



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO**  
**VEGETAL**

Dayanne do Nascimento Dias

**SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA DA**  
**ACEROLEIRA**

Petrolina-PE

2017

**DAYANNE DO NASCIMENTO DIAS**

**SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA DA  
ACEROLEIRA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima.  
Co-orientador: Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante

Petrolina-PE

2017

## Ficha catalográfica

D541s Dias, Dayanne do Nascimento  
Substâncias húmicas na fertirrigação nitrogenada da aceroleira /  
Dayanne do Nascimento Dias. -- Petrolina, 2017.  
82 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) -  
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências  
Agrárias, Petrolina, 2017.  
Orientador: Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima.

Referências.

1. Acerola. 2. Fertirrigação. I. Título. II. Universidade Federal do  
Vale do São Francisco

CDD 634.973214

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

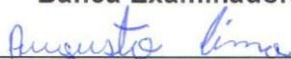
Dayanne do Nascimento Dias

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA DA  
ACEROLEIRA

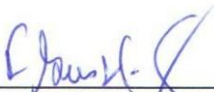
Dissertação apresentada como  
requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre em Agronomia –  
Produção Vegetal, pela Universidade  
Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 30 de Julho de 2017.

**Banca Examinadora**



(Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima, CCA/UNIVASF)  
(Orientador)



(Dr. Flávio de França Souza, Pesquisador, Embrapa Semiárido)



(Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante, CCA/UNIVASF)  
(Co-orientador)



(Dr. Jailson Cavalcante Cunha, Pós-doutorando, UNIVASF)

## Epígrafe

Não é sobre ter todas as pessoas do mundo pra si  
É sobre saber que em algum lugar, alguém zela por ti  
É sobre cantar e poder escutar mais do que a própria voz  
É sobre dançar na chuva de vida que cai sobre nós

É saber se sentir infinito  
Num universo tão vasto e bonito, é saber sonhar  
Então fazer valer a pena  
Cada verso daquele poema sobre acreditar

Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu  
É sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu  
É sobre ser abrigo e também ter morada em outros corações  
E assim ter amigos contigo em todas as situações

A gente não pode ter tudo  
Qual seria a graça do mundo se fosse assim?  
Por isso eu prefiro sorrisos  
E os presentes que a vida trouxe para perto de mim

Não é sobre tudo que o seu dinheiro é capaz de comprar  
E sim sobre cada momento, sorriso a se compartilhar  
Também não é sobre correr contra o tempo pra ter sempre mais  
Porque quando menos se espera, a vida já ficou pra trás

Segura teu filho no colo  
Sorria e abraça os teus pais enquanto estão aqui  
Que a vida é trem bala, parceiro  
E a gente é só passageiro prestes a partir  
Laiá, laiá, laiá, laiá, laiá ...

Trem Bala  
Ana Vilela

A Deus que me fortaleceu e me deu sustento sempre. À minha família que sempre foi e será a motivação para que eu nunca desista dos meus sonhos. A todas as pessoas que até aqui me incentivaram e me ajudaram, pois sem elas eu não teria conseguido. Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por todo amor e por todas as coisas boas que tem realizado na minha vida e acima de tudo por me dar força e coragem para vencer todos os desafios.

À minha família, em especial aos meus pais Cláudio José Dias e Irenice Gonzaga do Nascimento, as minhas irmãs Denise do Nascimento Dias e Daniquelia do Nascimento Dias, aos meus sobrinhos Adryelle Dias dos Santos, Yank Gabriel Dias dos Santos e Bernardo Silva Dias, pelo amor incondicional e por torcerem sempre pela minha vitória.

Aos meus cunhados Antônio Marcos e Francisco Valcleido pela amizade, por torcerem pelo meu crescimento pessoal e também por fazer minhas irmãs e meus sobrinhos felizes.

A Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias (UNIVAF/CCA) pela oportunidade de cursar o Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), por me conceder a bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima pela orientação e palavras de incentivo para que eu conseguisse chegar até aqui.

Ao professor Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante pela co-orientação e apoio sempre que solicitado e por me ajudar a chegar até aqui.

Ao Dr. Jailson Cunha por toda paciência, gentileza e disponibilidade em me ajudar sempre que precisei.

À Roberta Mirele e Alzeneide Lopes, duas grandes amigas e companheiras de trabalho.

À professora Dr<sup>a</sup>. Karla dos Santos Melo de Sousa, Clérison, Deisiele e Karine pelo auxílio na realização das análises no laboratório de agroindústria (UNIVASF/ CCA).

À coordenadora do programa de Pós-Graduação em Agronomia-Produção Vegetal professora Dr<sup>a</sup>. Francine Hiromi Ishikawa e à Daniela Oliveira Neves (secretária) pelo cuidado e apreço com o corpo discente do programa.

Aos chefes do setor da fazenda da UNIVASF Marinaldo Romão e Augusto Henrique pelo grande apoio durante a condução do experimento em campo.

Aos irrigantes Givaldo e Gilberto por toda gentileza em me ajudar sempre que solicitados e aos demais funcionários do campo.

Ao Pesquisador da EMBRAPA Flávio França pela disponibilização das mudas de acerola.

À empresa Omnia Brasil pela contribuição.

Às pessoas maravilhosas que Deus colocou na minha vida durante essa caminhada, minha querida equipe de trabalho Juliana Izidro, Laura Paula, Emerson Wilberto, Eduardo Barros, Thiago Bruno, Jeferson, Felipe Bernard, Raíza Lisboa e Talisson, sem vocês eu não teria conseguido, muito obrigada.

À todos do Laboratório de Química e Física do Solo da UNIVASF/CCA Scheila Antunes, Camila Israela, Roberto Lustosa, David Castro, Kátia pelas conversas e experiências trocadas.

Aos meus grandes amigos que sempre me deram forças e palavras de incentivo, José Aprígio, Maria José, Leane Rodrigues, Erifranklin, Moisés Santos, Isabel Cristina, Isabela Santana e Tamires Dália.

Aos professores que contribuíram na melhoria dos meus conhecimentos, e a todos aqueles que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse estudo.



## RESUMO GERAL

Para conseguir uma exploração economicamente satisfatória da aceroleira, há necessidade do desenvolvimento de tecnologias que contribuam para o aumento da produtividade, principalmente, na área de nutrição mineral da cultura. O nitrogênio (N), um dos nutrientes minerais mais exigidos pelas plantas, tem função estrutural nos vegetais superiores e com o intuito de potencializar ainda mais o uso dos fertilizantes nitrogenados, estão sendo usados condicionadores no solo, tais como as substâncias húmicas (SH). Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses de N e aplicação de substâncias húmicas via fertirrigação nos atributos químicos do solo, no estado nutricional, nos atributos produtivos e na qualidade dos frutos da aceroleira cultivada em Petrolina-PE. O experimento foi instalado em parcelas subdivididas distribuídas em faixas com quatro repetições. Nas parcelas: substâncias húmicas (sem e com), usando como fonte o KS 100; e nas subparcelas: adubação nitrogenada (50; 75; 100; 125 e 150% da dose recomendada), usando como fonte a uréia. Foram determinados no solo: o pH,  $H+Al$ ,  $Al^{3+}$ , os teores de  $Na^+$ ,  $K^+$ , P,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  e  $Zn^{2+}$ , e calculados a CTC e a saturação por bases (V) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm. Foram determinados também os estoques de carbono orgânico total (COT), carbono (C) das frações ácido húmico (CFAH), ácido fúlvico (CFAF), humina (CFH) e substâncias húmicas (CSH). Nas plantas, foram determinados: os teores foliares de N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn; os índices de clorofila a, b e total; e a produção e produtividade. Nos frutos, os atributos químicos avaliados foram: pH, vitamina C, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e o relação SS/AT. Os solos apresentaram maiores teores de nutrientes no segundo ciclo de produção da aceroleira. Os atributos químicos, os estoques de carbono orgânico no solo, os teores foliares de nutrientes, a produção e produtividade de aceroleira apresentaram um padrão estocástico em relação ao aumento da disponibilidade de N. Nas condições do presente trabalho, a aplicação de KS100 resultou em redução nos estoques de C das substâncias húmicas do solo. A aplicação de substâncias húmicas e doses de N não alterou a qualidade de frutos de aceroleira.

**Palavras-chave:** Ácido húmico, nitrogênio, fertilidade do solo, carbono orgânico total, nutrição de plantas, *Malpighia emarginata*.

## GENERAL ABSTRACT

To attain an economically satisfactory exploitation of acerola, it is necessary to develop technologies that contribute to the increase of yield, especially in the field of crop mineral nutrition. Nitrogen (N), one of the most required mineral nutrients by plants, performs structural function in higher plants and, aiming at enhancing even more the use of N fertilizers, conditioners such as humic substances (HS) have been used in the soil. In this context, the present study aimed to evaluate the effects of N doses and HS application via fertigation on soil chemical attributes, nutritional status, production attributes and fruit quality of acerola cultivated in Petrolina-PE, Brazil. The experiment was installed in split plots arranged in strips with four replicates. In the plots: humic substances (with and without), using KS100 as source; in the subplots: N fertilization (50; 75; 100; 125 and 150% of the recommended dose), using urea as source. The soil was evaluated for: pH, H+Al, Al<sup>3+</sup>, contents of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup>, calculating CEC and base saturation (V), in the layers of 0-20 and 20-40 cm. In addition, we also determined the stocks of total organic carbon (TOC) and carbon (C) of the fractions humic acid (CFHA), fulvic acid (CFFA), humin (CFH) and humic substances (CHS). Plants were analyzed for: leaf contents of N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn and Zn; indices of chlorophyll a, b and total; and production and yield. In fruits, the chemical attributes evaluated were: pH, vitamin C, soluble solids (SS), titratable acidity (TA) and SS/TA ratio. The soils showed higher contents of nutrients in the second production cycle of acerola. Chemical attributes, stocks of organic carbon in the soil, leaf contents of nutrients, production and yield of acerola exhibited a stochastic pattern in response to the increase in N availability. Under the studied conditions, KS100 application led to reduction in the C stocks of humic substances in the soil. Application of humic substances and N doses did not alter acerola fruit quality.

**Key words:** Humic acid, *nitrogen*, *soil fertility*, *total organic carbon*, *plant nutrition*, *Malpighia emarginata*.

## Lista de figuras

Capítulo 2	Pág.
Figura 1 – Precipitação, temperatura e umidade relativa do ar (UR) mensal durante a realização do experimento.	39
Figura 2 – Teores de fósforo (A e B), potássio (C e D), magnésio (E e F), ferro (G e H), manganês (I e J) e alumínio (L e M) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de solo sob cultivo de aceroleira fertirrigada com nitrogênio (N) e substâncias húmicas (SH). C1CSH, Tratamento com SH no ciclo 1; C1SSH, Tratamento sem SH no ciclo 1; C2CSH, Tratamento com SH no ciclo 2; C2SSH, Tratamento sem SH no ciclo 2.	48
Figura 3 – Acidez potencial (A e B) e teores de zinco (C), cálcio (D) e sódio (E) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de solo sob cultivo de aceroleira fertirrigado com nitrogênio e substâncias húmicas em Petrolina-PE. C1CSH, Tratamento com SH no ciclo 1; C1SSH, Tratamento sem SH no ciclo 1; C2CSH, Tratamento com SH no ciclo 2; C2SSH, Tratamento sem SH no ciclo 2.	49
Figura 4 – Capacidade de troca catiônica (A, B e C), saturação por bases (D e E) e estoques de carbono da fração ácido húmico (F) e carbono orgânico total (G, H e I) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de solo sob cultivo de aceroleira fertirrigado com nitrogênio e substâncias húmicas em Petrolina-PE. C1CSH, Tratamento com SH no ciclo 1; C1SSH, Tratamento sem SH no ciclo 1; C2CSH, Tratamento com SH no ciclo 2; C2SSH, Tratamento sem SH no ciclo 2.	50
Figura 5 – Estoques de carbono da fração ácido fúlvico (A, B e C), pH (D) e estoques de carbono das substâncias húmicas (E, F, G e H) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de solo sob cultivo de aceroleira fertirrigado com nitrogênio (N) e substâncias húmicas (SH). C1CSH, Tratamento com SH no ciclo 1; C1SSH, Tratamento sem SH no ciclo 1; C2CSH, Tratamento com SH no ciclo 2; C2SSH, Tratamento sem SH no ciclo 2.	51
Figura 6 – Teor de sódio (A), cálcio (B), capacidade de troca catiônica - CTC (C) e estoques de carbono orgânico total (D) e carbono da fração humina (E) na camada de 0-20 cm do solo na interação ciclo de produção de aceroleira e substâncias húmicas. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula entre os ciclos de produção de aceroleira e maiúscula entre substâncias húmicas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F com $P \leq 0,05$ .	52
Figura 7 – Teor de zinco (A) e estoque de carbono das substâncias húmicas (B) na camada de 20-40 cm do solo na interação ciclo de produção de aceroleira e substâncias húmicas. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula entre os ciclos de produção de aceroleira e maiúscula entre substâncias húmicas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F com $P \leq 0,05$ .	53

Figura 1 - Precipitação, temperatura e umidade relativa do ar (UR) mensal durante a realização do experimento. 67

Figura 2 – Clorofila *a* (A), Clorofila *b* (B) e Clorofila total (C), Produção (D), Produtividade (E) e Teor de nitrogênio foliar (F) em plantas de aceroleira fertirrigadas com nitrogênio (N) e substâncias húmicas (SH) em Petrolina-PE. C1CSH=Tratamento com SH no ciclo 1, C1SSH= Tratamento sem SH no ciclo 1, C2CSH=Tratamento com SH no ciclo 2, C2SSH= Tratamento sem SH no ciclo 2. 75

Figura 3 - Teor foliar de sódio (A), potássio (B), fósforo (C) e ferro (D) de aceroleira fertirrigada com nitrogênio (N) e substâncias húmicas (SH) em Petrolina-PE. C1CSH= Tratamento com SH no ciclo 1, C1SSH= Tratamento sem SH no ciclo 1, C2CSH= Tratamento com SH no ciclo 2, C2SSH= Tratamento sem SH no ciclo 2. 76

Figura 4 - Teores de cálcio (A) e zinco (B) foliares em plantas de aceroleira em função do ciclo de produção e fertirrigação com substâncias húmicas em Petrolina-PE. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula entre os ciclos e maiúscula entre substâncias húmicas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F com  $P \leq 0,05$ . 77

## Lista de tabelas

### Capítulo 2

Pág.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de 41 profundidade antes da instalação do experimento.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância referente ao pH e teores de P, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, 45 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup> nas camadas de 0-20 e 20-40 em solo sob cultivo de aceroleira fertirrigado com nitrogênio e substâncias húmicas.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância referente aos valores de V, CTC, H+Al, 46 Al<sup>3+</sup> e estoques de COT, CFAH, CFAF, CFH e CSH nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de solo cultivado com aceroleira fertirrigada com nitrogênio e substâncias húmicas.

Pág.

### Capítulo 3

Tabela 1 – Atributos químicos do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de 67 profundidade antes da instalação do experimento.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância referente à vitamina C (VC), pH, sólidos 71 solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT de frutos de aceroleira fertirrigada com nitrogênio e substâncias húmicas.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância referente a produção (Pp), 72 produtividade (P) e índice de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total de plantas de aceroleira fertirrigadas com nitrogênio (N) e substâncias húmicas (SH).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância referente aos teores de N, Na, K, P, 73 Ca, Mg, Mn, Zn e Fe no tecido foliar de plantas de aceroleira fertirrigadas com nitrogênio e substâncias húmicas em Petrolina-PE.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>14</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>14</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>17</b>
2.1 Considerações gerais sobre a cultura da aceroleira	17
2.2 Nitrogênio (N)	18
2.3 Substâncias húmicas	22
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>36</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>38</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>39</b>
2.1 Área experimental e manejo da cultura	39
2.1 Implantação e condução do pomar	41
2.2 Delineamento experimental e tratamentos	42
2.3 Variáveis analisadas e avaliação estatística	42
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>44</b>
<b>4. DISCUSSÃO</b>	<b>53</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>56</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>56</b>
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>63</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>65</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>66</b>
2.1 Área experimental e manejo da cultura	66
2.2 Implantação e condução do pomar	68
2.3 Delineamento experimental e tratamentos	68
2.4 Variáveis analisadas e avaliação estatística	69
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>70</b>
<b>4. CONCLUSÕES</b>	<b>77</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>77</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS:</b>	<b>82</b>

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o país que ocupa o lugar de maior produtor, consumidor e exportador de acerola no mundo. O interesse comercial pelo cultivo de aceroleira se dá devido os elevados níveis de vitamina C presente nos frutos e da importância dessa vitamina na nutrição humana e na medicina mundial. De acordo com dados da Embrapa (2012), estima-se que no Brasil são produzidos cerca 150 mil toneladas de acerola, com destaque para a região Nordeste que detém 64% de toda a produção brasileira e o Estado de Pernambuco que representa 23,11% da produção nacional.

Na região Nordeste a aceroleira é largamente cultivada por apresentar condições edafoclimáticas apropriadas para o desenvolvimento da cultura e grande parte da produção é direcionada ao mercado externo, em especial para países da comunidade europeia na forma de polpa integral e fruto *in natura* (Embrapa, 2012).

A produção da aceroleira pode ser influenciada por diversos fatores como solo, clima, práticas de manejo de adubação e irrigação, que irão refletir diretamente no desempenho da planta em campo e, conseqüentemente, na produtividade da cultura (Franzão e Melo, 2017). Para se conseguir altas produtividades de acerola, assim como uma exploração economicamente satisfatória, há necessidade do desenvolvimento de tecnologias, principalmente, na área de nutrição mineral e fertirrigação da cultura. O conhecimento do estado nutricional da planta é um requisito básico para a nutrição mineral adequada, evidenciando carência ou excesso de determinado nutriente (Souza et al., 2014), sendo indispensável para o alcance de uma produtividade desejada.

A cultura da aceroleira é exigente em nutrientes e a ordem de exportação entre os macronutrientes pelos frutos por ocasião da colheita é  $K > N > P > Mg > Ca > S > Fe > Zn > Mn > Cu$  (Lima et al., 2008). Alves et al. (1990) observaram que nos frutos da aceroleira, os teores de nitrogênio (N) e cálcio (Ca) encontraram-se em maiores níveis na semente, e os teores de fósforo (P) e potássio (K) na polpa. Em geral, observou-se que o N foi o elemento encontrado em maiores teores nas folhas, seguido do K e do P. Já nos ramos, a seqüência encontrada foi a mesma constatada no fruto, ou seja,  $N > K > P$ .

O N, um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas, é considerado um fator limitante para o crescimento das plantas, pois tem função estrutural nos vegetais superiores, por ser componente de moléculas de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e clorofila (Dias Filho, 2011; Marschner, 2005). Participa, ainda, de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (Malavolta et al., 1989).

Silva et al. (2016) ressaltam que a aplicação do N deve ser feita observando as fases fisiológicas da planta em que esse nutriente é mais exigido, visando alcançar a máxima eficiência do N, permitindo assim, corrigir as deficiências que possam ocorrer no desenvolvimento da cultura. Com isso, o manejo utilizando adubos nitrogenados para complementar a exigência nutricional da cultura e manter o nível adequado de N no solo, é essencial para se conseguir produtividades elevadas (Trivelin et al., 2013).

