabalhando com aplicações de substâncias húmicas no solo na cultura do limão, que resultou no maior rendimento dos frutos, aumento do peso do fruto, diâmetro equatorial dos frutos e conteúdo de vitamina C. Enquanto El-Nemr et al. (2012), concluiu que os ácidos húmicos promoveram crescimento das plantas de pepino, como também o número de frutos por planta, peso médio do fruto. Já Yildirim (2007) avaliando o efeito de aplicações foliares e no solo de ácido húmico na cultura do tomate, concluiu que esse ácido afetou positivamente as características do fruto, incluindo o diâmetro do fruto, peso médio e número de frutos por planta. Da mesma forma, que também antecipou o início do estágio de produção do tomate em relação ao controle.

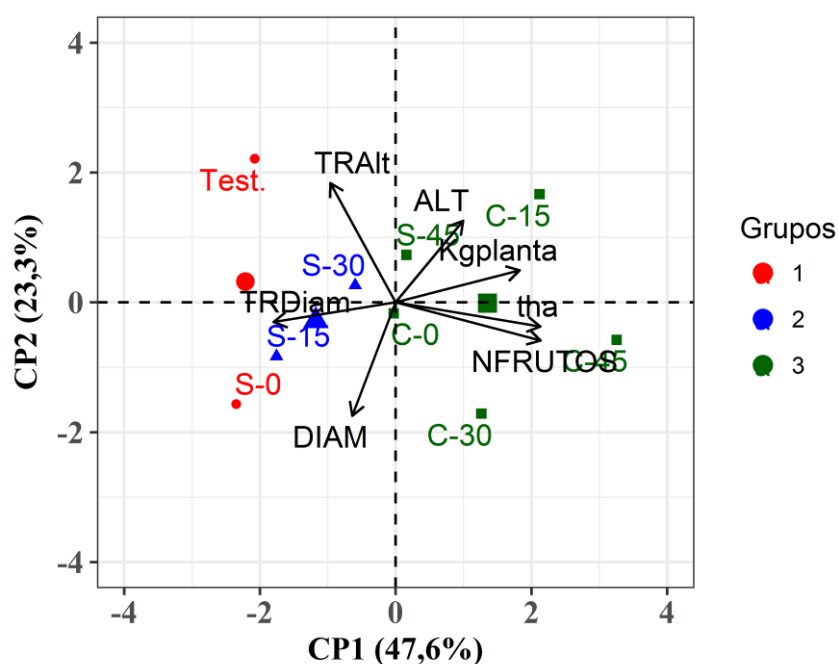
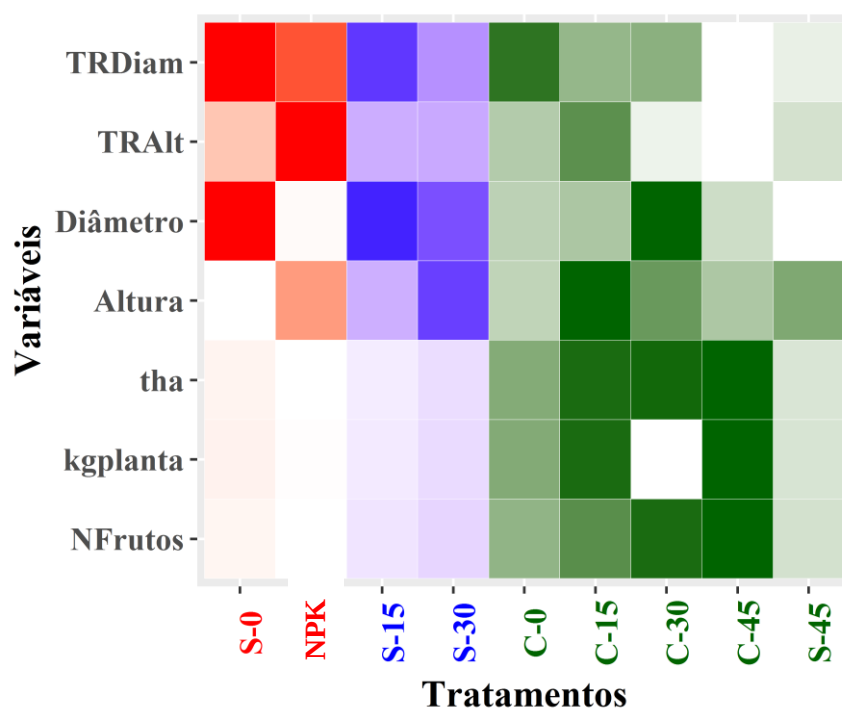


Figura 16 – Dispersão das variáveis relacionadas com o crescimento e a produtividade do mamoeiro e formação de grupos de tratamentos com base nos scores dos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2).



C e S: com e sem aplicação de torta de filtro. NPK = [adubação química 20(N)-10(P)-20(K)]. 0; 15; 30; 45 ml por planta de substâncias húmicas.