Segundo Cunha et al. (2015), a utilização de condicionadores de solo com o objetivo de incrementar a eficiência da absorção de nutrientes, principalmente o N, tem sido amplamente estudada. Uma alternativa está no uso de substâncias húmicas (SH). Alguns estudos demonstram o potencial de uso de ácidos húmicos no aumento da eficiência da adubação mineral (Ahmad et al., 2013; Baldotto et al., 2011a, b; Baldotto & Baldotto, 2014a, b). Alguns dos efeitos do uso de SH e N se relacionam à dinâmica do N amoniacal no solo (Dong et al., 2009), onde as SH exercem um papel na regulação da disponibilidade de N-NH<sub>4</sub> devido à sua propriedade de adsorção (Mackowiak et al., 2001). Com relação à assimilação de N devido a aplicação de SH, Quaggiotti et al (2004), destaca que a aplicação de ácidos húmicos aumenta a absorção de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) pelas raízes de milho. Além disso, as SH exercem grande influência sobre a disponibilidade de nutrientes através da complexação ou adsorção de íons concorrentes (Pavinato e Rosolem, 2008).

Os ácidos húmicos também atuam indiretamente, alterando a dinâmica microbiana da rizosfera, por estimularem a exsudação de ácidos orgânicos e de açúcares pelas raízes, assim, servem como fonte de energia para os microorganismos do solo, regulando a disponibilidade de nutrientes no solo (Puglisi et al., 2013). Além disso, as SH incrementam a capacidade de troca catiônica, retenção de água no solo e evitam a lixiviação de nutrientes, exercendo com influência reconhecida nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, e, como consequência benéfica



auxilia no crescimento e desenvolvimento das plantas (Ferrara & Brunetti, 2010; Cunha, 2012; Costa et al., 2013).

A hipótese do presente trabalho é que a aplicação de substâncias húmicas associado à adubação nitrogenada aumenta a disponibilidade e absorção de nutrientes pelas plantas, assim como, os teores de C nas frações da MOS e a produção de frutos de aceroleira com qualidade desejada para a comercialização.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses de nitrogênio e aplicação de substâncias húmicas via fertirrigação nos atributos químicos do solo e nos atributos produtivos, nutricionais e na qualidade dos frutos da aceroleira cultivada em Petrolina-PE.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Considerações gerais sobre a cultura da aceroleira

A aceroleira (*Malpighia emarginata*) é uma planta típica de países de clima tropical e se caracteriza por ser uma planta rústica e resistente. O interesse comercial pelo cultivo da aceroleira foi potencializado a partir de 1946 em Porto Rico, devido à descoberta dos elevados teores de vitamina C presente na parte comestível dos frutos que, em algumas variedades, alcança até 5.000 mg/100 g de polpa, sendo valores 100 vezes superior ao da laranja e 10 vezes ao da goiaba, frutas tidas como possuídas de alto conteúdo dessa vitamina (Embrapa, 2012), característica que, atualmente, tem estimulado o aumento da demanda pela fruta e, conseqüentemente, a formação de novos plantios.

O Brasil é considerado um dos maiores produtores de acerola do mundo e foi, inicialmente, introduzida no estado de Pernambuco, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em 1955, por meio de sementes oriundas de Porto Rico, de onde se espalhou para o Nordeste e para outras regiões do País (Ritzinger e Ritzinger, 2011).

Furlaneto e Nasser (2015) relatam que o Brasil se destaca na agroindústria devido a elevada capacidade de aproveitamento industrial, com plantios comerciais em todos os Estados, sendo que a região Nordeste contribui em grande escala para a produção nacional, pois apresenta condições favoráveis de solo e clima para o cultivo da aceroleira. De acordo com dados da Embrapa (2012), estima-se que no Brasil são produzidos cerca de 150 mil toneladas de acerola, com destaque para a região Nordeste que detém 64% de toda a produção brasileira. A maior produção de acerola da região Nordeste concentra-se no Vale do Submédio São Francisco que compreende os estados da Bahia e Pernambuco, com uma área plantada em torno de 1.339 ha (Embrapa, 2012). Observa-se, no entanto, a crescente comercialização de frutos verdes para a indústria farmacêutica, dada a alta concentração de vitamina C nos frutos ainda não maduros (Furlaneto e Nasser, 2015).

Segundo Furlaneto e Nasser (2015), as indústrias brasileiras processam cerca de 34,40 mil toneladas desse fruto/ano, o que equivale a 7,16% do total de frutas colhidas no país. O sucesso da industrialização da acerola é creditado à quantidade de polpa comestível (70 a 80%) e da importância que o fruto representa

para a nutrição humana, devido ser considerada fonte excepcional de vitamina C (Segtowick et al., 2013).

Embora se constitua, na atualidade, um cultivo economicamente importante para diversas regiões, em decorrência do crescente aumento anual em área plantada com essa espécie, pode-se assegurar pouca atenção dirigida às exigências nutricionais da aceroleira. Segundo dados da Embrapa (2012), o N e K são elementos de suma importância na nutrição da aceroleira, pois são extraídos em maior quantidade pelos frutos, com isso, há necessidade de que os mesmos lhe sejam adequadamente repostos para que sua produtividade seja satisfatória. Rozane et al. (2007) cita que na fase inicial de desenvolvimento da planta, a aceroleira é exigente, em nutrientes, principalmente, N e o K.

## 2.2 Nitrogênio

O nitrogênio (N) é o elemento encontrado em maior abundância na atmosfera terrestre (Taylor, 2010; Bebout et al., 2013). Embora esteja presente em grande quantidade no ar, o N se encontra na sua forma elementar, constituindo o gás nitrogênio ( $N_2$ ), e poucos seres vivos o assimilam nessa forma.

Para que ocorra a assimilação do N pelas plantas, faz-se necessária a transformação de N gasoso para amônio ( $NH_4^+$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ), condição pelas quais as plantas reconhecem o N para que este possa ser absorvido (Prado, 2008). Nas plantas, o N participa do metabolismo fazendo parte dos compostos de aminoácidos, proteínas, aminas, amidas, purinas, pirimidinas, alcaloides, coenzimas, vitaminas e pigmentos (Malavolta, 1980). O N também é componente essencial das clorofilas além de fazer parte de muitos outros metabólitos secundários (Luo et al., 2013), com isso, ocupa uma posição de destaque dentre os nutrientes essenciais requeridos pelas plantas.

Na no sistema solo-planta de um agrossistema, grande parte do N encontra-se associado às formas orgânicas do solo, ou seja, não estão prontamente disponíveis para as plantas, enquanto em menores quantidades estão o nitrato ( $NO_3^-$ ) e amônio ( $NH_4^+$ ) que são as formas minerais (inorgânica) e podem ser absorvidas pelas plantas (Malavolta, 1997; Moro et al., 2013).

A disponibilização de formas inorgânicas de N para as plantas pode ser feita através da aplicação de fertilizantes nitrogenados de origem vegetal ou animal, por

fixação biológica de N realizada por microrganismos (de forma simbiótica ou assimbiótica) e também através da precipitação pluviométrica (Silva et al., 2006).

O N é aportado ao solo através de compostos orgânicos ou inorgânicos, quando as raízes absorvem o N, seja na forma de  $\text{NH}_4^+$  ou  $\text{NO}_3^-$ , este é transportado para a parte aérea da planta através do xilema (Prado, 2008), ou seja, quase todo N amoniacal absorvido pelas plantas é assimilado (incorporado a compostos orgânicos) nos tecidos das raízes e transportado como aminoácidos. Já o N na forma de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) pode ser transportado para a parte aérea da planta na sua forma nítrica. Com isso, o  $\text{NO}_3^-$  e os aminoácidos são as principais formas de N no xilema de plantas superiores (Marschner, 2005). Segundo Knicker (2011) um fator limitante da ciclagem do N é a competição entre as plantas e os microrganismos do solo, uma vez que, estes são responsáveis pela mineralização do N orgânico e também pela imobilização do N mineral dependendo das condições do meio. Porém, o mesmo autor relata que nem todo o N orgânico passa pelo processo de mineralização, pois este N pode ser diretamente incorporado nas frações mais recalcitrantes da matéria orgânica do solo (MOS), ou seja, nas substâncias húmicas.

A maioria dos solos contém toneladas de N orgânico em seus perfis e a principal fonte de N no solo é proveniente da matéria orgânica (Figueiredo, 2003). Porém, segundo Anghinoni (1986), a utilização de matéria orgânica não pode ser recomendada como parâmetro único de adubação nitrogenada, pois é insuficiente, apesar de ser importante fonte de N para as plantas, é necessário que este nutriente seja liberado nas formas minerais para absorção pelas plantas.

Segundo Silva et al. (2016), para que ocorra a absorção radicular do N é necessário que haja o contato desse nutriente com a raiz, e o transporte desse nutriente até o alcance das raízes é governado pelo fenômeno de fluxo de massa, que é responsável por mais de 90% do contato N-raiz, sendo dependente da concentração desse nutriente no solo, do fluxo de água que irá aumentar a quantidade de água absorvida pela planta e da respiração vegetal.

Os fertilizantes nitrogenados são os mais utilizados na agricultura, devido o N ser exigido em maior quantidade pelas plantas e também, por apresentar excelente dinâmica no sistema solo-planta, se destacando dos demais nutrientes (Júnior et al., 2017). Segundo Bredemeier & Mundstock (2000), em função do seu dinamismo, o N, quando comparado com os demais nutrientes, é muito mais difícil de ser mantido

no solo ao alcance das raízes. As informações que se referem à quantificação do N que está presente nos solos são embasadas no fato de que mais de 98% do N total está na forma orgânica e os restantes na forma inorgânica (Bremner, 1965).

Os fertilizantes nitrogenados são apresentados na forma amoniacal, nítrica, nítrica-amoniacal e amídica, apresentando um elevado grau de solubilidade o que lhes tornam adequados para fertirrigação. Dentre esses, a uréia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado, devido ao menor preço por unidade de nutriente 450 g kg<sup>-1</sup> de N e solubilidade de 108 g/100 ml (Borges et al., 2006).

Na produção agrícola, uma das possíveis perdas de N aplicado em cobertura com uréia é por meio da volatilização da amônia. A perda do N por volatilização da amônia consiste no processo de passagem da amônia à atmosfera que envolve inicialmente a hidrólise da uréia por meio da urease, que é uma enzima extracelular produzida por bactérias, actinomicetos e fungos do solo, ou ainda originada dos restos vegetais (Duarte e Kiehl, 2010) e tal evento irá depender das condições climáticas. Uma vez que, segundo Volk (1959), um fator importante na hidrólise será o teor de umidade solo, e acrescenta que quanto mais rápida a hidrólise, maior o potencial de perda de amônia. Com isso, a adição de água irá aumentar a difusão da uréia e, conseqüentemente, aumentará o contato da urease no solo (Savant et al., 1987). Outros fatores que também afetam a volatilização de amônia é a temperatura, as trocas gasosas, a taxa de evaporação de água, o poder tampão, a capacidade de troca catiônica e o teor de argila do solo (Hargrove, 1988; Byrnes, 2000). Duarte e Kiehl (2010), citam que para haver um maior aproveitamento do adubo nitrogenado, é interessante que o mesmo seja aplicado após o início da irrigação, ou seja, sobre a lâmina de água (fertirrigação), de modo a promover a dissolução da uréia e reduzir a volatilização de amônia.

O uso da fertirrigação torna o fertilizante nitrogenado mais eficiente devido o grande aproveitamento do adubo aplicado, e para alcançar a máxima eficiência, faz-se necessário levar em consideração as necessidades da cultura, a disponibilidade de nutrientes no solo, o modo de distribuição do fertilizante no solo, o parcelamento da aplicação desse fertilizante observando a fase fenológica da cultura, o custo de distribuição do fertilizante no campo e a preservação do meio ambiente (Santos & Crisóstomo, 2000). Alta concentração de N no solo leva a uma diminuição da qualidade dos frutos e aumento da sensibilidade a pragas (Vartholomaiou et al., 2008) e doenças (May -De-Miom et al. 2008).

A utilização da fertirrigação para a aplicação de insumos agrícolas no Vale do São Francisco é uma prática frequente por ser uma ferramenta de comprovada eficiência e permitir a distribuição uniforme e equilibrada de nutrientes, principalmente quando se utilizam fertilizantes com elevado grau de solubilidade, a exemplo do N, um nutriente bastante demandado pelas culturas, devido sua elevada contribuição no crescimento e desenvolvimento das plantas (Bataglia et al., 2005).

Poucos estudos são identificados na literatura com o uso de fertilizantes nitrogenados na cultura da aceroleira. Ferreira (2014), em trabalho desenvolvido no estado de Minas Gerais, objetivou determinar doses de N e K que melhor incrementam o acúmulo de nutrientes e o crescimento de mudas de aceroleira em fase de viveiro. O autor pôde constatar que todas as variáveis de crescimento analisadas foram influenciadas pelas doses de N, sendo que a dose de  $600 \text{ mg dm}^{-3}$  de N aplicada nas mudas de aceroleira foi identificada como sendo o melhor tratamento, pois aumentou o crescimento e o acúmulo de nutrientes nas mudas. Na fase inicial do desenvolvimento da planta, a aceroleira é exigente em nutrientes, principalmente N e K (Rozane et al., 2007).

Fernandes et al. (2000), analisando as deficiências minerais em mudas de aceroleira, pôde constatar que a deficiência de N causou drástica restrição no crescimento das plantas e amarelecimento generalizado das folhas. Os mesmos autores verificaram que a demanda de nutrientes pelas plantas da aceroleira obdeceu a ordem  $K > N > Ca > Mg$ , estando congruente com os resultados obtidos por Silva (1998), que observou em aceroleiras com um ano de idade a demanda semelhante, sendo o K e o N os elementos mais requeridos.

Estudo desenvolvido em Porto Rico indicaram que os principais problemas apresentados pela aceroleira devido à deficiência de N foi a redução do crescimento e produção das plantas e em sintomas mais sérios de deficiência de N provocou o amarelecimento total e a queda das folhas de aceroleira (Cibes e Samuels ,1955). Miranda et al. (1995) estudaram o efeito da omissão de N, P, K, Ca, Mg e Fe em solução nutritiva e constataram que a omissão de N causou redução na altura e na produção de matéria seca da parte aérea de plantas de aceroleira.

Ao avaliar a influência da aplicação de N e K na formação de mudas de aceroleira, Veloso et al. (2001) observaram que a adubação com doses de N, na forma de uréia, favoreceu o crescimento de mudas de aceroleira e promoveu

aumento na matéria seca das folhas, caules, raízes, planta inteira, assim como favoreceu acúmulo de N, P, Ca e Mg foliar.

Para a cultura da goiabeira submetida à fertirrigação com diferentes níveis de N e biofertilizantes, Santana et al. (2016), ao avaliar o estado nutricional através da análise de micronutrientes foliares, concluíram que a fertirrigação nitrogenada não teve influência nos teores foliares de micronutrientes foliares da planta, com exceção do teor foliar de Mn que foi afetado pela interação entre o biofertilizante e com a dose de 100% de N conforme recomendado para a cultura da goiabeira. Por outro lado, Amorim et al. (2015) ao estudarem diferentes doses de N e K em goiabeira constataram que a adubação nitrogenada com 2 kg planta<sup>-1</sup> de N promoveu aumento nos teores foliares de de N e Mn, e decréscimos nos de P, S e B.

Silva et al. (2016), ao avaliarem a qualidade do maracujá amarelo fertirrigado com N e substâncias húmicas, concluíram que, independente da aplicação das substâncias húmicas a maior dose de N aplicada favoreceu a maior produção de frutos, sendo 14,4 kg planta<sup>-1</sup> com a dose máxima de 290 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N.

### **2.3 Substâncias húmicas**

A matéria orgânica do solo (MOS) concerne todo material orgânico depositado ou preexistente no solo, no qual pode-se destacar a liteira, a biomassa microbiana, os materiais orgânicos lixiviados das plantas e as substâncias húmicas (SH), que são as frações da MOS consideradas mais abundantes no solo contribuindo em até 90% de seu teor (Dick et al., 2009; Marinari et al., 2010).

As SH são misturas complexas e heterogêneas de materiais polidispersos, que resultam das transformações químicas e biológicas durante a decomposição e transformação de restos de plantas e microrganismos (Souza e Santana, 2014). São consideradas recalcitrantes, pois apresentam decomposição lenta devido a sua alta complexidade química e forte interação com a fração coloidal inorgânica, podendo permanecer no solo por longo tempo (Stevenson, 1994). Segundo Muscolo et al. (2013), a lignina e os seus produtos de transformação, assim como polissacáridos, melanina, cutina, proteínas, lipídeos, ácidos nucleicos, partículas finas carvão, etc., são componentes importantes que participam no processo de formação das SH.

O termo "SH" refere-se às substâncias formadas por ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e huminas, que são fracionadas com base na solubilidade em função do pH (Souza e Santana, 2014). Fazem parte de um sistema supramolecular

extremamente heterogêneo e são diferenciadas devido às variações na composição química, acidez, grau de hidrofobicidade e associações de moléculas (Liu et al., 2013). A humina, geralmente encontrada em maiores quantidades, representam entre 30 a 80% das SH (Silva e Mendonça, 2007).

As SH são apontadas como compostos bastante complexos, por ainda não possuírem um modelo definido da estrutura química. Segundo Primo (2011), nas últimas três décadas tem-se desenvolvido bastantes estudos sobre as SH no meio ambiente, e isso se deve graças ao aprimoramento e desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias para realizar esses procedimentos, porém ainda são bastante discutidas as rotas de suas origens e os métodos para mensurar o grau de humificação das SH, devido não haver um modelo definido para a estrutura química das frações humificadas da MOS. Com isso, o uso comercial das SH compreende apenas as frações AH e AF que são adquiridos por meio de uma extração alcalina (Muscolo et al., 2013; Rose et al., 2014).

O ácido húmico (AH) é a fração que é solúvel sob as condições de pH alcalino e sub-neutro (Nuzzo et al. 2013). Segundo Hayes (2001), é a fração de coloração mais escura, quando comparado ao ácido fúlvico e são definidos operacionalmente como a fração das substâncias húmicas solúvel em meio alcalino e que precipita pela acidificação do extrato alcalino. São compostos por macromoléculas de massa molecular relativamente elevada, formadas por meio de reações de síntese secundárias a partir de resíduos orgânicos de plantas, animais e microorganismos (Stevenson, 1994). De acordo com Canellas (2008), o AH é uma das principais frações das SH, por apresentar atividade hormonal, uma vez que exerce um papel de promotor do crescimento de plantas, corroborando com estudos de Muscolo et al., (2013) e Rose et al., (2014), que citam o efeito das SH similar à uma atividade hormonal em particular a atividade da auxina e comprovam o efeito sinergista das SH para melhorar a eficiência do uso de fertilizantes, com isso influenciando diretamente no crescimento e produtividade das plantas.

O ácido fúlvico (AF) é a fração solúvel em água independentemente do pH (Nuzzo et al. 2013). O AF permanece em solução quando o extrato alcalino é acidificado (Hayes, 2001), por esse motivo é caracterizado como solúvel em meio alcalino e em ácido diluído. É composto basicamente, por polissacarídeos, aminoácidos e compostos fenólicos, que são mais reativos do que as outras duas frações pela maior quantidade de grupos carboxílicos e fenólicos que contém. Sobre



a ação direta das SH no metabolismo e no crescimento das plantas, tem sido centrados estudos principalmente sobre a fração AF, pois esta se constitui como a fração humificada considerada de menor massa molecular e maior solubilidade e mobilidade no solo (Silva & Mendonça, 2007).