Figura 17 – Valores normalizados entre 0 a 1 das variáveis relacionadas com o crescimento e a produtividade do mamoeiro considerando os quatro grupos de tratamentos.

5.CONCLUSÃO

As substâncias húmicas aumentaram as taxas relativas de crescimento da altura e do diâmetro, como também intensificaram a absorção de nutrientes pelas plantas, principalmente o nitrogênio, mas não foram suficientes para elevarem a produtividade. A aplicação de torta de filtro aumentou a fertilidade do solo, o número de frutos e a produtividade do mamoeiro. A concentração de pigmentos fotossintéticos aumentou, como também, a expressão relativa dos genes *rbcL*, ACC oxidase e invertase apresentam maiores valores com aplicação de torta de filtro e a dose máxima de substâncias húmicas. Recomenda-se o uso de 20 L por planta de torta de filtro e de 45 ml por planta de substâncias húmicas para se obter maior crescimento e produtividade do mamoeiro.

6.REFERÊNCIAS

- ABDELHAMID, M.T.; SELIM, E. M.; EL-GHAMIRY, A. M. Integrated effects of bio and mineral fertilizers and humic substances on growth, yield and nutrients contents of fertigated cowpea (*Vigna unguiculata* L.) grown on sandy soils. **Journal of Agronomy**, v.10, p.34-39, 2011.
- ADANI, F.; GENEVINI, P.; ZACCHEO, P.; ZOCCHI, G. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, p.561-575, 1998.
- ALMEIDA, D. J.; **Fertilidade do solo e produtividade do mamoeiro em um argissolo amarelo em função de doses de substâncias húmicas e torta de filtro**. 2017. 80f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- ALMEIDA JÚNIOR, A. B. **Adubação orgânica em cana-de-açúcar: efeitos no solo e na planta**. 2010. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B.; GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 1004-1013, 2011.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**. Michelle Treichel (et al). Santa Cruz do Sul, RS, Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 88p.
- ALVARES, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Moraes, G.; José, L.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V.H., (ed). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.25-32.
- ALVES, W. L.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. Efeito de composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 729-736, 1999.
- AYDIN, A.; KANT, C.; TURAN, M. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. **African Journal of Agricultural Research**, v.7, p.1073-1086, 2012.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A. Growth and production of ornamental sunflower grown in the field in response to application of humic acids. **Ciência Rural**, v. 45, n. 5, p. 1000-1005, 2015.

BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; GIRO, V. B.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; BRESSAN-SMITH, R. Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, 979-990, 2009.

BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; SOARES, R. R.; MARTINEZ, H. E. P.; VENEGAS, V. H. A. Adventitious rooting in cuttings of croton and hibiscus in response to indolbutyric acid and humic acid. **Revista Ceres**, v.59, p.476-483, 2012.

BALDOTTO, M. A.; CANELLAS, L. P.; CANELA, M. C.; SIMÕES, M. L.; MARTINETO, L.; FONTES M. P. F.; VELLOSO, A. C. X. Propriedades redox e grupos funcionais de ácidos húmicos isolados de adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.465-475, 2007.

BALDOTTO, M. A.; ROSA, R. C. C.; CANELLAS, L. P.; RANGEL, T. P.; SALOMÃO, M. S. M. B.; REZENDE, C. E. Capacidade de oxidação como índice de estabilidade da matéria orgânica de sedimentos de acordo com gradiente fluvial-estuarino do Rio Paraíba do Sul. **Química Nova**, v.34, p.973- 978, 2011.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p.7-18.

BARBIERI JUNIOR, E. **Características estruturais, teores de clorofila e suas relações com o nitrogênio foliar e a biomassa em capim-Tifton 85**. Seropédica, 2009. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

BARRETO, P. D.; ARAÚJO FILHO, G. C. Variabilidade quanto à absorção de nutrientes em mamão. **Ciência Agronômica**, v. 33, p. 48-54, 2002.

BERBARA, R. L. L.; GARCÍA, A. C. Humic substances and plant defense metabolism. In: Ahmad P, Wani MR (eds) **Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment**. Springer Science+Business Media, New York, 2014, p.297-319.

BONDADA, B.R.; SYVERTSEN, J.P. Concurrent changes in net CO₂ assimilation and chloroplast ultrastructure in nitrogen deficient citrus leaves. **Environmental and Experimental Botany**, v.54, p.41-48, 2005.

BOLONHEZI, A. C.; FERNANDES, F. M.; TEIXEIRA, E. B.; VALÉRIO FILHO, W. V.; SCHIMITZ, G. A. F. Ácidos húmicos e fúlvicos aplicados no sulco de plantio de cana-de-açúcar em solo de cerrado In: CONGRESSO NACIONAL, a STAB, 9., Maceió, 2008. **Anais...** Maceió: STAB. 2008, p.559-564.

BONGHI, C.; PAGNI, S.; VIDHIH, R. Cell wall hydrolases and amylases in kiwifruit softening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 19-29, 1996.

BRACKMAN, A.; SAQUET, A. A. Armazenamento de maçã cv. Gala em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, p. 55-60, 1995.

BRADY, C.J. Biochemical and molecular approaches to fruit ripening and senescence. In: CHAMP, B.R.; HIGHLEY, E.; JOHNSON, G.I. **Postharvest handling of tropical fruits: Proceedings of an International Conference Held at Chiang Mai**. Thailand, ACIAR, p.205- 217. 1994.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica do fósforo em extrato de solo e plantas. **Revista Ceres**, v.21, p.73-85, 1974.

BRITO NETO, J.F.; PEREIRA, W.E.; CAVALCANTI, L.F.; ARAÚJO, R.C.; LACERDA, J.S. Produtividade e qualidade de frutos de mamoeiro ‘Sunrise Solo’ em função de doses de nitrogênio e boro. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, p.69-80, 2011.

BRITO NETO, J. F.; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTI, L. F.; DA COSTA ARAÚJO, R.; DA SILVA SOARES, E. B.; DE LACERDA, J. S. Efeito da adubação orgânica e verde sobre o desenvolvimento do mamoeiro e as características químicas do solo. **Engenharia Ambiental**, v. 7, p. 159-168, 2010.

CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, L. F.; DE ALBUQUERQUE MORAIS, T.; DE MENEZES JÚNIOR, J. C.; DA SILVA PRAZERES, S. Potássio, biofertilizante bovino e cobertura do solo: Efeito no crescimento do maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 3, p.78-86, 2008.

CAMPOSTRINI, E.; MARINHO, C. S.; YAMANYSHI, O. K.; MATOS, A. T. Teores foliares de nutrientes e produção do mamoeiro cultivado em duas propriedades efetivas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 97-101, 2001.

CANELLAS, L. P.; DANTAS, D. J.; AGUIAR, N. O.; PERES, L. E. P.; ZSÖGÖN, A.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; FAÇANHA, A. R.; NEBBIOSO, A.; PICCOLO, A. Probing the hormonal activity of fractionated molecular humic omponents in tomato auxin mutants. **Annals of Applied Biology**, v.159, p.202–211, 2011.

CANELLAS, L. P.; SPACCINE, R.; PICCOLO, A.; DOBBSS, L. B.; OKOROKOVA, F.; SANTOS, G. D. A.; OLIVARES, F. L.; FAÇANHA, A. R. Relationships between chemical characteristics and root growth promotion of humic acids isolated from Brazil oxisols. **Soil Science**, v.174, p.611-620, 2009.

CANELLAS, L. P.; TEIXEIRA JUNIOR, L. R. L.; DOBBSS, L. B.; SILVA, C. A.; MEDICI, L. O.; ZANDONADI, D. B.; FAÇANHA, A. R. Humic acids crossinteractions with root and organic acids. **Annals of Applied Biology**, v.153, p.157-166, 2008.

CANELLAS, L.P.; ZANDONADI, D.B.; OLIVARES, F.L.; FAÇANHA, A.R. Efeitos fisiológicos de substâncias húmicas - o estímulo às H⁺-ATPases. In: FERNANDES, M.S., org. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.175-200.

CANESIN, R. C. F. S.; CORRÊA, L. S. Uso de esterco associado à adubação mineral na produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.481-486, 2006.

CANILHA, L.; CARVALHO, W.; ROCHA, G.J.M.; ALMEIDA E SILVA, J.B.; GIULIETTI, M. Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar in natura, extraído com etanol ou ciclohexano/etanol. **47º Congresso Brasileiro de Química**, Natal-RN, 17 a 21/09/2007.

CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of papaya (*Carica papaya* L.): a review. **Experimental Agriculture**, v. 50, p. 270–283, 2014.

CAVALCANTI, F. J. DE A.; LIMA JÚNIOR, M. A.; LIMA, J. F. W. F. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3 ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA, 2008. 212p.

CERRI, C.C.; VOLKOFF, B. Matéria orgânica de três solos dos campos inundáveis da Ilha de Marajó/PA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.93-100, 1988.

CESSA, R. M. A.; VITORINO, A. C. T.; CELI, L.; NOVELINO, J. O.; BARBERIS, E. Phosphorus adsorption by clay fractions in the presence of fulvic acid. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1535-1542, 2010.

CIMRIN, K. M.; ÖNDER, T.; TURAN, M.; BURCU, T. Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. **African Journal of Biotechnology**, v.9, p.5845–5851, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira de Cana de Açúcar, Safra 2016/2017**. Brasília: CONAB. 2016.

CORTEZ, L; MAGALHÃES, P.; HAPP, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, v.2, p.111-146, 1992.