A humina que é a fração insolúvel a qualquer valor de pH (Nuzzo, et al., 2013). segundo Hayes (2001) a humina é considerada insolúvel em meio ácido e alcalino, sendo a fração que se encontra mais intimamente ligada às frações minerais do solo e por esse motivo a sua extração ainda é objeto de inúmeros estudos, por ser um procedimento bastante complexo, pois a humina é a fração não extraída por ácido ou álcali diluído. Segundo Primo (2011), a insolubilidade da humina em meio aquoso, pode ser devido sua elevada hidrofobicidade e forte interação com os componentes inorgânicos e também por conter compostos lipídicos, estruturas de carboidratos e aromáticos em diferentes proporções. Stevenson (1994), também ressalta que a insolubilidade da fração humina pode estar ligada à baixa acidez e reduzida capacidade de reação em comparação ao AF e AH, de forma que, ao lado da forte associação com os minerais, acarreta insolubilidade em meio aquoso alcalino.

Devido ao crescimento dos setores alimentícios, o interesse por produtos que possam potencializar a produção das plantas é cada dia mais frequente. As SH são componentes importantes para que haja o aumento da produção de culturas alimentícias por estarem ligadas com a fertilidade do solo. Pode-se destacar o papel importante das substâncias húmicas no solo no fornecimento de nutrientes às culturas, na retenção de cátions, na complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, na estabilidade da estrutura do solo, na infiltração e retenção de água, na aeração e na atividade e diversidade microbiana de solos tropicais e subtropicais que se caracterizam como altamente intemperizados, sendo assim um objeto essencial no desenvolvimento radicular e capacidade produtiva das plantas (Selim et al., 2010; Canellas et al., 2011; Silva et al., 2011; Souza e Santana, 2014; Olaetxea et al., 2017).

A classificação das SH como bioestimulantes é muito utilizada na literatura internacional e por esse motivo são muito aplicadas como fertilizante (Halpern et al., 2014), devido influenciarem em diversos efeitos fisiológicos como: estímulo no crescimento de raiz (Canellas et al., 2012; Zandonadi et al., 2007; Rose et al. 2014), assim também como sua influência na modificação da forma do sistema radicular

(Lazzarini, 2014), aumento do crescimento da parte aérea e absorção de nutrientes (Mora et al., 2010; Çelik et al., 2011; Muscolo et al., 2013; Rose et al., 2014).

No Brasil, as SH extraídas da leonardita tem sido cada vez mais utilizadas como fertilizante no setor agrícola (Rose et al., 2014) e muitos estudos têm sido realizados sobre o uso de SH em frutícolas no Brasil (Ebeling et al., 2011a e 2011b; Melo et al., 2016).

No Nordeste do Brasil poucos estudos têm sido realizados sobre o uso das SH e, principalmente, com a cultura da aceroleira. Em trabalho desenvolvido no estado da Paraíba, Rocha et al. (2016) avaliaram a produção e a qualidade de frutos da goiabeira em função da aplicação de SH e cobertura morta no solo e verificaram que, independente da presença de cobertura vegetal no solo, as SH favoreceram de forma claramente eficiente a produção de frutos da primeira para a segunda safra, além de melhorar a qualidade dos frutos, influenciando de forma positiva o teor de sólidos solúveis e vitamina C dos frutos. Os mesmos autores recomendam 20 mL L<sup>-1</sup> de SH para produção de goiabas de alta qualidade.

O uso de SH associadas a outros condicionadores para as plantas está sendo também objeto de estudo, entretanto, ainda não são claramente conhecidas as modificações que podem estar ocorrendo nas características das SH do solo quando são associadas à fertilização mineral e esterco, porém alguns estudos relatam o efeito sinérgico das SH no aumento da absorção de nutrientes. Ahmed et al. (2006), ao analisarem a perda de amônio do solo através da mistura de ácido húmico e uréia como fonte de nitrogênio (N), observaram esse efeito sinérgico com a aplicação do ácido húmico. Em contrapartida, Dong et al. (2009) e Kasim et al. (2009) ressaltam que pouco se sabe a respeito dos mecanismos pelo qual o AH aumentam os benefícios da adubação nitrogenada com uréia. Uma possível explicação mencionada por Dong et al. (2009) é que possivelmente o AH associado a uréia reduz a ação da enzima urease, ocasionando assim uma redução nas perdas de N e ainda causa um efeito tampão no pH do solo, ou seja, mantém o solo mais resistente à mudança no pH (Pertusatti & Prado 2007). No entanto, estudos adicionais precisam ser feitos, pois como este trabalho foi realizado em laboratório com solos incubados e usando apenas uma fonte de SH oriundo de lignito (Dong et al. 2009), pois Canellas et al. (2010) e Rose et al. (2014) ressaltam que diferentes fontes de SH podem apresentar resultados contraditórios.

No região do Vale do São Francisco, Silva et al. (2016) avaliaram o efeito da fertirrigação com SH e adubação nitrogenada na cultura do maracujazeiro-amarelo e concluíram que características fisiológicas como índices de clorofilas foram afetados pela fertirrigação com SH e doses de N e que, de forma interdependente, as SH e as doses de N também afetaram as características de diâmetro do caule, concentrações de N foliar e incrementou a produção dos frutos.

Diversos trabalhos têm observado que a adição de ácidos orgânicos ao solo pode estimular a decomposição de MOS em até 59% em média (Huo et al., 2017; Sullivan e Hart, 2013; Paula et al., 2013). Assim, o fenômeno pelo qual a MOS se decompõe mais rapidamente após a adição de carbono (C) lábil é chamado de efeito “*priming*” (Bingeman et al., 1953 ) e foi observado desde 1926 ( Kuzyakov et al., 2000 ).

Segundo Huo et al. (2017), a decomposição da MOS tem potencial para afetar radicalmente as concentrações de dióxido de carbono na atmosfera e a crescente decomposição de MOS após a adição de uma fonte de C lábil pode ser um regulador importante da dinâmica MOS, mas pouco se sabe sobre os mecanismos do efeito *priming*, com isso, os mesmos autores relatam que existem duas hipóteses geradas na última década sugerindo que o *priming* é causado pelas condições nutricionais no solo ou pela resposta da comunidade microbiana à adição de C lábil ao solo.

A baixa qualidade da MOS limita a quantidade de energia disponível para a microbiota do solo e, conseqüentemente, a mineralização da MOS (Sørensen, 1974). Assim, acredita-se que o efeito *priming* seja proveniente do aumento da atividade dos microorganismos devido a maior disponibilidade de energia e nutrientes da matéria orgânica fresca acrescentada. Os mecanismos que controlam o efeito *priming* são muito mais complexos que comumente se acredita (Fontaine et al., 2003). Por exemplo, a adição de compostos orgânicos facilmente assimiláveis (glicose, frutose e nutrientes) pouco favoreceu a mineralização da MOS quando comparado a palhada de azevém, celulose e trigo (Shen & Bartha, 1997). Com isso, além de depender do tipo de substrato que é adicionado ao solo, depende da população de organismos presente no solo (Fontaine et al., 2003).

Para algumas situações, o acréscimo de material fresco não favorece o efeito *priming*, por outro lado, o aporte de C em formas mais complexas pode favorecer a mineralização da MOS. Quanto maior o grau de complexidade do material orgânico

acrescentado resulta numa diversificação de enzimas extracelulares produzidas pelos microorganismos que induzem a mineralização da MOS (Fontaine et al., 2003).

Santos (2014), avaliando os atributos químicos e biológicos do solo com a adição de SH, observou um maior estímulo da biomassa microbiana, houve comportamento de redução e aumento da atividade biológica do solo ao longo do experimento, uma vez que a adição de SH proporcionou uma redução do C lábil do solo, que aumentou após o período inicial de 28 dias, com isso, o aumento da disponibilidade de C aos microorganismos resultou em aumento da atividade microbiana. O mesmo autor justifica que esse comportamento de redução e aumento da atividade biológica do solo pode está relacionada a dois fatores: a disponibilidade de C facilmente assimilável e/ou o efeito *priming*, que estimulou a decomposição do C nativo do solo.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, I.; SAQUIB, R.U.; QASIM, M.; SALEEM, M.; KHAN, A.S.; YASEEN, M. Humic acid and cultivar effects on growth, yield, vase life, and corm characteristics of gladiolus. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v.73, p.339-344, 2013.
- AHMED, O.H.; AMINUDDIN, H.; HUSNI, M.H.A. Reducing ammonia loss from urea and improving soil-exchangeable ammonium retention through mixing triple superphosphate, humic acid and zeolite. **Soil Use and Management**. v.22, p.315-319, 2006.
- ALVES, R. E.; MENEZES, J. B. Botânica da aceroleira. In: São José, A. R., ALVES, R. E. (ed.) **Acerola no Brasil: Produção e Mercado**. Vitória da Conquista-BA, UESB. p.7-14, 1995.
- ALVES, R.E.; SILVA JÚNIOR, A.Q.; SILVA, H.; SILVA, A.N.D.; MALAVOLTA, E. **Concentração e exportação de nutrientes pelos frutos de acerola (Malpighia glabra L.) por ocasião da colheita**. In: 19a Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, SBCS, Santa Maria. 1990.
- AMORIM, D.A.; SOUZA, H.A.; ROZANE, D.E.; MONTES, R. M.; NATALE, W. Adubação nitrogenada e potássica em goiabeiras 'Paluma': efeito no estado nutricional das plantas. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.37 p.210-219, 2015.
- ANDRIOLI, I.; PRADO, R. de M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistema de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**. n.3, v.33, p.963-978, 2012.
- ANGHINONI, I. **Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. In: SANTANA, M.B.M. Adubação nitrogenada no Brasil. Ilhéus: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira/SBCS. p.1-18, 1986.
- ARAUJO, J.L.P.; ARAUJO, E.P. **Análise da composição dos custos de produção e da rentabilidade econômica do sistema típico de produção da acerola explorada na região do Vale do Submédio São Francisco**. In: xxii Congresso brasileiro de fruticultura. Bento Gonçalves-RS. 2012.
- ARAUJO, P.S.R. DE; MINAMI, K. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargill. 1994.
- ASENJO, C. F. Acerola. In: São José, A. R.: Alves, R. E. (ed.) **Acerola no Brasil: produção e mercado**. Vitória da conquista. 1995.
- BALDOTTO, L.E.B. E BALDOTTO, M.A. Adventitious rooting on the Brazilian red-cloak and sanchezia after application of indole-butyric and humic acids. **Horticultura Brasileir**. v.32, p.426-431, 2014b.
- BALDOTTO, L.E.B. E BALDOTTO, M.A. Growth and production of ornamental sunflower grown in the field in response to application of humic acids. **Ciência Rural**. (no prelo), 2014a.
- BALDOTTO, M.A.; GIRO, V.B.; BALDOTTO, L.E.B; CANELLAS, L.P. E VELLOSO, A.C.X. Initial performance of pineapple and utilization of rock phosphate applied in combination with organic compounds to leaf axils. **Revista Ceres**. v.58, p.393-401, 2011a.
- BALDOTTO, M.A.; MUNIZ, R.C.; BALDOTTO, L.E.B. E DOBBSS, L.B. Root growth of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. treated with humic acids isolated from typical soils of Rio de Janeiro state, Brazil. **Revista Ceres**. v.58, p.504-511, 2011b.
- BATAGLIA, O.C. **Métodos diagnósticos da nutrição potássica com ênfase no DRIS**. In: Yamada, T., Roberts, T. L. (eds). Potássio na agricultura brasileira. Simpósio Sobre Potássio na Agricultura Brasileira, São Paulo, Brasil. p.322-241, 2005.

- BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. Efeitos da adubação NPK na fertilidade do solo, nutrição e crescimento da seringueira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.23, p.881-890, 1999.
- BEBOUT, G.E.; FOGEL, M.L.; CARTIGNY, P. Nitrogen: Highly volatile yet surprisingly compatible. **Elements**. n.5, v.9, p.333-338, 2013.
- BINGEMAN, C.W.; VARNER, J.E.; MARTIN, W.P. The effect of the addition of organic materials on the decomposition of an organic soil. **Soil Science Society of America, Proceedings**. v.29 p.692-696. 1953.
- BORGES, A.L.; CALDAS, R.C.; LIMA, A.A. Doses e fontes de nitrogênio em fertirrigação no cultivo do maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.28, p.301-304, 2006.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**. v.30, p.365-372, 2000.
- BREMNER, J.M. Organic forms of nitrogen. In: Black, C.A. Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Madison: **American Society of Agronomy**. p.1238-1255, 1965.
- BYRNES, B. H. Liquid fertilizers and nitrogen solutions. In: INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER. **Fertilizer manual**. Alabama: Kluwer Academic. p.20-44, 2000.
- CANELLAS, L. P.; MARTINEZ, B. D.; MÉDICI, L. O.; AGUIAR, N. O.; CAPOSTRINI, E.; ROSA, R. C.; FAÇANHA, A.; OLIVARES, F. L. A combination of humic substances and *Herbaspirillum seropedicae* inoculation enhances the growth of maize (*Zea mays L.*). **Plant and Soil**. v.66, p.119-132, 2012.
- CANELLAS, L. P.; SPACCINE, R.; PICCOLO, A.; DOBBSS, L. B.; OKOROKOVA, F.; SANTOS, G. D. A.; OLIVARES, F. L.; FAÇANHA, A. R.. Relationships between 45 chemical characteristics and root growth promotion of humic acids isolated from Brazil oxisols. **Soil Science**. v.174, p.611-620, 2011.
- CANELLAS, L. P.; TEIXEIRA JUNIOR L. R. L.; DOBBSS, L. B.; SILVA, C. A.; MÉDICI, 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.; PICCOLO, A.; DOBBSS, L.B.; SPACCINI, R.; OLIVARES, F.L.; ZANDONADI, D. B.; FAÇANHA, A. R. Chemical composition and bioactivity properties of size fractions separated from a vermicompost humic acid. **Chemosphere**. v.78, p.457-466, 2010.
- CAVALCANTE, Í. H. L.; SILVA-MATOS, R. R. S.; ALBANO, F. G.; SILVA JUNIOR, G. B.; SILVA, A. M.; COSTA, L. S. Foliar spray of humic substances on seedling production of yellow passion fruit. **Journal of Food, Agriculture & Environment**. v.11, p.301-304, 2013.
- CAVALCANTI, F.J. de A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (2º Aproximação)**. IPA, Recife. 198p, 1998.
- ÇELIK, H.; KATKAT, A.V.; ASIK, B.B.; TURAN, M.A. Effect of foliar-applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. **Communications Soil Science Plant Analysis**. v.42 p.29-38, 2010.
- CHAPLIN, F. S.. The mineral nutrition of wild plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v.11, p.233-260, 1980.
- CIBES, H.; SAMUELS, G. **Mineral deficiency symptoms displayed by acerola trees grown in the greenhouse under controlled conditions**. University of Puerto Rico, Rio Piedras. (Technical Paper, 15). 1995.
- COELHO, Y.S.; RITZINGER, R.; OLIVEIRA, J.R.P. Proacerola: **Programa de desenvolvimento da Cultura da Acerola no Estado da Bahia**. In: Reunião Anual

- da Sociedade Interamericana de Horticultura Tropical, Fortaleza: Sociedade Interamericana de Horticultura Tropical. 2003.
- CUNHA, M.S. **Qualidade de frutos e produção da ateira em função de adubação nitrogenada e substâncias húmicas.**, Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI. p.49-66, 2012.
- CUNHA, M.S., CAVALCANTE, I. H. L., ALBANO, F. G., MARQUES, A. S. Impact of humic substances and nitrogen fertilizing on fruit quality and yield of custard apple. **Acta Scientiarum. Agronomy.** v.37, p.211-218, 2015.
- DELBEM, F.C.; SCABORA, M.H.; FILHO, C.V.S.; HEINRICH, R.; CROCIOLLI, C.A.; CASSIOLATO, A.M.C. Fontes e doses de adubação nitrogenada na atividade microbiana e fertilidade do solo cultivado com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum Agronomy.** n.2, v.33, p.361-367, 2011.
- DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação.** 4. ed. Belém-PA. p.215, 2011.
- DICK, D.P.; NOVOTNY, E.H., DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo, Capítulo XI. In: Química e mineralogia do solo, parte II. **Aplicações.** MELO, V.F. & ALLEONI, R.F., eds. 2009.
- DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. **Manual de métodos de análise de solo.** 2ª Ed. Revista. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. p.230, 2011.
- DONG, L.; KREYLOS, A.L.; YANG, J.; YUANA, H.; SCOWB, K.M. Humic acids buffer the effects of urea on soil ammonia oxidizers and potential nitrification. **Soil Biology Biochemistry.** v.4, p.1612-1621, 2009.
- DUARTE, D. S. A.; KIEHL, J.DE.C. **Perdas de amônia por volatilização em solo tratado com ureia, na presença de resíduos culturais.** In: FertBio 2010, 2010, Guarapari, ES. XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 2010.
- EBELING, A. G.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; PINHEIRO, E.F.M.; VALLADARES, G.S. Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos. **Bragantia.** v.70, p.157-165, 2011.
- EBELING, A. G.; ANJOS, L.H.C.; PEREZ, D.V.; PEREIRA, M.G.; GOMES, F.W.F. Atributos químicos, carbono orgânico e substâncias húmicas em Organossolos Háplicos de várias regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** v.35, p.325-336, 2011.
- EMBRAPA. **A cultura da acerola.** Embrapa Informação Tecnológica. v.3, p.144, 2012.
- ESASHIKA T.; OLIVEIRA L. A.; MOREIRA F. W. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num Latossolo da Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias.** n.4, v.36, p.399-410. 2013.
- FERNANDES A. A.; SILVA, G. D.; MARTINEZ H. E. P.; BRUCKNER, C. H. Sintomatologia das deficiências minerais e quantificação de macronutrientes em mudas de aceroleira. **Revista Ceres,** n.274, v.47, p.639-650, 2000.
- FERRARA, G. e BRUNETTI, G. Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv Italia. **Journal of Agricultural Research.** v.8, p.817-822, 2010.
- FERREIRA, K. S. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com nitrogênio e potássio.** 49p. (Dissertação de mestrado) Universidade Federal de São João Del-Rei-UFSJ, Sete Lagoas- MG. 2014.
- FIGUEIREDO, C.C. **Efeito de diferentes sistemas de manejo no carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e na absorção de nitrogênio pelo milho em**

- um Latossolo Vermelho no Cerrado**. 77p.(Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília – UnB. Brasília, DF. 2003.
- FONTAINE, S.; MARIOTTI, A.; ABBADIE, L. The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? **Soil Biology & Biochemistry**. v.35, p.837–843, 2003.
- FONTES, P.S.F. **Eficiência da fertirrigação com nitrogênio e avaliação do estado nutricional do maracujazeiro amarelo utilizando o DRIS**. Campos dos Goytacazes, RJ. 100p. Tese (Doutorado em Produção vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Rio de Janeiro-RJ. 2005.
- FONTES, R.V. **Eficiência fotoquímica das plantas e atividade da enzima pectina metilesterase na polpa de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.)**. 63p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2005.
- FRANZÃO, A. A; MELO, B. **A cultura da aceroleira**. 2017. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/aceroleira.htm>> Acesso em 28/07/2017.
- FURLANETO, F. P. B.; NASSER, M. D. Panorama da cultura da acerola no estado de São Paulo. **Pesquisa & Tecnologia**, n.12, v.1, p.6, 2015.
- HALPERN, M.; BAR-TAL, A.; OFEK, M.; MINZ, D.; MULLER, T.; YERMIYAHU U. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. **Advances in Agronomy**. v.130, p.141-174, 2014.
- HARGROVE, W. L. Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B. R.; KISSEL, D.E. (Ed.). **Ammonia Volatilization from urea fertilizers**. Alabama: NFDC, TVA. v.2, p.17-36, 1988.
- HAYES, M. H. B.; CLAPP, C. E. Humic substances: considerations of compositions, aspects of structures and environmental influences. **Soil Science**. v.166, p.723-737, 2001.
- HUO, C.; LUO Y.; CHENG, W. Rhizosphere priming effect: A meta-analysis. **Soil Biology & Biochemistry** . v.111, p. 78-84, 2017.
- IBPGR - International Board of Plant Genetic Resources. **Malpighia emarginata (Acerola)**. In: Genetic resources of tropical and subtropical fruits and nuts (excluding musa). p.52-54, 1986.
- JÚNIOR, E. S. N.; MEDEIROS, J. F. M.; OLIVEIRA F. A.; LIMA L. A.; BEZERRA F. M. S.; ALVES R. C. Nitrogen and potassium fertigation in bell pepper cultivated in greenhouse using fertigation managements. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. n.21, v.3, p.186-190. 2017.
- KASIM, S.; AHMED, O.H.; MAJID, N.M.A.; YUSOP, M.K.; JALLOH, M.B. Reduction of ammonia loss by mixing urea with liquid humic and fulvic acids isolated from tropical peat soil. **American Journal Agricultural Biology Science**. v.4, p.18-23, 2009.
- Knicker, H. Soil organic N - An under-rated player for C sequestration in soils?. **Soil Biology & Biochemistry**. v.43, p.1118-1129, 2011.
- KUZYAKOV, Y.; FRIEDEL, J.K.; STAHR, K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. **Soil Biology & Biochemistry**. v.32, p.1485-1498, 2000.
- LANDRAU JÚNIOR, P. e HERNANDEZ-MEDINA, E. Effects of major and minor elements, lime and soil arrendments on the yield and ascorbic acid content of acerola (*Malpighia pinicifolia* L.). **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, Rio Piedras, p.43:19, 1959.