CRUZ, J.L. **Efeitos de níveis de nitrato sobre o metabolismo do nitrogênio, assimilação do CO₂ e fluorescência da clorofila a em mandioca**. 2001. 87f. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; CARVALHO, J. E. B.; SOUZA FILHO, L. F. S.; QUEIROZ, D. C. (2007). Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro ‘Golden’. **Ciência Rural**, v.37, p.64-71, 2007.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.56-63, 2012

CUNHA, M. D. S.; CAVALCANTE, Í. H. L.; MANCIN, A. C.; ALBANO, F. G.; MARQUES, A. S. Impact of humic substances and nitrogen fertilising on the fruit quality and yield of custard apple. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.37, p.211-218, 2015.

CUNHA, T.J.F.; MADARI, B.E.; BENITES, V.M.; CANELLAS, L.P.; NOVOTNY, E.H.; MOUTTA, R.O.; TROMPOWSKY, P.M. & SANTOS, G.A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazonica**, v.37, p.91-98, 2007.

DANTAS, J. L. L.; JUNGHANS, D. T.; LIMA, J. F. de. **Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013.170p.

DELFINE, S.; TOGNETTI, R.; DESIDERIO, E.; ALVINO, A. Effects of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. **Agronomy for Sustainable Development**, v.25, p.183-191, 2005.

DOBBSS, L. B.; L. P. CANELLAS.; L. R. F. ALLEONI.; C. E. D. REZENDE.; M. P. F. FONTES.; A. C. X. VELLOSO. Eletroquímica de latossolos brasileiros após a remoção da matéria orgânica humificada solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.985-996, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 3º Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2011. 230p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 353p.

EYHERAGUIBEL, B.; SILVESTRE, J.; MORARD, P. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. **Bioresource Technology**, v.99, p.4206-4212, 2008.

EL-NEMR, M. A.; EL-DESUKI, M.; EL-BASSIONY, A. M.; FAWZY, Z. F. Response of growth and yield of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) to different foliar applications of humic acid and bio-stimulators. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.6, p.630–637, 2012.

FAÇANHA, A.R.; FAÇANHA, A.R.; OLIVARES, F.L.; VELLOSO, A.C.X.; BRAZ-FILHO, R.; SANTOS, G.A.; CANELLAS, L.P. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento de prótons. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1301-1310, 2002.

FALCÃO, N. P. S.; BORGES, L. F. Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia central no estado nutricional e na produtividade do mamão Havaí (*Carica papaya* L.). **Acta Amazonica**, v. 36, p. 401-406, 2006.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <<http://faostat3.fao.org/home/e>>. Acesso em: 01 de novembro de 2016.

FERRARA, G.; BRUNETTI, G. Influence of foliar applications of humic acids on yield and fruit quality of table grape cv. Itália. **Journal International Sciences de la Vigne et du Vin**, v.42, p.79-87, 2008.

FRAVET, P. R. F. **Doses e formas de aplicação de torta de filtro na produção de cana soca**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/solos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

FRIAS, I.; CALDEIRA, M.T.; PEREZ CASTINEIRA, J.R.; AVARRO AVINO, J.P.; CULIANEZ MACIA, F.A.; KUPPINGER, O.; STRANSKY, H.; PAGES, M.; HAGER, A. & SERRANO, R. A major isoform of the maize plasma membrane H⁺-ATPase, characterization and induction by auxin in coleoptiles. **Plant Cell**, v.8, p.1533-1544, 1996.

GOEDERT, W. J.; OLIVEIRA, S. A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. A.; BARROS, N. F. de.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds) **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.991-1017.

HISCOX, J. D.; ISRAELTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v. 57, p. 1332-1334, 1979.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Consultado em 11 de janeiro de 2017.

JÉLIC, G.; BOGDANOVIC, M. Antagonism between abscisic acid and cytokinin in chlorophyll synthesis in pine seedlings. **Plant Science**, v. 61, p. 197-202, 1989.

JINDO, K.; MARTIM, S. A.; NAVARRO, E. C.; PÉREZ-ALFOCEA, F.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C.; AGUIAR, N. O.; CANELLAS, L. P. Root growth promotion by humic acids from composted and noncomposted urban organic wastes. **Plant Soil**, v.353, p.209-220, 2012.

KAUR, K.; KAPOOR, K.; GUPTA, A. P. Impact of organic manures with and without mineral fertilizers on soil chemical and biological properties under tropical conditions. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 168, p. 117-122, 2005.

KORNDORFER, G. H.; ANDERSON, D. L. Use and impact of sugaralcohol residues vinasse and filter cake on sugarcane production in Brazil. **Sugar Azucar**, v.92, p.26-35, 1997.

KENDE, H. Ethylene biosynthesis. **Annual review of plant biology**, v. 44, p. 283-307, 1993.