- LAZZARINI, P.R.C. **Substâncias húmicas extraídas de turfa com N-uréia: Influencia no crescimento da cana-de-açúcar e nas transformações de N no solo.** 82 p. (Dissertação de mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2014.
- LIMA, R. L. S.; FERREIRA, G. B.; CAZETTA, J. O.; WEBER, O. B.; SIQUEIRA, D. L.; PAIVA, J. R. Exportação de nutrientes minerais por frutos de aceroleira colhidos em diferentes épocas do ano. **Revista Brasileira de Fruticultura.** v.30, p.806-811, 2008.
- LIMA, V.L.A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M.L.S.; LIMA, D.E.S. Avaliação de teor de antocianinas em polpa de acerola congelada proveniente de frutos de 12 diferentes aceroleiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** v.23, p.101-103, 2003.
- LIU, C.; PRAKASH, J.; JEAN, J. The geochemical characteristics of the mud liquids in the Wushanting and Hsiaokunshui Mud Volcano region in southern Taiwan : Implications of humic substances for binding and mobilization of arsenic. **Journal of Geochemical Exploration.** v.128, p.62-71, 2013.
- LUO, J.; QIN, J.; HE, F.; LI, H.; LIU, T.; POLLE, A.; PENG, C.; LUO, Z. B. Net fluxes of ammonium and nitrate in association with H<sup>+</sup> fluxes in the roots of *Populus popularis*. **Planta.** v.237, p.919-931, 2013.
- MACKOWIAK, C.L.; GROSSL, P.R.; BUGBEE, B.G. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. **Soil Science Society of America Journal.** v.65. p.1744-1750, 2001.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Ceres. 251p, 1980.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2 ed. Piracicaba: POTAFOS. 281p, 1997.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas.** Potafos, Piracicaba. 1989.
- MARINARI, S.; LOGOMARSINO, M. C.; MOSCATELLI, A. Di. TIZIO; CAMPIGLIA, E. Soil carbon and nitrogen mineralization kinetics in organic and conventional three-year cropping systems. **Soil Till Res.** v.109, p.161-168, 2010.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2nd. ed. repr. Amsterdam: Academic Press. 889p, 2005.
- MAY-DE-MIOM, L.L.; TUTIDAM, I.; MOTTAM, A.C.V.; DOLINSKIM, M.A.; SERRAT, B.M.; MONTEGUTI, D; Rate of application of nitrogen and potassium in relation to relation to brown rot and scab in plum 'Reubennel' in the region of Araucaia, Parana. **Tropical Plant Pathology.** v.33, p.35-40, 2008.
- MELO, A.A.B.; VALLADARES, G.S.; CEDDIA, M.B.; PEREIRA, M. G.; SOARES, I. Spatial distribution of organic carbon and humic substances in irrigated soils under different management systems in a semi-arid zone in Ceará, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias.** v.37, p.1845-1856, 2016.
- MIRANDA, J.R.P.; FREIRE, A.L.O.; SOUTO, J.S.; MOURA, O.N.; ROLIM JÚNIOR, S.S. **Efeito da omissão de nutrientes sobre os teores foliares de macronutrientes em mudas de acerola (*Malpighia glabra* L.).** In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Lavras, Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, Lavras. 221p, 1995..
- MORA, V.; BOICAICOA, E.; ZAMARREÑO, A.M.; AGUIRRE, E.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; GARCIA-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 Plants Physiology.** v.167, p.633-642, 2010.

- MORO E.; CRUSCIOL C. A. C., NASCENTE A. S., CANTARELLA H. Teor de nitrogênio inorgânico no solo em função de plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e inibidor de nitrificação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.43, p.424-435, 2013.
- MUSCOLO, A.; SIDARI, M.; NARDI, S. Humic substance: relationship between structure and activity. Deeper information suggests univocal findings. **Journal Geochemical Exploration**. v.129. p. 57-63, 2013.
- NUNES, J.C. **Crescimento e composição foliar da goiabeira 'Paluma' no solo com Humitec® e cobertura morta**. 57p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Brasil. 2013.
- NUZZO, G.; GALLO, C.; D'LEPPOLITO, G.; CUTIGNANO, A.; SARDO, A.; FONTANA, A. composition and quantification of microalgal lipids by ERETIC <sup>1</sup>H NMR method. **Ecosystems**. v.11, p.3742-3753, 2013.
- OLAETXEAA, M.; HITAA, D.; GARCIAB, C.A.; FUENTESA, M.; BAIGORRIC, R.; MORAD, V.; GARNICAA, M.; URRUTIAA, O.; ERROA, J.; ZAMARREÑO, A.M.; BERBARAB, R.L.; MINAA, J.M.G. Hypothetical framework integrating the main mechanisms involved in the promoting action of rhizospheric humic substances on plant root- and shootgrowth. **Applied Soil Ecology**. 10p, 2017.
- PAVINATO, O.S. E 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.
- PERTUSATTI, J. e PRADO, A.G.S. Buffer capacit of humic acid: thermodynamic approach. **Jornal of Colloid and Interface Science**. v.314, p.484-489. 2007.
- PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP. 2008.
- PRIMO, D.C.; MENEZES, R.S.C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**. v.7, p.1-13, 2011.
- 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.
- QUAGGIOTTI, S.; RUPERTI, B.; PIZZEGHELLO, D.; FRANCIOSO, O.; TUGNOLI, V.; NARDI, S. Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Experimental Botany**. v.55, p.803-813, 2004.
- RITZINGER, R.; RITZINGER, C.H.S.P. Cultivo tropical de fruteiras: Acerola. **Informe Agropecuário**. v.32, p.17-25, 2011.
- ROCHA, L.F.; CAVALCANTE, L.F.; NUNES, L.C.; SOUTO, A.G.L.; CAVALCANTE, A.C.P.; CAVALCANTE I.H.L.; PEREIRA, W.E. Fruit production and quality of guava 'Paluma' as a function of humic substances and soil mulching. **African Journal of Biotechnology**. v.15, p.1962-1969. 2016.
- ROSA, A.H.; ROCHA, J.C.; FURLAN, M. Substâncias húmicas de turfa: estudo dos parâmetros que influenciam no processo de extração alcalina. **Química Nova**. n.23, v.4, p.472-476, 2000.
- ROSE, M.T.; PATTI, A.F.; LITTLE, K.R.; BROWN, A.L.; JACSON, W.R.; CAVAGNARO, T.R. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. **Advances in Agronomy**. v.124, p.37-89, 2014.
- ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; FRANCO, C.F.; NATALE, W. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira,

- cultivados em soluções nutritivas. **Ciência e Agrotecnologia**. v.31, p.1020-1026, 2007.
- SANTANA, E.A.; LOBO J.T.; PEREIRA, R.N.; LIMA, A.M.N.; CUNHA, J.C.; CAVALCANTE, Í.H.L. Micronutrientes foliares na goiabeira fertirrigada com biofertilizante e nitrogênio no semiárido. **Comunicata Scientiae**. n.7, v.4, p.523-527, 2016.
- SANTOS, C.A. **Substâncias húmica e seu efeito em atributos químicos e biológicos do solo e na produção vegetal**. 91p. Tese de doutorado. USP-2014.
- SANTOS, F. J. S. e CRISÓSTOMO, L.A. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 3 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Instruções técnicas, 5). 2000.
- SAVANT, N. K.; JAMES, A. F.; MCCLELEAN, G. H. Effect of amounts and sequence of additions of urea and water on hydrolysis of surface-applied granular urea in unsaturated soils. **Fertilizer Research**. v.11, p.231-234, 1987.
- SEGTOVIC, E. C.; BRUNELLI, L. T.; VENTURIN FILHO, W. G. Avaliação química e sensorial de fermentado de acerola. **Brazilian Journal Food Technology**. v.16, n.2, p.147-154, 2013.
- 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.
- SHEN, J.K.; BARTHA, R. Priming effect of glucose polymers in soil based Biodegradation tests. **Soil Biology & Biochemistry**. v.29, p.1195-1198, 1997.
- SILVA, A.C.; CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; DOBBS, L.B.; AGUIAR, N.O.; FRADE, D.A.R.; REZENDE, C.E.; PERES, L.E.P. Promoção do crescimento radicular de plantas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, p.1609-1617, 2011.
- SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZZETTI, S.; VELOSO, M.E.C.; TRIVELIN, P.C.O. Aproveitamento do nitrogênio (15N) da crotalaria e do milho pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**. v.36, p.739-746, 2006.
- SILVA, F.C. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2ed. Rev. Ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 627p, 2009.
- SILVA, G. D. **Absorção de Macronutrientes e micronutrientes pela aceroleira (*Malpighia glabra* L.)** 61p. (Tese de Mestrado). UFV – Viçosa. 1998.
- SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds.) Fertilidade do solo. **Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. p.275-374. 2007.
- SILVA, R.L.; CAVALCANTE Í.H.L.; LIMA, A.M.L.; BARBOSA, L.F.S.; SOUZA, C.; SOUSA, E.S.S.; LESSA, T.B.S.; CAVALCANTE, L.F. Effect of humic substances and nitrogen fertilization on yellow passion fruit cultivation in the Brazilian semiarid region. **African Journal of Biotechnology**. v.11, p.3307-3313, 2016.
- SØRENSEN, L.H. Rate of decomposition of organic matter in soil as influenced by repeated air drying-rewetting and repeated additions of organic material. **Soil Biol. Bioch.** v.6, p.287-292, 1974.
- SOUZA W. B.; SANTANA G. P. Substâncias húmicas: Importância, estruturas químicas e interação com mercúrio. **Scientia Amazonia**. n.3, v.3, p.80-88, 2014.
- STEVENSON, F.J. Humus chemistry: Gênesis, composition, reactions. New Sutton, R., Sposito, G. (2005). Molecular Structure in Soil Humic Substances. **The New View**. v.39, p.9009-9015, 1994.

- SWIFT, R.S. **Organic matter characterization**. In 'Methods of Soil Analysis Part 3', SSSA Book Series 5 (Ed DL Sparks) (SSSA Madison, Wisconsin). p.1011-1069, 1996.
- TAYLOR, F.W. **Planetary Atmospheres**. Oxford: Oxford University Press. 2010.
- TEIXEIRA, L.A.J.; NATALE, W.; NETO, J.E.B.; MARTINS, A.L.M. Nitrogênio e potássio em bananeira via fertirrigação e adubação convencional-atributos químicos do solo. **Revista Brasileira Fruticultura**. v.29, p.143-152, 2007.
- TEIXEIRA, L.A.J.; NATALLE, W.; RUGGIERO C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Rev. Bras. Frutic.** n.23, v.3, p.684-689, 2001.
- TRIVELIN, P.C.O.; FRANCO, H.C.J.; OTTO, R.; FERREIRA, D.A.; VITTI, A.C.; FORTES, C.; FARONI, C.E.; OLIVEIRA, E.C.A.; CANTARELLA, H. Impact of sugarcane trash on fertilizer requirements for São Paulo. **Scientia Agricola**. v.70, p.345-352, 2013.
- VARTHOLOMAIOU, A.; NAVROZIDIS, E.; PAYNE, C.; SALPIGGIDIS, G. Agronomic techniques to control *Lobesia botrana*. **Phytoparasitica**. v.36, p.264-271, 2008.
- VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; LIMA, W. A. **Influência da adição do nitrogênio e do potássio na formação de mudas de acerola (*Malpighia glabra*, L.)**. 19p. Embrapa Amazônia Oriental (Boletim de pesquisa 34). 2001.
- VOLK, M. G. Volatile loss of ammonia following surface application of urea to turf of bare soils. **Agronomy Journal**. v.51, p.746-749, 1959.
- WU, J.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. Formation and destruction of Microbial biomass during decomposition of glucose and ryegrass in soil. **Soil Biology & Biochemistry**. v.25, p.1435-1441, 1993.
- 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.
- ZANDONADI, D.B.; CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation. **Planta**. v.225, p.1583-1595, 2007.

## CAPÍTULO 2

### ATRIBUTOS QUÍMICOS E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB CULTIVO DE ACEROLEIRA FERTIRRIGADA COM NITROGÊNIO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

#### Resumo

O uso das substâncias húmicas no solo, quando manejada de forma adequada, pode aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados e contribuir para o aumento da matéria orgânica do solo e disponibilidade de nutrientes para as plantas. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar, em dois ciclos de produção, o efeito da aplicação de substâncias húmicas e diferentes doses de nitrogênio (N) nos atributos químicos e frações da matéria orgânica do solo sob cultivo de aceroleira no semiárido. O experimento foi instalado em parcelas subdivididas e distribuídas em faixas com quatro repetições. Nas parcelas: substâncias húmicas (sem e com), usando como fonte o KS100; e nas subparcelas: adubação nitrogenada (50; 75; 100; 125 e 150% da dose recomendada), usando ureia. Foram determinados no solo o pH; H+Al; Al<sup>3+</sup>; os teores de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>; e calculados a CTC e a saturação por bases (V, %) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm. Também, foram determinados os estoques de carbono orgânico total (COT), carbono (C) das frações ácido húmico (CFAH), ácido fúlvico (CFAF), humina (CFH) e das substâncias húmicas (CSH). Foi possível observar que no segundo ciclo de produção da aceroleira os solos apresentaram maiores teores de nutrientes disponíveis para as plantas. O aumento da disponibilidade de N não possibilitou uma tendência clara do comportamento dos atributos químicos e estoques de C orgânico no solo. Nas condições do presente trabalho, a aplicação de KS100 possibilitou redução nos estoques de C das substâncias húmicas do solo.

**Palavras-Chave:** Ácido húmico, adubação nitrogenada, carbono orgânico total, macronutriente, *Malpighia emarginata*.

## CHEMICAL ATTRIBUTES AND ORGANIC MATTER FRACTIONS OF SOIL CULTIVATED WITH ACEROLA FERTIGATED WITH NITROGEN AND HUMIC SUBSTANCES

### Abstract

The use of humic substances in the soil, when adequately managed, can increase the efficiency of nitrogen fertilizers and contribute to the increment in soil organic matter and availability of nutrients to plants. Hence, this study aimed to evaluate, in two production cycles, the effect of applying humic substances and different nitrogen (N) doses on the chemical attributes and organic matter fractions of a soil cultivated with acerola in the semi-arid region. The experiment was installed in split plots, arranged in strips with four replicates. In the plots: humic substances (with and without), using KS100 as source; and in the subplots: N fertilization (50; 75; 100; 125 and 150% of the recommended dose), using urea. The soil was analyzed for pH; H+Al; Al<sup>3+</sup>; contents of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup>; calculating CEC and base saturation (V, %), in the layers of 0-20 and 20-40 cm. We also determined the stocks of total organic carbon (TOC) and carbon (C) of the fractions humic acid (CFHA), fulvic acid (CFFA), humin (CFH) and humic substances (CHS). It was possible to observe that, in the second production cycle of acerola, the soils showed higher contents of nutrients available to plants. Increase in N availability did not allow a clear trend in the behavior of chemical attributes and organic C stocks in the soil. Under the studied conditions, KS100 application allowed reduction in the C stocks of the humic substances of the soil.

**Key words:** Humic acid, nitrogen fertilization, *total organic carbon*, macronutrient, *Malpighia emarginata*.

## 1. INTRODUÇÃO

O interesse comercial pelo cultivo da aceroleira (*Malpighia emarginata*) deve-se ao elevado teor de vitamina C encontrado nos frutos, que lhe confere um produto de alta qualidade, destacando-se no campo medicinal e alimentício. A produção brasileira é largamente concentrada na região Nordeste que detém 64% da produção nacional (Embrapa, 2012).

A produtividade da aceroleira pode variar em função da variedade, condições ambientais e do manejo empregado (Franzão e Melo, 2017). Com isso, para alcançar uma exploração economicamente satisfatória, há necessidade do desenvolvimento de tecnologias que contribuam para o aumento da produtividade, principalmente, quanto à nutrição mineral da cultura. Segundo Baldoto et al. (2011a, b), existem poucos trabalhos sobre a nutrição e adubação mineral da cultura da aceroleira. Por outro lado, Rozane et al. (2007) citam que, na fase inicial do desenvolvimento da planta, a aceroleira é exigente em nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e potássio (K).

O N é um elemento de suma importância na nutrição da aceroleira, pois é extraído em maior quantidade pelos frutos, com isso, é necessário que sua reposição à planta seja feita de forma adequada para garantir que a produtividade seja satisfatória (Embrapa, 2012).

Com o intuito de incrementar a eficiência da absorção de N e de outros nutrientes, a utilização de condicionadores de solo tem sido amplamente estudada, entre eles as substâncias húmicas (SH) (Cunha et al., 2015). No que se refere à sua natureza química, as SH apresentam uma alta complexidade e diversidade estrutural, e são formadas por humina, ácidos húmico e fúlvico (Primo et al., 2011). Esses materiais orgânicos ricos em carbono exercem uma série de efeitos benéficos sobre os atributos do solo, incluindo aumento na capacidade de armazenamento de água, formação e manutenção de agregados do solo, capacidade de troca catiônica, disponibilidade de nutrientes, além de minimizar a lixiviação de nutrientes, aumentando a absorção de N e outros nutrientes pelas plantas (Selim & Mosa, 2012; Baldotto & Baldotto, 2014; Cavalcante et al., 2014; Caron et al., 2015).