KONONOVA, M.M. **Matéria orgânica del suelo**: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Barcelona: Oikos-tau, 1982. 365p.

LAGREID M.; BOCKMAN O.C.; KAARSTAD O. **Agriculture, fertilizers and the environment**. Cambridge: CABI, 1999. 320p.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.821-832, 2003.

LELIÈVRE, J.M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.C. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, v.101, p.727-739, 1997.

LI, R.; SHI, F.; FUKUDA, K.; YANG, Y. Effects of salt and alkali stresses on germination, growth, photosynthesis and ion accumulation in alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Soil Science & Plant Nutrition**, v.56, p.725-733, 2010.

LIONETTI, V.; CERVONE, F.; BELLINCAMPI, D. Methyl esterification of pectin plays a role during plant-pathogen interactions and affects plant resistance to diseases. **Journal of Plant Physiology**, v.169, p. 1623-1630, 2012.

LOSS, A.; M. G. PEREIRA.; E. MENDES COSTA.; S. J. BEUTLER.; M. DE CÁSSIA PICCOLO. Soil fertility, humic fractions and natural abundance of ^{13}C and ^{15}N in soil under different land use in paraná state, southern brazil. **Idesia (Arica)**, v.34, p.27-38, 2016.

LUZ, L. R. Q. P.; LIMA, P. C.; REIS, R. M. G.; BARROS, A. H.C. Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco. **Boletim de Pesquisa**, Recife: Embrapa Solos/UEP; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, n.11, 2000. 382p.

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

MARINARI, S.; LIBURDI, K.; CORRADINI, D.; GREGO, S. Reversed-phase high performance liquid chromatographic profile of organic fractions extracted by solvents with different polarity as a tool to evaluate the hydrophobic character of soil under different management. **Soil & Tillage Research**, v. 109, p. 36-40, 2010.

MARINHO, A. B.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. D.; PEREIRA, M. G.; MONNERAT, P. H. Produtividade e qualidade de frutos de mamão cultivar'Golden'sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio no norte de Espírito Santo. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.417-426, 2008.

MARINHO, C. S.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C.; MARINS, L. S. D; VIEIRA, A. Análise química do pecíolo e limbo foliar como indicadora do estado nutricional dos mamoeiros Solo e Formosa. **Scientia Agrícola**, v.59, p. 373-381, 2002.

MARINO, G.; CELLINI, A.; MASIA, A.; SIMONI, A.; FRANCIOSO, O.; GESSA, C. In vitro treatment with a low molecular weight humic acid can improve growth and mineral uptake of pear plantlets during acclimatization. **Acta Horticulturae**, v.884, p.565-572, 2010.

MESQUITA, E. F.; CAVALCANTE, L. F.; GONDIM, S. C.; LUCENA CAVALCANTE, I. H.; RODRIGUES DE ARAUJO, F. A.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Produtividade e qualidade de frutos do mamoeiro em função de tipos e doses de biofertilizantes. **Semina Ciências Agrárias**, v.28, p.589-596, 2007.

MORA, V.; BACAICOA, V.; ZAMARREÑO, A. M.; AGUIRRE, E.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; GARCÍA-MINA, J. M. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. **Journal of Plant Physiology**, v.167, p.633-642, 2010.

MORA, V.; BAIGORRI, R.; BACAICOA, E.; ZAMARREÑO, A. M.; GARCÍA-MINA, J. M. The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber. **Environmental and Experimental Botany**, v.76, p.24-32, 2012.

MOREIRA, F. M. S. SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MOURA FILHO, G.; SILVA, L. C.; MOURA, A. B. Uso da torta de filtro e vinhaça em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS, 2., 2011, Vitória. **Anais...** . Vitória: DCM/Incaper, 2011. p. 1-2.

MURPHY, J.; RILEY, J.P.A. A modified simple solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica chimica acta**, v.27, p.31-36, 1962.

MUSCOLO, A.; SIDARI, M.; FRANCIOSO, O.; TUGNOLI, V.; NARDI, S. The auxin-like activity of humic substances is related to membrane interactions in carrot cell cultures. **Journal of Chemical Ecology**, v.33, p.115–129, 2007.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.34, p.1527-1536, 2002.

NARDI, S.; CARLETTI, P.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A. (2009) Biological activities of humic substances. In: Senesi, N.; Xing, B.; Huang, P.M. (eds) **Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems**. New Jersey, Wiley, Hoboken, p.305-339, 2009.

NARDIN, R. R. **Torta de filtro aplicada em Argissolo e seus efeitos agronômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. 39f. Dissertação Mestrado

NASCIMENTO, J. M. L.; SANTOS, M. R. B.; QUEIROZ, M. A. Á.; YANO-MELO, A. M. Desenvolvimento vegetativo e associação micorrízica em plantas de mandioca adubadas com resíduo agroindustrial. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.727-734, 2014.