A aplicação das SH associadas á outros condicionadores para as plantas tem sido também objeto de estudo, no entanto, ainda não são conhecidos os efeitos da aplicação de SH e N sobre os atributos químicos dos solos cultivados com aceroleira

no semiárido. Ahmed et al. (2006), avaliando as perdas de N da uréia associado à aplicação de ácido húmico em solo argiloso, observaram efeito sinérgico com a aplicação do ácido húmico, ou seja, a mistura da uréia com ácido húmico reduziu significativamente a perda de  $\text{NH}_3$  entre 32 e 61% em comparação com os tratamentos que utilizaram apenas a uréia no solo, onde as maiores reduções foram observadas com as maiores doses de ácido húmico (0,75 e 1  $\text{g kg}^{-1}$ ).

Segundo Primo et al. (2011), além do benefício da maior retenção de nutrientes no solo, a degradação das substâncias orgânicas no solo promove a disponibilidade de nitratos, fosfatos, sulfatos, entre outros nutrientes, sendo uma importante fonte destes nutrientes para as plantas. Selim et al. (2010) obtiveram resultados satisfatórios na fertirrigação com SH em solo arenoso. Esses autores relataram efeitos positivos sobre os atributos químicos do solo arenoso, incluindo o aumento no teor de K e redução na lixiviação de nutrientes com o uso de SH associados à fertilização mineral. Bezerra et al. (2015) observaram maior disponibilidade de P após a aplicação de SH em Neossolo e Argissolo cultivados com cana-de-açúcar. Além disso, em condições controladas, Arjumend et al. (2015) observaram efeitos positivos das SH sobre N, P, K e conteúdo de matéria. Por outro lado, a adição de ácidos orgânicos no solo pode ocasionar efeito *priming*, que é o fenômeno pelo qual a matéria orgânica do solo (MOS) se decompõe mais rapidamente após a adição de ácidos orgânicos. Huo et al., (2017) e Paula et al., (2013) observaram que a adição de ácidos orgânicos ao solo pode estimular a decomposição da MOS em até 59% em média.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar, em dois ciclos de produção, os atributos químicos e frações da MOS sob cultivo de aceroleira fertirrigada com N e substâncias húmicas no semiárido.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

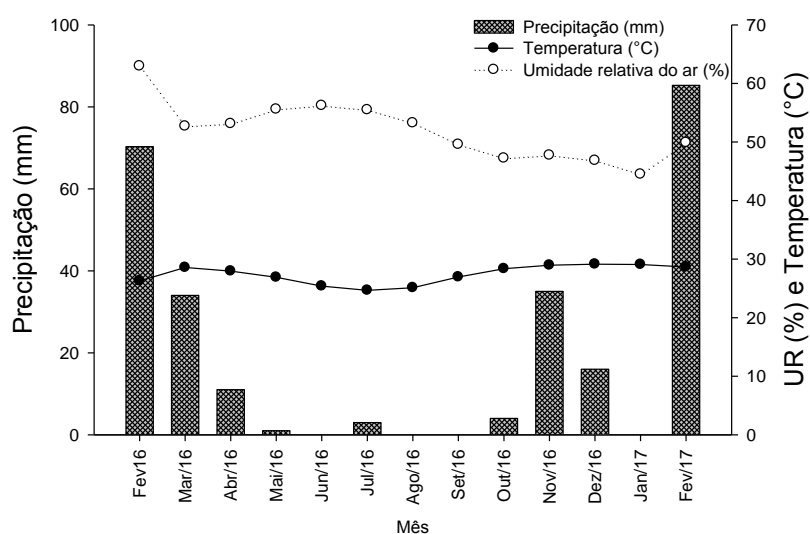
### 2.1 Área experimental e manejo da cultura

O experimento foi conduzido em dois ciclos de produção, sendo o primeiro entre fevereiro e julho de 2016 e o segundo entre setembro de 2016 e fevereiro de 2017 no setor de fruticultura do *Campus* Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, situado em Petrolina-PE, sendo localizado às coordenadas geográficas – latitude: 09°19'28"S, longitude: 40°33'34"W, altitude:



393m. O clima da região é quente e seco no inverno, e chuvas no verão, sendo classificado por Koppen como BSw<sub>h</sub>, com precipitação pluvial média de 538,7 mm ano<sup>-1</sup>, distribuída entre os meses de novembro a abril e temperatura média anual de 26,2°C. O solo da área é classificado como Argissolo Amarelo eutrocoeso típico (Silva et al., 2017), apresentando teor de areia (894,22 g kg<sup>-1</sup>; 843,22 g kg<sup>-1</sup>), argila (95 g kg<sup>-1</sup>; 138 g kg<sup>-1</sup>) e silte (10,78 g kg<sup>-1</sup>; 18,78 g kg<sup>-1</sup>) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente.

Durante a execução do experimento, os dados climáticos foram coletados em estação meteorológica instalada no *Campus* de Ciências Agrárias (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação, temperatura e umidade relativa do ar (UR) mensal durante a realização do experimento.

Antes da instalação do experimento foram coletadas 20 amostras simples de solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, a fim de formar amostra composta em cada camada para determinação dos atributos químicos do solo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade antes da instalação do experimento.

Atributos	0-20 cm	20-40 cm
pH <sup>1/</sup>	6,54	5,86
CTC <sup>2/</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,83	7,12
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,02	1,75
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,42	0,53
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,35	0,33
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,04	0,04
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,29	0,12
H+Al <sup>3/</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,24	4,62
P (mg dm <sup>-3</sup> )	198,68	191,71
Fe <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	71,61	85,83
Mn <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	221,08	108,24
Zn <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	1,06	0,65
V <sup>4/</sup> (%)	52,01	35,03
COT <sup>5/</sup> (t ha <sup>-1</sup> )	22,78	12,25

<sup>1</sup> pH determinado em H<sub>2</sub>O 1:2,5; <sup>2</sup>Capacidade de troca catiônica; <sup>3</sup>Extração em 0,5 mol L<sup>-1</sup> de acetato de cálcio em pH 7,0; <sup>4</sup> Saturação por bases; <sup>5</sup>Carbono orgânico total; P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup>: Extrator de Mehlich-1; Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>: Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Silva (2009)

## 2.1 Implantação e condução do pomar

As mudas enxertadas na própria aceroleira da variedade 'Junko' foram plantadas em junho de 2015 com espaçamento de 4 m entre linhas e 3 m entre plantas, em covas de 50x50x50 cm, sendo irrigadas com sistema de irrigação localizada por microaspersão (vazão de 42 L h<sup>-1</sup>). No momento do plantio, foi realizada adubação de fundação com 20 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando-se como fontes o superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio - KCl (60% de K<sub>2</sub>O), respectivamente. Também foi aplicado 20 L planta<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido.

Durante o desenvolvimento das mudas de aceroleira foi realizado o tutoramento para auxiliar na condução do crescimento das plantas e quando as mudas atingiram 30-40 cm de altura foram realizadas podas de formação para conduzir a planta em haste única. Assim, foram deixados três ramos laterais e após a planta atingir 50 cm de altura, foi realizado o desponte para quebrar a dominância apical. Os ramos ladrões foram eliminados e, sistematicamente, após cada ciclo de produção, foram realizadas podas de renovação e limpeza, a fim de manter as plantas na altura adequada.

Todas as práticas de manejo para a poda, controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizadas segundo Barboza et al. (1996).

## 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi em parcelas subdivididas com tratamentos distribuídos em faixas 5 x 2, referentes a 5 doses de N (50, 75, 100, 125 e 150% da dose recomendada) e 2 aplicações de substâncias húmicas (sem e com), com 4 repetições e 3 plantas por subparcela. As doses de N foram definidas segundo as recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (Cavalcanti et al., 2008). Recomenda-se 100 g planta<sup>-1</sup> de N na implantação (crescimento), 150 g planta<sup>-1</sup> de N no primeiro ano de produção, 200 g planta<sup>-1</sup> de N no segundo ano e 250 g planta<sup>-1</sup> de N do terceiro ano em diante.

A fonte de nitrogênio usada foi a ureia (45% de N) com adubações semanais, a partir dos 60 dias após o transplântio (DAT). Nas fases de crescimento e produção as doses de N foram parceladas em dez aplicações, conforme recomendação de Cavalcanti et al. (2008). A fonte de substâncias húmicas (SH) utilizada no experimento foi o produto comercial KS100 (Omnia®), proveniente de leonardita, cuja composição apresenta K<sub>2</sub>O (15%), carbono orgânico total (45%), ácidos húmicos (70%) e ácidos fúlvicos (8%). Os valores de condutividade elétrica, índice salino, pH e solubilidade são, respectivamente, 0,37 mS cm<sup>-1</sup>; 24; 10 e 140 g L<sup>-1</sup>. As fertirrigações com SH foram iniciadas 30 DAT das mudas, com aplicações mensais de 6 g planta<sup>-1</sup> do produto KS100 até o final do experimento.

Foram realizadas ainda adubações com K, utilizando-se como fonte o KCl (60% K<sub>2</sub>O), aplicando-se 130 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O parcelada em dez aplicações semanais a partir de 90 DAT. As adubações foliares com micronutrientes (4,5 g planta<sup>-1</sup> de Zn e 1 g planta<sup>-1</sup> de B) foram realizadas em duas aplicações a partir de 90 DAT, utilizando-se como fonte os produtos comerciais Nutrigema, cuja composição apresenta B (67,7 g L<sup>-1</sup>) e Zn (67,7 g L<sup>-1</sup>), e Folimax Zinco, cuja composição apresenta Zn (118,89 g L<sup>-1</sup>) e COT (15,88 g L<sup>-1</sup>), seguindo a recomendação de Cavalcanti et al. (2008). O manejo de adubação foi realizado através de um sistema de fertirrigação (Viqua® venturi injetor de 1" na pressão de operação de 10 bar).

## 2.3 Variáveis analisadas e avaliação estatística

No início da floração das plantas no primeiro ciclo (março de 2016) e segundo ciclo de produção (outubro de 2016) foram coletadas 4 amostras de solo para cada

unidade experimental nas camadas de 0-20 e 20-40 cm a fim de formar uma amostra composta por repetição. Após obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) foram determinados os teores de fósforo (P), sódio ( $\text{Na}^+$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ) (Mehlich-1); cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ( $\text{KCl } 1,0 \text{ mol L}^{-1}$ ); ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ) e zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ) (Mehlich-1), conforme metodologia proposta por Silva (2009). Além disso, foram determinados os valores de pH em  $\text{H}_2\text{O}$  (1:2,5), acidez potencial ( $\text{H}+\text{Al}$ ) (acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  a pH 7,0) e acidez trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ) ( $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ ), conforme metodologia proposta por Silva (2009). Em seguida, foram calculados a capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V).

As amostras de TFSA foram trituradas e passadas em peneira de 100 mesh (0,149 mm) para determinação do C orgânico total (COT), pelo método de oxidação via úmida com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988). O fracionamento das substâncias húmicas foi realizado segundo o método sugerido pela International Humic Substances Society (Swift, 1996). Deste fracionamento, foram obtidos o carbono das frações ácido fúlvico (CFAF), ácido húmico (CFAH) e humina (CFH), baseando-se na solubilidade em soluções ácidas ou alcalinas, sendo o teor de C em cada fração húmica determinado pelo método de oxidação via úmida com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988). Do somatório do CFAF, CFAH e CFH obteve-se o C das substâncias húmicas (CSH). Os estoques de C nas diferentes frações da MOS nas distintas camadas do solo foram calculados multiplicando-se os teores de C pela massa de solo.

Os dados foram submetidos à análise de variância para diagnóstico de efeitos significativos entre os ciclos de produção, as doses de N e as substâncias húmicas, pelo Teste "F". Os tratamentos sem e com substâncias húmicas e o fator ciclo de produção foram comparados pelo teste de Scott-Knott a 1% e 5% de probabilidade (Silva & Azevedo, 2009), enquanto as doses de N foram avaliadas por regressão, seguindo as recomendações de Ferreira (2000).

### 3. RESULTADOS

As variáveis avaliadas no presente trabalho foram influenciadas significativamente por pelo menos um dos fatores estudados (Tabelas 2 e 3).

A interação entre os fatores ciclo, substâncias húmicas e doses de N (CxSHxN) foi significativa para os teores de P, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, para os valores de saturação por bases (V) e para o estoque de C na fração ácido húmico (CFAH) na camada de 0-20 cm de solo (Tabelas 2 e 3). Por outro lado, na camada de 20-40 cm de solo, a interação CxSHxN influenciou em quase todas as variáveis analisadas, com exceção aos teores de K<sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> (Tabela 2) e os estoques de CFAH, C da fração húmica (CFH) e C das substâncias húmicas (CSH) (Tabela 3). Observou-se também efeito significativo da interação entre o ciclo de produção e as doses de N (CxN) para o teor de Zn<sup>2+</sup> (Tabela 2) e para CTC, teor de Al<sup>3+</sup> e estoques de carbono orgânico total (COT), CFAF e CSH na camada 0-20 cm de solo (Tabela 3). Em contrapartida, na camada de 20-40 cm do solo, a interação entre CxN foi significativa apenas para o estoque de CSH.

A interação entre as substâncias húmicas e as doses de N (SHxN) na camada de 0-20 cm do solo apresentou efeito significativo para o teor de Fe<sup>2+</sup>, a CTC e os estoques de COT, CFAF e no CSH. Por outro lado, na camada de 20-40 cm apenas o teor de Fe<sup>2+</sup> e o estoque de CSH foram significativos. Além disso, ao analisar o efeito da interação entre o ciclo de produção e a aplicação das substâncias húmicas (CxSH) na camada de 0-20 cm do solo, notou-se que houve diferença significativa para o teor de Na<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup>, para a CTC e para os estoques de COT e CFH. Na camada de 20-40 cm do solo houve efeito significativo da interação CxSH para o teor de Zn<sup>2+</sup> e para o estoque de CSH.

Ao analisar o efeito dos fatores isolados observou-se que apenas o H+Al, na camada de 0-20 cm e o K<sup>+</sup> na camada de 20-40 cm apresentaram diferenças significativas com a aplicação das doses de N. Já a aplicação das SH influenciou o teor de Zn<sup>2+</sup> da camada de 0-20 cm e o teor de K<sup>+</sup> e no estoque CFH na camada de 20-40 cm do solo. Ainda de forma isolada, o fator ciclo de produção influenciou o teor de Fe<sup>2+</sup>, o pH e o H+Al na camada de 0-20 cm do solo, enquanto na camada de 20-40 cm verificou-se efeito significativo para o teor de Fe<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup> e os estoques de CFAH e CFH.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente ao pH e teores de P, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup> nas camadas de 0-20 e 20-40 em solo sob cultivo de aceroleira fertirrigado com nitrogênio e substâncias húmicas.

Fonte de variação	pH Em H <sub>2</sub> O 1:2,5	P —mg/dm <sup>3</sup> —	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				mg/dm <sup>3</sup>		
<b>Profundidade 0-20 cm</b>									
Valor F									
Ciclos (C)	20,16**	209,46**	4238,94**	97,30**	1947,50**	264,13**	590,63**	8,97*	43,24**
SH	0,30 <sup>ns</sup>	3,11 <sup>ns</sup>	65,12**	3,29 <sup>ns</sup>	10,98*	0,76 <sup>ns</sup>	1,91 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	13,03*
Doses de N	0,75 <sup>ns</sup>	6,04**	1,32 <sup>ns</sup>	3,64*	1,27 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	2,25 <sup>ns</sup>	5,18**	3,60*
CV%	5,15	26,46	14,82	20,65	17,16	26,70	17,69	52,45	35,33
CxSH	0,67 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	68,29**	5,93 <sup>ns</sup>	9,86*	2,54 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	9,74*	3,93 <sup>ns</sup>
CxN	1,96 <sup>ns</sup>	6,35**	1,50 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	2,29 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	2,67*	3,73*
SHxN	0,57 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	5,48**	1,62 <sup>ns</sup>	2,84*	3,06*	1,28 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>ns</sup>
CxSHxN	0,45 <sup>ns</sup>	3,36*	0,25 <sup>ns</sup>	3,99**	1,61 <sup>ns</sup>	3,06*	1,72 <sup>ns</sup>	3,10*	0,74 <sup>ns</sup>
Ciclo I	5,48b	102,72b	0,04b	0,36a	1,53b	0,18b	70,98a	11,19a	5,11b
Ciclo II	5,78a	385,11a	0,97a	0,25b	9,09a	0,56a	41,57b	7,63b	8,91a
CV%	5,40	35,77	12,54	16,17	14,46	28,58	9,62	56,49	36,85
Com SH	5,65a	229,96a	0,46b	0,31a	5,09b	0,36a	54,68a	8,99a	5,83b
Sem SH	5,61a	257,88a	0,55a	0,30a	5,52a	0,39a	57,87a	9,84a	8,18a
CV%	5,04	29,01	9,84	13,05	10,76	24,49	18,34	36,44	41,50
<b>Profundidade 20-40 cm</b>									
Valor F									
Ciclos (C)	27,83**	254,91**	1038,33**	39,74**	13915,10**	27,41**	75,28**	136,35**	37,28**
SH	0,01 <sup>ns</sup>	14,63**	11,88*	6,47*	275,93**	2,93 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>	22,76**	19,20**
Doses de N	0,04**	8,88**	1,89 <sup>ns</sup>	2,76*	6,21**	9,54**	1,18 <sup>ns</sup>	10,07**	1,45 <sup>ns</sup>
CV%	6,03	31,06	9,38	21,85	12,42	31,87	12,69	62,64	52,47
CxSH	0,19 <sup>ns</sup>	17,00**	12,64*	4,85 <sup>ns</sup>	78,99**	25,34**	0,01 <sup>ns</sup>	20,67**	21,05**
CxN	2,17 <sup>ns</sup>	8,00**	1,97 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	4,40**	18,42**	0,59 <sup>ns</sup>	8,77**	1,17 <sup>ns</sup>
SHxN	0,45 <sup>ns</sup>	7,178**	3,61*	1,66 <sup>ns</sup>	9,85**	10,92**	2,88*	3,34	1,34 <sup>ns</sup>
CxSHxN	0,10*	3,34*	3,30*	0,53 <sup>ns</sup>	9,23**	9,53**	0,40 <sup>ns</sup>	3,22*	2,18 <sup>ns</sup>
Ciclo I	5,15a	164,28b	0,04b	0,44a	1,16b	0,18b	67,62a	57,27a	3,94b
Ciclo II	4,91b	420,41a	1,34a	0,30b	17,04a	0,25a	51,28b	3,93b	6,54a
CV%	3,92	24,54	25,98	27,85	6,62	27,05	14,17	66,77	36,38
Com SH	5,03a	255,48b	0,66b	0,36b	9,66a	0,22a	57,46a	37,90a	4,09b
Sem SH	5,03a	329,21a	0,73a	0,38a	8,53b	0,20a	61,43a	23,29b	6,39a
CV%	4,82	29,49	12,91	8,16	3,34	26,62	23,98	44,74	44,68

ns = não significativo; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade, \* significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F com  $P \leq 0,05$ .