NASCIMENTO, L. S. do; NEVES, S. C. E.; CORRÊA, S. A. Utilização de bagaço de cana e torta de filtro como substrato orgânico para produção de mudas de *Eucalyptus*. **Revista Funec Científica**, v. 2, p. 1-15, 2013.

NEBBIOSO, A.; PICCOLO, A.; LAMSHOFT, M.; SPITELLER, M. Molecular characterization of an end-residue of humeomics applied to a soil humic acid. **RSC Advances**, v.4, p.23658-23665, 2014.

NUNES JÚNIOR, D. O insumo torta de filtro. **IDEA News**, Ribeirão Preto, 2005.

NUNES JÚNIOR, D. Torta de filtro: de resíduo a produto nobre. **Revista Idea News**, v.8, p.22-30, 2008.

NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; DE LIMA NETO, A. J.; DA SILVA, J. A.; DE LUNA SOUTO, A. G.; DA ROCHA, L. F. Humitec® e cobertura morta do solo no crescimento inicial da goiabeira cv. 'Paluma' no campo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.8, p.89-96, 2014.

OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F. S.; RAIJ, B. V.; MAGALHÃES, A. F. J.; BERNARDI, A. C. C. **Nutrição, calagem e adubação do mamoeiro irrigado**. Cruz das Almas – BA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004.10p. (EMBRAPA, Circular Técnica 69).

PARAÍBA, Governo do Estado. **Atlas Geográfico da Paraíba**. João Pessoa, Secretaria de Educação/UFPB. 1985, 100 p.

PASTOR, M. C. R. Consideraciones sobre la utilización de diferentes densidades en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) 'Baixinho de Santa Amália' em Islãs Canárias. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p.707-710, 2002.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo – decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 911-920, 2008.

PEREIRA, J. R.; FERREIRA, G. B.; GONDIM, T. D. S.; SANTOS, J. D.; VALE, D. G. Adubação orgânica com torta de filtro de cana-de-açúcar no algodoeiro semiperene BRS 200 no cariri cearense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2005. p. 1-5.

PICTON, S.; GRAY, J.E.; GRIERSON, D. Ethylene genes and fruit ripening. In: DAVIES, P.J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. 2. ed. Academic Press, 1995, p.372-394.

PINTO, J. M.; GAVA, C. A. T.; LIMA, M. A. C.; SILVA, A. F.; DE RESENDE, G. M. Cultivo orgânico de meloeiro com aplicação de biofertilizantes e doses de substância húmica via fertirrigação. **Ceres**, v.55, p.280-286, 2008.

PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. D. R.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1997-2005, 2008.

PUGLISI, E.; PASCAZIO, S.; SUCIU, N.; CATTANI, I.; FAIT, G.; SPACCINI, R.; CRECCHIO, C.; PICCOLO, A.; TREVISAN, M. Rhizosphere microbial diversity as influenced by humic substance amendments and chemical composition of rhizodeposits. **Journal of Geochemical Exploration**, v.129, p.82-94, 2013.

REBELATO, M. G.; MADALENO, L. L.; RODRIGUES, A. M. Ponderação do impacto ambiental dos resíduos e subprodutos da produção industrial sucroenergética. **Revista Gestão Industrial**, v. 9, p. 392-415, 2013.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Minas Gerais: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

ROCHA, J.C.; ROSA, A.H. **Substâncias húmicas aquáticas – interações com espécies metálicas**. São Paulo, UNESP, 2003. 110p.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Problemas nutricionais dos solos nas novas fronteiras canavieiras. **Revista Idea News**, v.8, p.78-90, 2008.

SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, A.; SÁNCHEZ-ANDREU, J.; JUÁREZ, M.; JORDÁ, J.; BERMÚDEZ, D. Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate Fe EDDHA in lemon trees. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.2433–2442, 2002.

SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, A.; SÁNCHEZ-ANDREU, J.; JUÁREZ, M.; JORDÁ, J.; BERMÚDEZ, D. Improvement of iron uptake in table grape by addition of humic substances. **Journal of Plant Nutrition**, v.29, p.259–272, 2006.

SANTANA, C. T. C.; SANTANA, C. T. C.; SANTI, A.; DALLACORT, R.; SANTOS, M. L.; MENEZES, C. B. Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 22-29, 2012.

SANTANA, J. G. S.; MOZENA, W. L.; CUNHA, P. P.; FERNANDES, E. P.; VAZ, E. R. R.; PAULA, C. D. Níveis de suficiência para análise foliar de mamão (*Carica papaya* L. cv. Sunrise Solo), no Estado de Goiás, obtidos por diferentes procedimentos de cálculo dos índices DRIS. **Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**, v. 26, 2004.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. DE A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.443-449, 2011.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análise química de plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 56p. 1974.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT 9.4 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2013. 8621 p.

SCHIAVON, M.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VACCORO, S.; FRANCIOSO, O.; NARDI, S. High molecular size humic substances enhance phytylpropanoid metabolism in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Chemical Ecology**, v.36, p.662-669, 2010.

SELIM, E. M.; EL-NEKLAWY, A. S.; EL-ASHRY, S. M. Beneficial Effects of humic substances on soil fertility to fertigated potato grown on sandy soil. **Libyan Agriculture Research Center Journal International**, v.1, p.255-262, 2010.

SELIM, E. M.; MOSA, A. A.; EL-GHAMAY, A. M. Evolution of humic substances fertigation Though surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egypton Sandy soil conditions. **Agricultural Water Management**, v.96, p.1218-1222, 2009.

SILVA FILHO; A.V.; SILVA, M. I. V. Importância das substâncias húmicas para a agricultura. **Anais do II Emepa-Simpósio Nacional sobre as culturas do Inhame e do Taro**, 2002.

SILVA, A. C.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L.B.; AGUIAR, N.O.; FRADE, D. O. R.; REZENDE, C. E.; PERES, L. E. P. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1609-1617, 2011.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Genesis, 2004. p.73-99.

SILVA, R. M.; JABLONSKI, A.; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JÚNIOR, P. Desenvolvimento das raízes do azevém cultivado em solução nutritiva completa, adicionada de substâncias húmicas, sob condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1623-1631, 2000.

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C.; ALSINA, O. L. S. Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.2, p.27-32, 2007.

SOUZA, L. da S. Uso e manejo dos solos coesos do tabuleiros costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1996, Cruz das Almas. **Anais**. Aracaju : Embrapa-CPATC, 1996. p.36-75.

SONDEGAARD, T.E.; SCHULZA, A. & PALMGREN, M.G. Energization of transport processes in plants. Roles of plasma membrane H⁺-ATPase. **Plant Physiology**, v.136, p.2475-2482, 2004.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: John Wiley & Sons, 1994. 496p.

TAHIR, M.M.; KHURSHID, M.; KHAN, M.Z.; ABBASI, M.K.; KAZMI, M.H. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. **Pedosphere**, v.21, p.124-131, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).

TEIXEIRA DA SILVA, J. A.; RASHID, Z.; NHUT, D. T.; SIVAKUMAR, D. Papaya (*Carica papaya* L.): biology and biotechnology. **Tree and Forestry Science and Biotechnology**, v. 1, p. 47-73, 2007.

TEJADA, M.; GONZALEZ, J.L. Effect of foliar application of a byproduct of the two-step olive oil mill process on rice yield. **European Journal of Agronomy**, v. 21, p. 31-40, 2004.

TREVISAN, S.; PIZZEGHELLO, D.; RUPERTI, B.; FRANCIOSO, O.; SASSI, A. Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in *Arabidopsis*. **Plant Biology**, v.12, p.604-614, 2010.

VARANINI, Z.; PINTON, R.; DE BIASE, M.G.; ASTOLFI, S.; MAGGIONI, A. Low molecular weight humic substances stimulate H^+ -ATPase activity of plasma membrane vesicles isolated from oat (*Avena sativa* L.) roots. **Plant Soil**, v.153, p.61-69, 1993.

VASCONCELOS, R. D.; CANTALICE, J. R. B.; OLIVEIRA, V. D.; COSTA, Y. D.; CAVALCANTE, D. M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.309-316, 2010.

WAHID, A. Physiological implications of metabolite biosynthesis for net assimilation and heat-stress tolerance of sugarcane (*Saccharum officinarum*) sprouts. **Journal of Plant Research**, v. 120, p. 219-228, 2007.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, p. 307-313, 1994.

WOLF, B. Improvements in azomethine-H method for determination of boron. **Committee Soil Science Plant Analysis**, v.5, p.39-44, 1974.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.19, p.1467-1476, 1988.

YILDRIM, E. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science**, v.57, p.182-186, 2007.

7.ANEXOS

Tabela 8. Resumos das análises de variância referente aos teores do solo de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e carbono orgânico (CO)