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância referente aos valores de V, CTC, H+Al, Al<sup>3+</sup> e estoques de COT, CFAH, CFAF, CFH e CSH nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de solo cultivado com aceroleira fertirrigada com nitrogênio e substâncias húmicas.

Fonte de variação	V (%)	CTC	H+Al cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup>	COT	CFAH	CFAF t/ha <sup>-1</sup>	CFH	CSH
<b>Profundidade 0-20 cm</b>									
<b>Valor F</b>									
Ciclos (C)	10740,77**	478,77**	525,13**	0,01 <sup>ns</sup>	6,30*	104,58**	1,33 <sup>ns</sup>	1471,99**	253,91**
Sub. Húmicas	2,03 <sup>ns</sup>	47,87**	3,02 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	126,17**	98,44**	35,67**	45,39**	213,94**
Doses de N	1,66 <sup>ns</sup>	3,12*	2,57*	1,96 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	3,57*	13,77**	1,03 <sup>ns</sup>	6,66**
CV%	6,79	9,47	16,01	27,28	28,39	28,30	31,32	23,60	20,85
CxSH	3,65 <sup>ns</sup>	13,66*	1,74 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	32,13**	16,57**	3,40 <sup>ns</sup>	33,24**	1,55 <sup>ns</sup>
CxN	2,67*	3,04*	0,85 <sup>ns</sup>	7,18**	6,11**	1,61 <sup>ns</sup>	13,78**	0,96 <sup>ns</sup>	4,06**
SHxN	0,71 <sup>ns</sup>	3,11*	1,97 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	9,83**	8,19**	6,49**	1,56 <sup>ns</sup>	6,13**
CxSHxN	3,47*	1,44 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	3,52*	1,85 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>
Ciclo I	23,08b	7,73b	5,98a	0,34a	16,83a	6,07a	4,11a	2,46a	12,65a
Ciclo II	81,79a	13,31a	2,54b	0,34a	14,74b	4,00b	3,76a	0,22b	7,99b
CV%	4,83	10,85	15,78	29,81	23,58	17,97	34,25	19,41	12,66
Com SH	52,04a	10,10b	4,14a	0,34a	12,53b	4,26b	2,81b	1,17b	8,25b
Sem SH	52,83a	10,94a	4,37a	0,34a	19,05a	5,81a	5,07a	1,51a	12,39a
CV%	4,73	5,10	13,81	27,59	16,43	13,82	42,91	16,70	12,26
<b>Profundidade 20-40 cm</b>									
<b>Valor F</b>									
Ciclos (C)	8237,78**	3101,89**	182,34**	2,91 <sup>ns</sup>	12,12*	15,77**	65,02**	289,03**	131,19**
Sub. Húmicas	17,65**	13,28*	0,13 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	8,49*	5,66 <sup>ns</sup>	5,61 <sup>ns</sup>	6,29*	13,95**
Doses de N	2,55 <sup>ns</sup>	5,80**	3,56*	11,06**	2,12 <sup>ns</sup>	2,23 <sup>ns</sup>	12,21**	1,92 <sup>ns</sup>	10,89**
CV%	11,53	9,81	18,14	18,77	22,18	28,24	30,17	33,84	17,50
CxSH	3,22 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	2,23 <sup>ns</sup>	2,79 <sup>ns</sup>	12,83*	0,07 <sup>ns</sup>	12,33*	5,26 <sup>ns</sup>	6,27*
CxN	2,36 <sup>ns</sup>	6,64**	1,41 <sup>ns</sup>	4,72**	4,94**	0,64 <sup>ns</sup>	6,75**	2,23 <sup>ns</sup>	6,37**
SHxN	2,11 <sup>ns</sup>	9,18**	3,89**	2,88*	0,66 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>	4,32**	0,54 <sup>ns</sup>	3,74**
CxSHxN	4,30**	11,67*	8,77**	3,51*	3,64*	1,75 <sup>ns</sup>	6,69**	0,38 <sup>ns</sup>	2,24 <sup>ns</sup>
Ciclo I	21,73b	7,31b	6,28a	0,65a	22,60a	6,79a	7,27a	1,83a	15,90a
Ciclo II	82,46a	23,24a	4,10b	0,62a	18,28b	4,98b	4,01b	0,20b	9,19b
CV%	5,74	8,37	13,91	13,47	27,15	34,61	32,14	42,24	20,88
Com SH	54,43a	15,91a	5,23a	0,64a	19,24b	5,48a	5,35a	1,07a	11,90b
Sem SH	49,76b	14,65b	5,16a	0,63a	21,63a	6,29a	5,93a	0,96b	13,18a
CV%	9,54	10,11	15,33	21,47	17,92	25,75	19,66	20,33	12,20

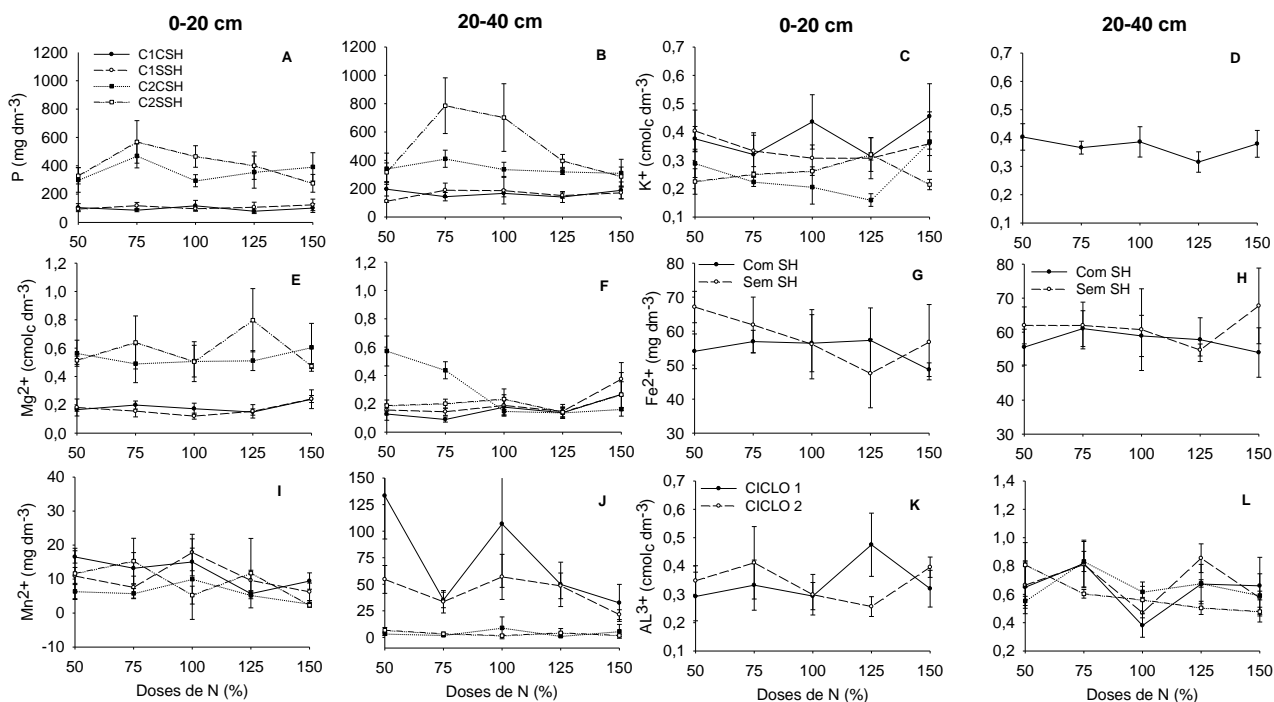
ns= não significativo; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade, \* significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F com  $P \leq 0,05$ .

Ainda que a aplicação das doses de N tenha apresentado efeito significativo para todas as variáveis analisadas no solo, tanto de forma isolada quanto nas interações, não foram encontrados modelos de regressão significativos para a maioria das variáveis nas duas camadas de solo analisadas. Sendo assim, os tratamentos foram analisados considerando as médias dos níveis estudados e seus correspondentes desvios padrões.

O teor de P nas duas camadas de solo (Figura 2A e 2B) e o teor de  $Mg^{2+}$  na camada de 0-20 cm do solo (Figura 2E), apresentaram comportamento semelhante. Houve maior teor desses nutrientes no segundo ciclo de produção da aceroleira e sem a aplicação das SH (C2SSH). Na camada de 0-20 cm do solo, o teor de P no tratamento C2SSH, foi superior em 317,97%, 278,14% e 12,57% quando comparado aos tratamentos C1CSH (Tratamento com SH no ciclo 1), C1SSH (Tratamento sem SH no ciclo 1) e C2CSH (Tratamento com SH no ciclo 2), respectivamente, por outro lado, na camada de 20-40 cm do solo, no tratamento C2SSH, o teor de P aumentou em 446,96%, 316,23% e 91,12% quando comparado aos tratamentos C1CSH, C1SSH e C2CSH, respectivamente.

Quanto ao teor de  $Mg^{2+}$  na camada de 0-20 cm do solo (Figura 2E) os tratamentos referentes ao segundo ciclo de produção da aceroleira (C2CSH e C2SSH) apresentou um aumento em torno de 200% em relação aos tratamentos do primeiro ciclo de produção (C1CSH e C1SSH), e quanto à aplicação das doses de N, verificou-se pouca variação entre os tratamentos, exceto para o teor de  $Mg^{2+}$  na camada de 20-40 cm do solo, que foi superior aos demais tratamentos nas doses de 50% e 75% de N no tratamento C2CSH (Figura 2F).





**Figura 2.** Teores de fósforo (A e B), potássio (C e D), magnésio (E e F), ferro (G e H), manganês (I e J) e alumínio (L e M) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de solo sob cultivo de aceroleira fertilirrigada com nitrogênio (N) e substâncias húmicas (SH). C1CSH, Tratamento com SH no ciclo 1; C1SSH, Tratamento sem SH no ciclo 1; C2CSH, Tratamento com SH no ciclo 2; C2SSH, Tratamento sem SH no ciclo 2.

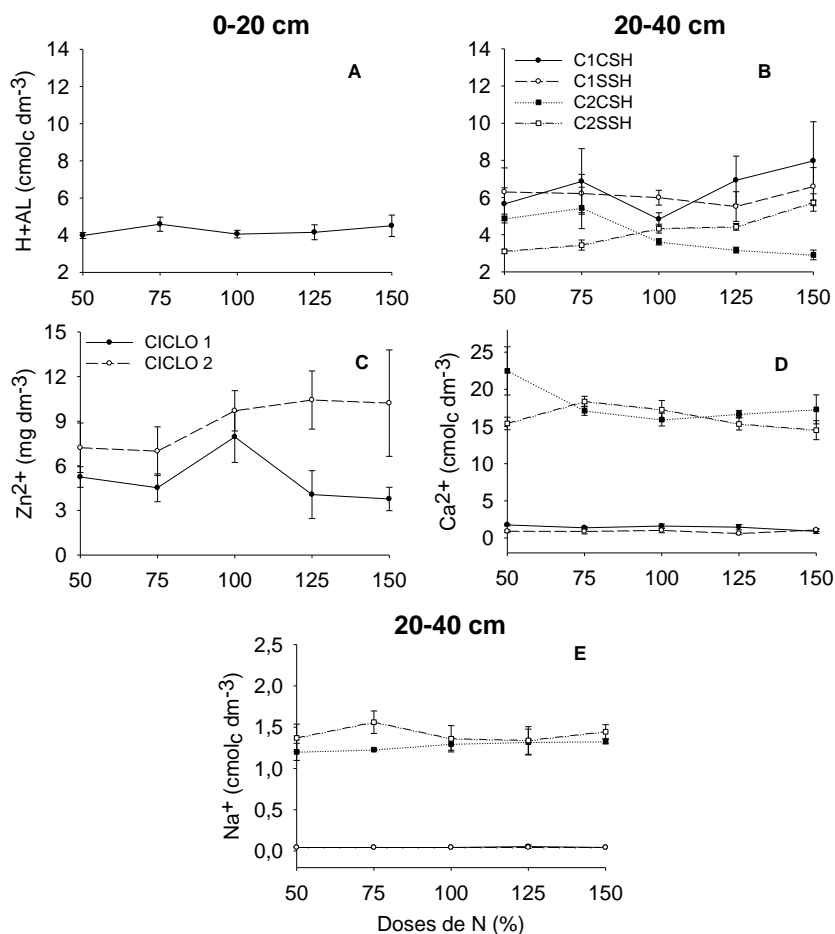
O teor de  $\text{K}^+$  na camada de 0-20 cm do solo diminuiu significativamente nos tratamentos referentes ao segundo ciclo de produção (Figura 2C), indicando que pode ter havido maior demanda desse nutriente pelas plantas de aceroleira que ocasionou diminuição no solo. Em contrapartida, na camada de 20-40 cm do solo, em função dos desvios padrões, observa-se que não houve diferença das doses de N em relação à recomendada (100%) (Figura 2D).

Quanto ao teor de  $\text{Fe}^{2+}$  da camada de 0-20 cm de profundidade tendeu a diminuir com o incremento da dose de N na ausência de aplicação de SH, independente do ciclo de produção (Figura 2G), enquanto que a aplicação de SH permitiu a manutenção dos teores de  $\text{Fe}^{2+}$  até a dose de 125% de N. Na camada subsuperficial do solo, com exceção à dose de 50% de N, não houve diferença entre com e sem SH (Figura 2H).

Com exceção aos teores de  $\text{Mn}^{2+}$  na camada de 20-40 cm de profundidade do solo (Figura 2J), onde observa-se maiores valores no primeiro ciclo de produção da aceroleira, os teores deste micronutriente na camada superficial do solo e de  $\text{Al}^{3+}$  nas duas camadas de solo analisadas seguiram padrão estocástico, não permitindo identificar uma tendência de comportamento dos dados em relação aos fatores estudados (Figuras 2J, 2K e 2L).

A acidez potencial (H+Al) na camada superficial do solo não foi claramente influenciada

pelas doses de N (Figura 3A). Já na camada de 20-40 cm de solo, a aplicação de SH no primeiro ciclo da aceroleira fez com que houvesse um aumento do H+Al, principalmente nas doses de 125 e 150% da dose recomendada de N (Figura 3B). No segundo ciclo da aceroleira, houve comportamento inverso entre com e sem SH com as doses de N estabelecidas.

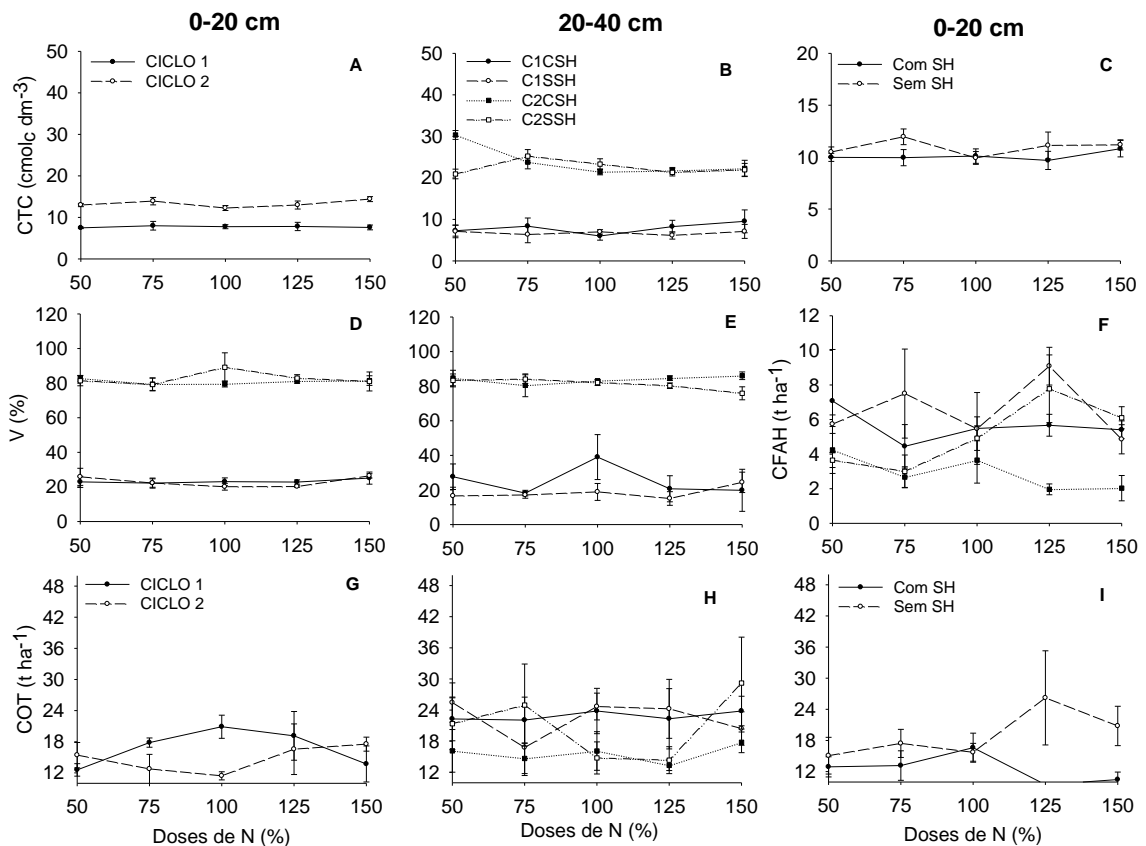


**Figura 3.** Acidez potencial (A e B) e teores de zinco (C), cálcio (D) e sódio (E) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de solo sob cultivo de aceroleira fertirrigado com nitrogênio e substâncias húmicas. C1CSH, Tratamento com SH no ciclo 1; C1SSH, Tratamento sem SH no ciclo 1; C2CSH, Tratamento com SH no ciclo 2; C2SSH, Tratamento sem SH no ciclo 2.

Independente da aplicação de SH, os teores de Zn<sup>2+</sup> na camada de 0-20 cm do solo foram maiores a partir de 100% da dose recomendada de N aplicada no segundo ciclo da aceroleira (Figura 3C). Essa mesma dose foi responsável pelo maior teor de Zn<sup>2+</sup> na camada superficial durante o ciclo 1 da aceroleira.

Os teores de Ca<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup> na camada de 20-40 cm do solo foram consideravelmente superiores no ciclo 2 da aceroleira (Figuras 3D e 3E).

Com relação à CTC do solo na camada de 0-20 cm, houve aumento de 73,49, 74,91, 57,93, 66,07 e 90,01% nas doses de 50, 75, 100, 125 e 150% de N, respectivamente, entre os ciclos 1 e 2 da aceroleira (Figura 4A). Ainda na camada de 0-20 cm, na interação SHxN (Figura 4C), os tratamentos sem SH nas doses de 75 e 125% de N apresentaram CTC mais elevada quando comparados aos solos com SH. Na camada de 20-40 cm do solo, a CTC foi maior no segundo ciclo da aceroleira, com distinção entre com e sem SH mais pronunciada na dose mais baixa de N (50% N) (Figura 4B).



**Figura 4.** Capacidade de troca catiônica (A, B e C), saturação por bases (D e E) e estoques de carbono da fração ácido húmico (F) e carbono orgânico total (G, H e I) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de solo sob cultivo de aceroleira fertirrigado com nitrogênio e substâncias húmicas. C1SSH, Tratamento com SH no ciclo 1; C1SSH, Tratamento sem SH no ciclo 1; C2SSH, Tratamento com SH no ciclo 2; C2SSH, Tratamento sem SH no ciclo 2.

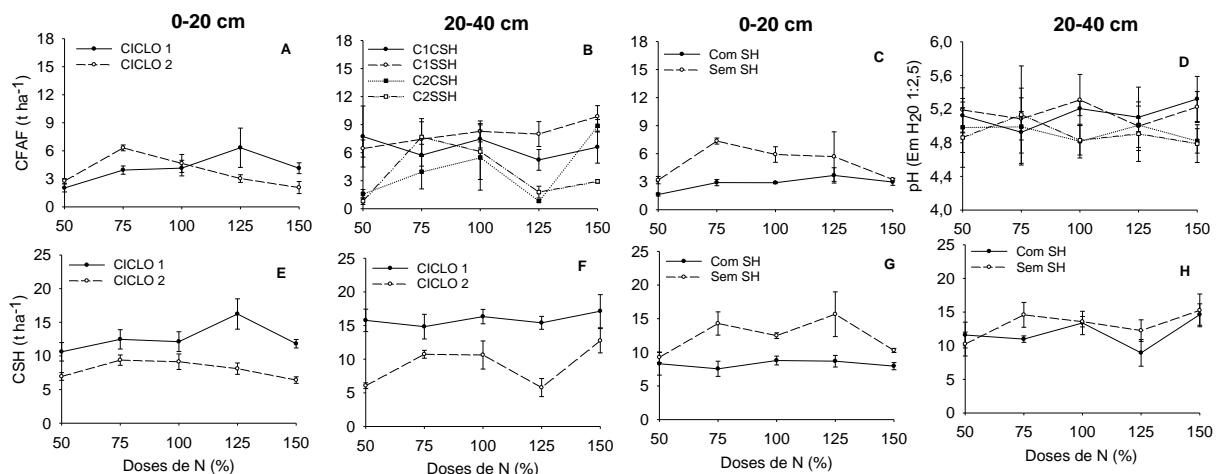
O segundo ciclo da aceroleira também permitiu maiores valores de V nas duas camadas de solo analisadas (Figuras 4D e 4E).

Na camada de 0-20 cm do solo (Figura 4F), a aplicação de SH no segundo ciclo da aceroleira reduziu os estoques de CFAH principalmente nas maiores doses de N (125 e 150%). Neste mesmo ciclo, nos solos onde não houve aplicação de SH os estoques de CFAH foram crescentes com os incrementos de N. Para o ciclo 1 da aceroleira, houve padrão estocástico na ausência de aplicação de SH, enquanto que

com SH a tendência foi de manutenção dos estoques de CFAH com as crescentes doses de N (Figura 4F).

Os estoques de COT na camada de 0-20 cm de solo foram maiores no primeiro ciclo de produção da aceroleira, com valor máximo para 100% da dose recomendada de N (Figura 4G). Nesta mesma profundidade de solo, independente do ciclo de produção da aceroleira, a ausência de aplicação de SH permitiu maiores estoques de COT, com destaque para as doses mais elevadas de N (125 e 150% da dose recomendada de N) (Figura 4I). Na camada de 20-40 cm de solo, os estoques de COT mantiveram-se constantes no primeiro ciclo de cultivo da aceroleira com as aplicações de SH e as crescentes doses de N (Figura 4H). Por outro lado, os estoques de COT do ciclo 1 foram superiores aos estoques do ciclo 2, considerando os solos onde houve aplicação de SH.

No primeiro ciclo de produção da aceroleira, na camada de 0-20 cm do solo, o maior estoque de CFAF foi observado na dose de 125% de N (Figura 5A). Já no ciclo 2, o estoque de CFAF aumentou da dose 50 para 75% de N aproximadamente 2,3 vezes, com consecutivas reduções até a dose máxima de N (Figura 5A). Comportamento semelhante foi observado nas amostras coletadas na mesma camada de solo (0-20 cm) e sem aplicação de SH (Figura 5C). Não houve uma tendência clara de comportamento dos dados de estoques de CFAF na camada de 20-40 cm de solo (Figura 5B). Isto também foi observado para os valores de pH na mesma camada de solo (Figura 5D).

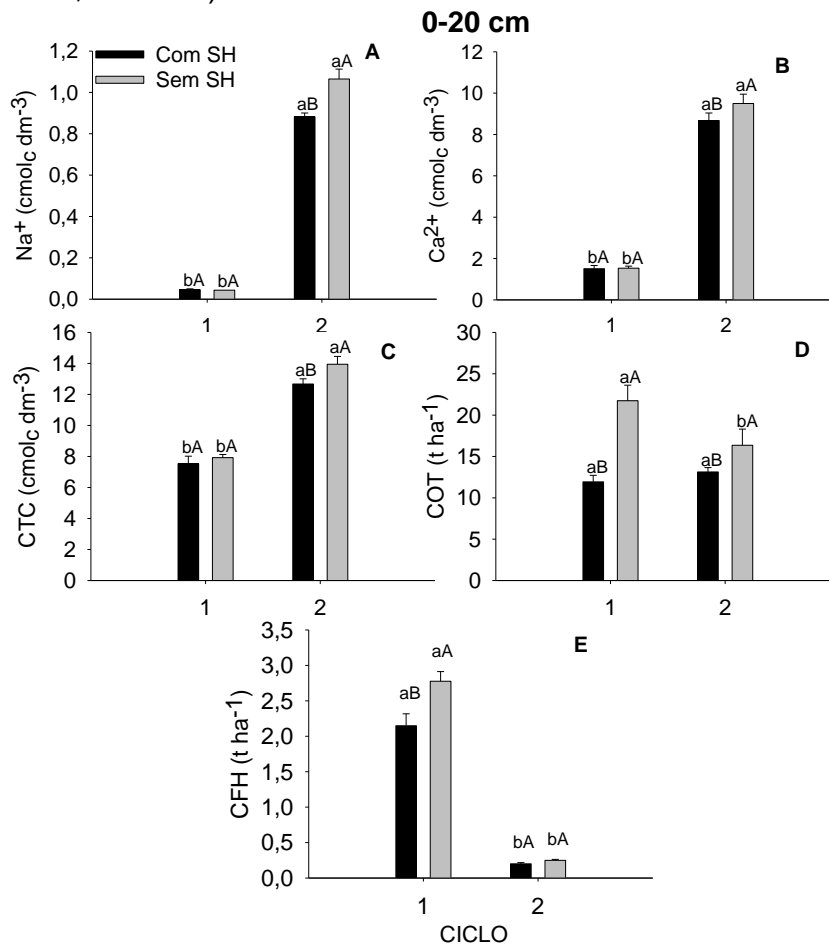


**Figura 5.** Estoques de carbono da fração ácido fúlvico (A, B e C), pH (D) e estoques de carbono das substâncias húmicas (E, F, G e H) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de solo sob cultivo de aceroleira fertirrigado com nitrogênio (N) e substâncias húmicas (SH). C1CSH, Tratamento com SH no ciclo 1; C1SSH, Tratamento sem SH no ciclo 1; C2CSH, Tratamento com SH no ciclo 2; C2SSH, Tratamento sem SH no ciclo 2.

O maior estoque de CSH foi encontrado para a dose de 125% de N na camada de 0-20 cm do solo no primeiro ciclo de produção da aceroleira (Figura 5E). Já no ciclo 2, o estoque de CSH aumentou aproximadamente 1,3 vezes da dose 50 para 75% de N, com consecutivas reduções até a dose máxima de N (150%) (Figura 5E). Entre os dois ciclos de produção, o primeiro destaca-se com os maiores estoques de CSH, tanto na camada superficial quanto subsuperficial do solo (Figura 5E e 5F).

Já na interação SHxN, observa-se que o tratamento sem SH contribuiu para maior acúmulo de CSH nas camadas de 0-20 e 20-40 cm do solo (Figura 5G e 5H). Na ausência de aplicação de SH, as doses 75, 100 e 125% de N permitiram os maiores estoques de CSH na camada de 0-20 cm de solo (Figura 5G).

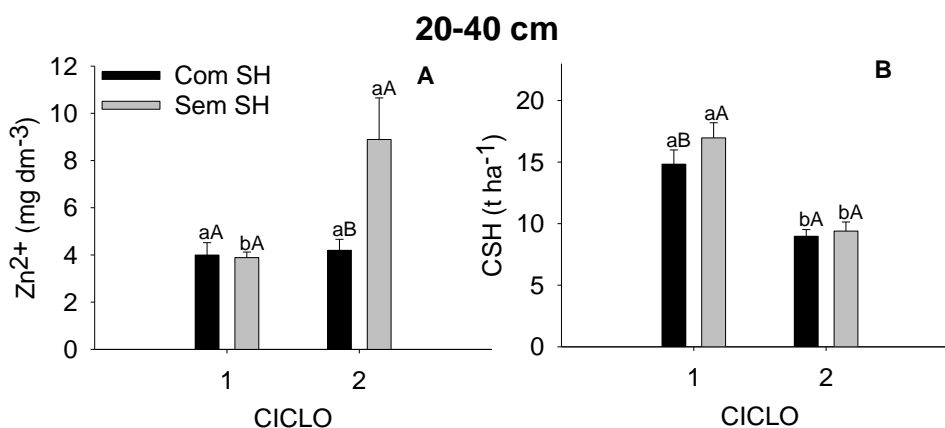
Houve incrementos nos teores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  e na CTC da camada de 0-20 cm de solo do primeiro para o segundo ciclo de produção da aceroleira, com diferenças significativas entre sem e com aplicação de SH apenas no segundo ciclo (Figuras 6A, 6B e 6C).



**Figura 6.** Teor de sódio (A), cálcio (B), capacidade de troca catiônica - CTC (C) e estoques de carbono orgânico total (D) e carbono da fração húmica (E) na camada de 0-20 cm do solo na interação ciclo de produção de aceroleira e substâncias húmicas. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula entre os ciclos de produção de aceroleira e maiúscula entre substâncias húmicas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F com  $P \leq 0,05$ .

A aplicação de SH no segundo ciclo de produção da aceroleira resultou em redução de 20,45, 9,57, 10,02 e 24,52% no teor de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , na CTC e no estoque de COT, respectivamente. No primeiro ciclo de produção, as reduções ocorreram apenas para o COT (82,14%) e estoque de CFH (29,43%) (Figura 6D e 6E).

Com relação ao teor de  $\text{Zn}^{2+}$  e ao estoque de CSH dos solos coletados na profundidade de 20-40 cm, a interação CICLOxSH indica que houve incremento do  $\text{Zn}^{2+}$  de um ciclo para o outro apenas na ausência de aplicação de SH, enquanto que o estoque de CSH foi menor no segundo ciclo tanto com quanto sem aplicação de SH (Figura 7).



**Figura 7.** Teor de zinco (A) e estoque de carbono das substâncias húmicas (B) na camada de 20-40 cm do solo na interação ciclo de produção de aceroleira e substâncias húmicas. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula entre os ciclos de produção de aceroleira e maiúscula entre substâncias húmicas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F com  $P \leq 0,05$ .

#### 4. DISCUSSÃO

De maneira geral, foi possível observar que no segundo ciclo de produção da aceroleira os solos apresentaram maiores teores de nutrientes. Essa característica ficou mais nitidamente representada pelos valores de saturação por bases e de CTC estimada (Figuras 4B, 4D e 4E). As fertilizações realizadas ao longo dos primeiro e segundo ciclos de produção da aceroleira podem ter causado, eventualmente, o efeito acumulativo responsável pelo incremento de nutrientes nos solos coletados no ciclo 2. Não obstante, a acidez do solo foi menor no segundo ciclo produtivo (Tabela 2), resultado coerente com o fato de haver incremento de bases trocáveis no solo.

O efeito acumulativo de nutrientes ao longo dos ciclos produtivos da aceroleira evidencia a importância do acompanhamento constante dos teores dos nutrientes presentes nos solos, principalmente nas condições de cultivo da região semiárida. Dentro desse contexto, três aspectos devem ser considerados: o

balanceamento dos teores de nutrientes nos solos, o possível excesso de nutrientes podendo elevar o índice salino da solução do solo e o custo da aplicação desnecessária de nutrientes presentes em quantidades adequadas no solo.

A fertilização inorgânica desbalanceada geralmente causa menores rendimentos das culturas. Isso pode ser observado no trabalho de Zhao et al. (2013) avaliando o impacto da fertilização no rendimento de milho e nas propriedades do solo em experimento de campo ao longo de 18 anos utilizando diferentes fontes de adubo. Na maioria dos casos, há inibição da absorção de determinado nutriente em função do excesso de outro elemento químico presente no solo.

No presente trabalho foi observado um acréscimo substancial de íons  $\text{Na}^+$  nos solos coletados no segundo ciclo de produção da aceroleira (Figura 6A). Esse acréscimo pode inibir a absorção de  $\text{K}^+$  pelas plantas e sua translocação para a parte aérea, aumentar  $\text{Na}^+$  na parte aérea, diminuir  $\text{K}^+$ , a relação  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  nas folhas e a síntese de proteínas e clorofila (Ashraf et al., 2017). Além disso, o incremento de íons  $\text{Na}^+$  no solo pode aumentar a dispersão de argilas (Almajmaie et al., 2017) e, conseqüentemente, diminuir a infiltração de água no solo. No entanto, esse efeito pode ser minimizado pelo incremento de outros cátions como  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Ca}^{2+}$  (Figuras 2E e 6B), o que limita o aumento dos valores de porcentagem de sódio trocável. Por outro lado, o aumento de nutrientes no solo ao longo dos ciclos da cultura deve limitar-se ao necessário para atender o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Com relação à fertirrigação com N, não foram observadas tendências claras de diminuição ou aumento de determinado atributo do solo com as crescente doses do fertilizante. Algumas exceções podem ser destacadas, como os teores de P nas duas camadas de solo avaliadas (Figuras 2A e 2B), o de  $\text{Fe}^{2+}$  na camada de 0-20 cm (Figura 2G) e o estoque de CFAF na camada superficial do solo (Figuras 5A e 5C). O teor de P aumenta nas primeiras doses de N e tende a diminuir nas doses mais elevadas, indicando uma possível relação entre aumento da disponibilidade de nutrientes em função da aplicação da ureia e a eventual ascensão do crescimento da planta, possibilitando maior absorção de P e, conseqüentemente, diminuição dos teores no solo.

Uma das hipóteses propostas para este trabalho foi a de que a adição de SH possibilita o aumento dos estoques de COT e das frações da matéria orgânica do solo. Os dados não confirmaram essa hipótese e o inverso foi observado nas duas

camadas de solo avaliadas, principalmente durante o primeiro ciclo de cultivo da aceroleira (Figuras 5, 6 e 7).

O acréscimo de matéria orgânica fresca tais como esterco e palhada no solo podem intensificar a mineralização da matéria orgânica do solo (MOS) (Wu et al., 1993), sendo este processo denominado de 'Efeito Priming' (Bingeman et al., 1953). Os mecanismos que favorecem o 'Efeito Priming' ainda são poucos entendidos (Kuzyakov et al., 2000). A baixa qualidade da MOS restringe a quantidade de energia para a microbiota do solo e, conseqüentemente, a mineralização da MOS (Sørensen, 1974). Assim, acredita-se que o 'Efeito Priming' seja resultado do aumento da atividade dos microorganismos em virtude da maior disponibilidade de energia e nutrientes da matéria orgânica fresca. Os mecanismos que controlam o 'Efeito Priming' são muito mais complexos que comumente se acredita (Fontaine et al., 2003). Por exemplo, o acréscimo de compostos orgânicos facilmente assimiláveis (glicose, frutose e nutrientes) pouco favoreceu a mineralização da MOS quando comparado a palhada de azevém, celulose e trigo (Shen & Bartha, 1997). Assim, além de depender do tipo de substrato que é acrescentado ao solo, depende da população de organismos presentes no solo (Fontaine et al., 2003).

Em algumas situações, o aporte de material fresco não resulta no 'Efeito Priming', enquanto o suprimento de C em formas mais complexas/insolúveis pode induzir a mineralização da MOS. Assim, possivelmente, o acréscimo de SH no presente trabalho pode ter favorecido o 'Efeito Priming', resultando no decréscimo da MOS, principalmente, do C associado às SH. Quanto mais complexa for a qualidade do material orgânico acrescentado vai resultar numa diversificação de enzimas extracelulares produzidas pelos microorganismos que favorecem a mineralização da MOS (Efeito Priming) (Fontaine et al., 2003).

Além disso, a exsudação lenta e regular de compostos orgânicos pelas raízes das plantas podem ser um mecanismo pelo qual as plantas favorecem a mineralização da MOS por determinados grupos de microorganismos (k-estrategistas), que se desenvolvem em ambiente com baixa quantidade de energia e disponibilidade de nutrientes. Conseqüentemente, um máximo de energia das plantas poderia ser direcionado para a decomposição da MOS, favorecendo a disponibilidade de nutrientes (ex. nitrogênio) e evitando o processo de imobilização de nutrientes (Fontaine et al., 2003).



Por outro lado, com as crescentes doses de N, foi observada uma tendência de aumento dos estoques de CFAF nos solos onde houve aplicação de SH (Figura 5C), mostrando que o aumento da disponibilidade de N pode favorecer o efeito priming negativo, ou seja, a aplicação de SH associada à fertilização de N pode auxiliar na manutenção do C no solo, reduzindo a mineralização microbiana da MOS. Esse efeito priming negativo pode reduzir o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (Blagodatskaya et al., 2007) e estimular o sequestro de C (Janssens et al., 2010), reduzindo, desta forma, as consequências dos gases de efeito estufa.

## 5. CONCLUSÕES

Os atributos químicos e os estoques de carbono orgânico no solo apresentaram um padrão estocástico em relação ao aumento da disponibilidade de N.

Para as condições em que o trabalho foi desenvolvido, a aplicação de KS100 resulta na diminuição dos estoques de C das substâncias húmicas do solo.

Há necessidade de mais estudos para avaliar os efeitos da aplicação de substâncias húmicas e doses de nitrogênio em solos do semiárido.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, I.; SAQUIB, R.U.; QASIM, M.; SALEEM, M.; KHAN, A.S.; YASEEN, M. Humic acid and cultivar effects on growth, yield, vase life, and corm characteristics of gladiolus. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v.73, p.339-344, 2013.
- ALENCAR, R.D.; LEITE, G.A.; MENDONÇA, V.M.; LIMA, F.V.; PEREIRA, G.A.; FARIAS, W.C. Potassium fertilization influencing the production and postharvest quality of 'Paluma' guava grown under semiarid conditions at Rio Grande do Norte, Brazil. **Comunicata Scientiae** v.7, p.139-148, 2016.
- ALMAJMAIE, A.; HARDIE, M.; DOYLE, R.; BIRCH, C.; Acuna T. Influence of soil properties on the aggregate stability of cultivated sandy clay loams. **Journal of Soils and Sediments**. v.17, p.800–809, 2017.
- ALMEIDA JÚNIOR, A. B. **Adubação orgânica em cana-de-açúcar: Efeitos no solo e na planta**. 58p. (Dissertação de mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Recife – Pernambuco. 2010.
- ALMEIDA, O. Á. DE; SOUSA, V. F. DE; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. DE S. Métodos e equipamentos para fertirrigação. In: SOUSA, V. F. DE; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. 1ªed. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, p.771, 2011.
- ANDRADE, C. A.; SILVA, L. F. M.; PIRES, A. M. M.; COSCIONE, A. R. Mineralização do carbono e do nitrogênio no solo após sucessivas aplicações de lodo de esgoto. **Pesquisa agropecuária brasileira**. n.48, v.5, p.536-544, 2013.