Fonte de Variação	GL	P	K	Ca	Mg	CO
Bloco	2	37.01 ^{ns}	9474.10 ^{ns}	3.35 ^{ns}	0.322 ^{ns}	2.05 ^{ns}
Torta filtro (T)	1	134.64 ^{ns}	620.23 ^{ns}	1.86*	0.301 ^{ns}	63.88*
SHs	3	25.53 ^{ns}	3077.94 ^{ns}	0.92 ^{ns}	0.705 ^{ns}	16.02 ^{ns}
T x SHs	3	50.36 ^{ns}	19851.07 ^{ns}	0.46 ^{ns}	0.405 ^{ns}	0.79 ^{ns}
TRA vs NPK	1	117.29 ^{ns}	4136.81 ^{ns}	3.78 ^{ns}	0.005 ^{ns}	23.66 ^{ns}
SHs linear	1	21.75 [*]	1771.73 ^{ns}	0.53 ^{ns}	1.123 ^{ns}	36.65 ^{ns}
SHs quad	1	0.10 ^{ns}	3827.78 ^{ns}	0.67 ^{ns}	0.490 ^{ns}	5.64 ^{ns}
SHs linear/sem	1	17.53 ^{ns}	858.65 ^{ns}	0.74 ^{ns}	1.876 ^{ns}	24.43 ^{ns}
SHs quad/sem	1	0.45 ^{ns}	13628.74 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.880 ^{ns}	1.06 ^{ns}
SHs linear/com	1	116.28*	7890.73 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.016 ^{ns}	13.09 ^{ns}
SHs quad/com	1	0.04 ^{ns}	41713.29 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.002 ^{ns}	5.42 ^{ns}
Resíduo	16	32.07	10670.66	1.76	0.48	9.25
Total	26	-	-	-	-	-
CV (%)		20.51	44.96	42.32	18.59	25.82

GL – grau de liberdade; Significativo a 0,05 (*) de probabilidade; (ns) não significativo; CV – coeficiente de variação. SHs – substâncias húmicas.

Tabela 9. Resumos das análises de variância referente aos teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg)

Fonte de Variação	GL	N	P	K	Ca	Mg
Bloco	2	0.37 ^{ns}	0.015 ^{ns}	0.023 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.00003 ^{ns}
Torta filtro (T)	1	3.20 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.210 ^{ns}	0.036 ^{ns}	0.050 ^{ns}
SHs	3	0.82 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.016 ^{**}	0.105 ^{ns}	0.0212 ^{ns}
T x SHs	3	0.62 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.161 ^{ns}	0.0450 ^{ns}
TRA vs NPK	1	10.33 ^{**}	0.035 ^{ns}	0.040 ^{ns}	0.182 ^{ns}	0.003 ^{ns}
SHs linear	1	0.58 ^{ns}	0.013 ^{ns}	0.016 [*]	0.022 ^{ns}	0.006 ^{ns}
SHs quad	1	0.07 ^{ns}	0.0014 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.056 [*]
SHs linear/sem	1	0.001 ^{ns}	0.0353 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.244 ^{ns}	0.0002 ^{ns}
SHs quad/sem	1	0.02 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.210 ^{ns}	0.007 ^{ns}
SHs linear/com	1	1.23 [*]	0.0006 [*]	0.011 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.012 ^{ns}
SHs quad/com	1	0.30 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.019 ^{ns}	0.177 [*]
Resíduo	16	0.33	0.006	0.009	0.08	0.015
Total	26	-	-	-	-	-
CV (%)		12.59	11.50	4.28	11.05	19.22

GL – grau de liberdade; Significativo a 0,05 (*) de probabilidade; (ns) não significativo; CV – coeficiente de variação. SHs – substâncias húmicas.

Tabela 10. Resumos das análises de variância referente à expressão dos genes *rbcL*, ACC oxidase e invertase, e os pigmentos clorofila *a* e *b* e carotenóides

Fonte de Variação	GL	<i>rbcL</i>	ACC oxidase	Invertase	Clor <i>a</i>	Clor <i>b</i>	Carotenóides
Bloco	2	2.04 ^{ns}	1.20 ^{ns}	7.09 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.014**
Torta filtro (T)	1	70951.44**	13977.92**	38530.88**	53.53**	62.68**	13.00**
SHs	3	21761.98**	5281.24**	13453.58**	11.90**	4.96**	3.69**
T x SHs	3	4614.80**	2459.17**	4996.09**	2.89**	1.24**	1.75**
TRA vs NPK	1	34278.34**	6528.43**	20859.03**	8.38**	8.48**	1.81**
SHs linear	1	62315.23**	14961.42**	37890.18**	34.29**	14.70**	10.18**
SHs quad	1	5.44 ^{ns}	283.22**	8.82 ^{ns}	1.41**	0.042 ^{ns}	0.88**
SHs linear/sem	1	65139.69**	19269.63**	45835.52**	5.31**	1.91**	0.96**
SHs quad/sem	1	51.84 ^{ns}	930.25**	0.10 ^{ns}	0.019 ^{ns}	0.0068 ^{ns}	0.09 ^{ns}
SHs linear/com	1	9565.93**	1167.39**	3744.21**	35.72**	16.32**	12.47**
SHs quad/com	1	15.21 ^{ns}	44.89 ^{ns}	15.01 ^{ns}	3.30**	0.14 ^{ns}	2.71**
Resíduo	16	17.88	7.03	13.18	0.05	0.06	0.012
Total	26	-	-	-	-	-	-
CV (%)		3.71	3.97	4.01	4.28	6.45	3.81

GL – grau de liberdade; Significativo a 0,01 (**) de probabilidade; (ns) não significativo; CV – coeficiente de variação. SHs – substâncias húmicas.