- ANDRIOLI, I. E PRADO, R. M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistema de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**. n.33, v.3, p.963-978, 2012.
- ARAUJO, J.L.P. E ARAUJO, E.P. **Análise da composição dos custos de produção e da rentabilidade econômica do sistema típico de produção da acerola explorada na região do Vale do Submédio São Francisco**. In: xxii Congresso brasileiro de fruticultura. Bento Gonçalves-RS, 2012.
- ASHRAF, M.; SHAHZAD, S. M.; AKHTAR, N.; IMTIAZ, M.; ALI A. Salinization /sodification of soil and physiological dynamics of sunflower irrigated with saline–sodic water amending by potassium and farm yard manure. **Journal of Water Reuse and Desalination**. v.7, p.476–487, 2017.
- 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**. n.33, v.4, p.979-990, 2009.
- BALDOTTO, M. A. & CANELLAS, L. P. 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.
- BALDOTTO, M. A. E BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**. v.61, p.856-881, 2014.
- BALDOTTO, M.A.; GIRO, V.B.; BALDOTTO, L.E.B; CANELLAS, L.P. E VELLOSO, A.C.X. Initial performance of pineapple and utilization of rock phosphate applied in combination with organic compounds to leaf axils. **Revista Ceres**. v.58, p.393-401, 2011a.
- BALDOTTO, M.A.; MUNIZ, R.C.; BALDOTTO, L.E.B. E DOBBSS, L.B. Root growth of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. treated with humic acids isolated from typical soils of Rio de Janeiro state, Brazil. **Revista Ceres**. v.58, p.504-511, 2011b.
- BARBOZA, S.B.S.C.; TAVARES, E.D.; MELO, M.B. de. **Instruções para o cultivo da acerola**. Aracaju: EMBRAPA-CPATC. 42p, 1996.
- BERNARDES, J. M.; REIS, J. M. R.; RODRIGUES, J. F. Efeito da aplicação de substância húmica em mudas de tomateiro. **Global Science And Technology**. v.4, p. 92 – 99, 2011.
- BEZERRA, R. P. M.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Frações de fósforo e correlação com atributos edáficos sob sistemas de plantio direto e integração lavourapecuária no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 36, n. 3, p. 1287-1306, 2015.
- BINGEMAN, C.W.; VARNER, J.E.; MARTIN, W.P. The effect of the addition of organic material on the decomposition of an organic soil. **Soil Science Society America Proceedings**. v.29, p.692–696, 1953.
- BINI, D.; SANTOS, C. A.; BOUILLET, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; CARDOSO, E. J. B. N. *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* in monoculture and intercropped plantations: Evolution of soil and litter microbial and chemical attributes during early stages of plant development. **Applied Soil Ecology**. v.63, p.57-66, 2013.
- BLAGODATSKAYA, E. V.; BLAGODATSKY, S. A.; ANDERSON, T-H.; KUZUYAKOV, Y. Priming effects in Chernozem induced by glucose and N in relation to microbial growth strategies. **Applied Soil Ecology**. v.37, p.95–105, 2007.
- CALGARO, M. E BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. Brasília, DF : Embrapa Coleção Plantar. v.69, p.144p, 2012.

- CAMPOS, A. X.; BATISTA, G. S.; SANJUAN, M. C. S.; VIANNA, J. S. Movimentação de nitrogênio na horizontalidade e recuperação de áreas degradadas de capim-braquiária na integração com a cultura do milho após aplicação de níveis de nitrogênio. **Synergismus Scientifica**. v.9, p.1, 2014.
- CANELLAS, L. P. E SANTOS, G. A. **Humosfera: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. 1ªed. Campo dos Goytacazes. 309p, 2005.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; MORAIS, A. A. E GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.36, p.1529-1538, 2001.
- CARON, V. C. et al. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ/USP. 2015.
- CAVALCANTE, Í.H.L.; CUNHA, M.S.; ROCHA, L.F.; SANTOS, E.M.; SILVA JÚNIOR, G.B. Physiological indexes of custard apple as a function of nitrogen fertilization and humic substances. **Revista de Ciências Agrárias**. v.57, p.85-89, 2014.
- CAVALCANTI, F. J. DE A. Recomendações de adubacao para o Estado de Pernambuco: 2a. aproximacao. 3º ed. Recife: **Instituto Agrônômico de Pernambuco** – IPA. 212p, 2008.
- CAVALCANTI, F.J. DE A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (2º Aproximação)**. IPA, Recife, 1998.
- COSTA, K. A. P., FAQUIN, V., OLIVEIRA, I. P., RODRIGUES, C., EVERIANO, E. C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. i - alterações nas características químicas do solo(1). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.32, p.1591-1599, 2008.
- CUNHA, E.Q., STONE, L.F., FERREIRA, E.P.B., DIDONET, E.D., MOREIRA, J.A.A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistema de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, p.56-63, 2012.
- CUNHA, M. D. S.; CAVALCANTE, I. H. L.; MANCIN, A. C.; ALBANO, F. G. E 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.
- DELBEM, F. C., SCABORA, M. H., FILHO, C. V. S., HEINRICHS, R., CROCIOLLI, C. A., CASSIOLATO, A. M. R. Fontes e doses de adubação nitrogenada na atividade microbiana e fertilidade do solo cultivado com **Brachiariabrizantha**. **Acta Scientiarum Agronomy**. n.33, v.2, p.361-367, 2011.
- DIEKOW, J., MIELNICZUK, J., KNICKER, H., BAYER, C., DICK, D. P., KOGEL, KNABNER, I. Soil C and stocks as affected by cropping systems and nitrogen nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil & Tillage Research**. v.81, p.87-95, 2005.
- 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 n. 4, p. 255-262, 2010.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 627p, 1997.
- EMBRAPA. A cultura da acerola. **Embrapa Informação Tecnológica**. v.3, p.144. 2012.
- FENG, S., HUANG, Y., GE, Y., SUA, Y., XU, X., WANG, Y., HE, X. Variations in the patterns of soil organic carbon mineralization and microbial communities in response

- to exogenous application of rice straw and calcium carbonate. **Science of the Total Environment**. v.571, p.615–623, 2016.
- FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. UFAL. Maceió-AL. 2000.
- FONTAINE, S.; MARIOTTI, A.; ABBADIE, L.. The priming effect of organic matter: a question of microbial competition?. *Soil Biology & Biochemistry*. v.35, p.837–843, 2003.
- FRANZÃO, A. A. E MELO, B. **A cultura da aceroleira**. Disponível em <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/aceroleira.htm>> Acesso em: 30/06/2017.
- GARCÉS, N. P. **Características actuales del humus en los principales tipos de suelos de Cuba**. p. 200 (Tese de doutorado). Universidad de Agricultura de Nitra. 1987.
- GHARAIBEH, M. A.; GHEZZEHEI, T. A.; ALBALASMEH, A. A.; ALGHZAWI, M. Z. Alteration of physical and chemical characteristics of clayey soils by irrigation with treated waste water. **Geoderma**. v.276, p.33–40, 2016.
- GUPPY, C. N.; MENZIES, N. W.; MOODY, P. W.; BLAMEY, F. P. C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Australian Journal of Soil Research**. v.43, p.189-202, 2005.
- HU, L. X.; SU, Y.; ELE, X.; WU, J.; ZHENG, H.; LI, Y.; WANG, A. Response of soil organic carbon mineralization in typical Karst soils following the addition of <sup>14</sup>C-labeled rice straw and CaCO<sub>3</sub>. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. n.92, v.5, p.1112-1118, 2012.
- HUNT, J. F.; OHNO, T.; HE, Z.; HONEYCUTT, C. W.; DAIL, D. B. Inhibition of phosphorus sorption to goethite, gibbsite and kaolin by fresh and decomposed organic matter. **Soil Biology & Biochemistry**. v.44, p.277-288, 2007.
- JANSSENS, I. A.; DIELEMAN, W.; LUYSSAERT, S.; SUBKE, J.-A.; REICHSTEIN, M.; CEULEMANS, R.; CIAIS, P.; DOLMAN, A. J.; GRACE, J.; MATTEUCCI, G.; PAPALE, D.; PIAO, S.L.; SCHULZE, E.-D.; TANG J.; LAW, B.E. Reduction of forest soil respiration in response to nitrogen deposition. **Nature Geoscience**. v.3, p.315–322, 2010.
- KAMPFER, M. e UEXKULL, H.R. **Nuevos conocimientos sobre la fertilización de los cítricos**. 3. ed. Hanover: Verlag Gessellschaft fur Ackerbau. 104p, 1966.
- KNICKER, H. Soil organic N – Na under-rated player for C sequestration in soil? matter. **Soil Biology & Biochemistry**. v.43, p.1118-1129, 2011.
- KONONOVA, M. M. **Materia orgánica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación**. Barcelona: Oikos-tau. 364 p, 1982
- KUZYAKOV, Y. Priming effects: Interactions between living and dead organic matter. **Soil Biology & Biochemistry**. v.42, p.1362-1371, 2010.
- KUZYAKOV, Y.; FRIEDEL, J.K.; STAHR, K. Review of mechanisms and Quantification of priming effects. **Soil Biology and Biochemistry**. v.32, p.1485–1498, 2000.
- LEAL, R. M.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; ZACCARO, R. P. Adubação nitrogenada na implantação e na formação de pomares de caramboleira. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.42, p.1111-1119, 2007.
- LIMA, R. L. S.; FERREIRA, G. B.; CAZETTA, J. O.; WEBER, O. B.; SIQUEIRA, D. L.; PAIVA, J. R. Exportação de nutrientes minerais por frutos de aceroleira colhidos em diferentes épocas do ano. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.30, p.806-811, 2008.

- LIU, C.; LU, M.; CUI, J.; LI, B.; FANG, C. Effects of straw carbon input on carbon dynamics in agricultural soils: a meta-analysis. **Global Change Biology**. n.20, v.5, p.1366-1381, 2014.
- LUO, Z.; WANG, E.; SMITH, C.J. Fresh carbon input differentially impacts soil carbon decomposition across natural and managed systems. **Ecology**. v.96, p.2806-2813, 2015.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 594p. 1981.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafos. 1997.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. New York: Academic Press. 2012.
- MBAGWU, J. S. C. E PICCOLO, A. Changes in soil aggregate stability induced by amendment with humic substances. **Soil Technology**. n.2, v.1, p.49-57, 1989.
- MENDONÇA, E. S. E ROWELL, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um Latossolo argiloso sob cerrado e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.18, p.295-303, 1994.
- MOREIRA, F.M.S. E SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 729p. 2006.
- MORENO, J. L. **La materia orgánica en los agrosistemas**. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. 174 p. 1996.
- NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS. 1017 p. 2007.
- NUNES, J. C. **Crescimento e composição foliar da goiabeira 'Paluma' no solo com Humitec® e cobertura morta**. 57p. (Dissertação de mestrado) Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB. 2013.
- PAULA, J. R. DE; MATOS, A. T. DE; MATOS, M. P. DE; PEREIRA, M. S.; ANDRADE, C. A. DE. Mineralização do carbono e nitrogênio de resíduos aplicados ao solo em campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.37, p.1729- 1741, 2013.
- PAVINATO, P.S. E 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.
- PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no Nordeste brasileiro. **Scientia Plena**. n.7, v.5, p.1-13, 2011.
- RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: (Boletim Técnico, 100). 1997.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; VENEGAS, V.H.A. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais. 5ª aproximação**. CFSEMG – Viçosa, MG, 359p. 1999.
- ROSA, A.H.; ROCHA, J.C.; FURLAN, M. Substâncias húmicas de turfa: estudo dos parâmetros que influenciam no processo de extração alcalina. **Química Nova**. v.23, p.472-476, 2000.
- ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; FRANCO, C.F.; NATALE, W. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em soluções nutritivas. **Ciência e Agrotecnologia**. v.31, p.1020-1026, 2007.

- SANTOS, C. A. **Substância Húmica e seus efeitos em atributos químicos e biológicos do solo e na produção vegetal**. Tese de doutorado. 94p USP – Piracicaba – SP. 2014.
- SANTOS, V. B. **Atributos de solos sob cultivo de frutíferas em sistemas de manejo convencional, em transição e orgânico, no norte do estado do piauí**. 120p. (Tese de doutorado) UNESP- Jaboticabal-SP. 2010.
- SANTOS, V. B.; ARAÚJO, A. S. F.; LEITE, L.F. C.; NUNES, L. A. P. L.; MELO, W. J. Soil microbial biomass and organic matter fractions during transition from conventional to organic farming systems. **Geoderma**. v.170, p.227-231, 2012.
- SELIM, E. E MOSA, A. Fertigation of humic substances improves yield and quality of broccoli and nutrient retention in a sandy soil. **Journal of plant nutrition and soil science**. n.175, v.2, p.273-281, 2012.
- SEYEDBAGHERI, M. Influence of humic products on soil health and potato production. **Potato Research**. n.53, v.4, p.341-349, 2010.
- SHEN, J.K. E BARTHA, R. Priming effect of glucose polymers in soil based Biodegradation tests. **Soil Biology and Biochemistry**. v.29, p.1195–1198, 1997.
- SILVA, C. A.; ANDERSON, S. J.; GUILHERME, L. R. G. Uso da cromatografia de exclusão por tamanho na caracterização das substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho-escuro sob efeito da calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.24, p.295-503, 2000.
- SILVA, F. A. S. E AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance**. In: World congress on computers in agriculture, 7, reno-nv-usa: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SILVA, F.C. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. (2ed.) rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.627, 2009.
- SILVA, K. A.; RODRIGUES, M.S.; CUNHA, J.C.; ALVES, D.C.; FREITAS, H.R.; LIMA, A.M.N. Levantamento de solos utilizando geoestatística em uma área de experimentação agrícola em Petrolina-PE. **Comunicata Scientiae**, v.8, p.175-180, 2017.
- SORENSEN, L.H. Rate of decomposition of organic matter in soil as influenced by repeated air drying-rewetting and repeated additions of organic material. **Soil Biology and Biochemistry**. v.6, p.287–292, 1974.
- SWIFT R. S. **Organic matter characterization**. In 'Methods of Soil Analysis Part 3', SSSA Book Series 5 (Ed DL Sparks) (SSSA Madison, Wisconsin). p.1011-1069, 1996.
- TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; NETO, J. E. B.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio em bananeira via fertirrigação e adubação convencional-atributos químicos do solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.29, p.143-152, 2007.
- TEIXEIRA, L. A. J.; NATALLE, W.; RUGGIERO C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. n.23, v.3, p.684-689, 2001.
- TRESEDER, K. K.. Nitrogen additionns na microbial biomass: a meta-analysis of ecosystem studies. **Ecology letters**. v.11, p.1111-1120, 2008
- VILLAS BOAS, R. L. E SOUZA, T. R. Fertirrigação: uso e manejo. In: Simpósio em sistemas agrosilvipastoris, 1., Campina Grande. **Anais**. Campina Grande: PPGZ/CSTR/UFCG, p. 1-14. 2008.

- WALWORTH, J.; POND, A.; SNAPE, I.; RAYNER, J.; FERGUSON, S.; HARVEY, P. Nitrogen requirements for maximizing petroleum bioremediation in a sub-Antarctic soil. **Cold Regions Science and Technology**. v.48, p.84-91, 2007.
- WU, J.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. Formation and destruction of Microbial biomass during decomposition of glucose and ryegrass in soil. **Soil Biology and Biochemistry**. v.25, p.1435–1441, 1993.
- YEOMANS, J.C. E BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communicata Soil Science Plant Anal**. v.19, p.1467-1476, 1988.
- ZHANG, W.; WANG, X.; WANG, S. Addition of external organic carbon and native soil organic carbon decomposition: a meta-analysis. **PLoS One**. v.8, p.54779-10.1371, 2013.
- ZHAO, B.; CHEN, J.; ZHANG, J.; XIN, X.; HAO, X. How different long-term fertilization strategies influence crop yield and soil properties in a maize field in the North China Plain. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. v.176, p.99–109, 2013.
- ZHAO, P.; ZHANG, G.; WU, X.; LI, N.; SHI, D.; ZHANG, D.; JI, C.; XU, M.; WANG, S. Fine Mapping of RppP25, a Southern Rust Resistance Gene in Maize. **Journal of Integrative Plant Biolog**. v.55, n.5, p.462- 472, 2013.

## CAPÍTULO 3

### QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS, PRODUTIVIDADE E ESTADO NUTRICIONAL DE ACEROLEIRA FERTIRRIGADA COM NITROGÊNIO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NO SEMIÁRIDO

#### Resumo

Os efeitos das substâncias húmicas (SH) associados à fertilização nitrogenada na cultura da aceroleira são escassos na literatura. Com isso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar, em dois ciclos de produção, a qualidade de frutos, a produtividade e o estado nutricional da aceroleira em função da fertirrigação com nitrogênio (N) e SH em Petrolina-PE. O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas com tratamentos distribuídos em faixas 5 x 2, referentes às doses de N (50, 75, 100, 125 e 150% da dose recomendada) e aplicação de SH (sem e com), respectivamente, com 4 repetições e 3 plantas por parcela. A fonte de N utilizada foi uréia (45% de N) e a fonte de SH utilizada foi o produto comercial KS100 (Omnia®), proveniente de leonardita, aplicada mensalmente 6 g planta<sup>-1</sup>. Assim, foram determinados nos frutos: pH, vitamina C, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e a relação SS/AT. Também foram determinados a produção; produtividade; os índices de clorofila a, b e total; e os teores foliares de N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn. A fertirrigação nitrogenada e aplicação de SH não altera a qualidade de frutos de aceroleira. O aumento da disponibilidade de N e a aplicação de SH não possibilita uma tendência clara do comportamento da produção, produtividade e dos teores foliares de nutrientes de aceroleira.

**Palavras-chave:** Nutrição de plantas, adubação nitrogenada, ácido húmico, produção, *Malpighia emarginata*.



## FRUIT POSTHARVEST QUALITY, YIELD AND NUTRITIONAL STATUS OF ACEROLA FERTIGATED WITH NITROGEN AND HUMIC SUBSTANCES IN THE SEMI-ARID REGION

### Abstract

Effects of humic substances (HS) associated with nitrogen (N) fertilization in the acerola crop are scarce in the literature. Hence, this study aimed to evaluate, in two production cycles, fruit quality, yield and nutritional status of the acerola crop as a function of fertigation with N and HS in Petrolina-PE, Brazil. The experimental design was in split plots with treatments arranged in strips, in 5 x 2 scheme, corresponding to N doses (50, 75, 100, 125 and 150% of the recommended dose) and HS application (with and without), respectively, with 4 replicates and 3 plants per plot. The N source used was urea (45% N) and the HS source was the commercial product KS100 (Omnia®), from leonardite, monthly applied at dose of 6 g plant<sup>-1</sup>. Fruits were analyzed for: pH, vitamin C, soluble solids (SS), titratable acidity (TA) and SS/TA ratio. Additionally, the following variables were determined: production, yield, indices of chlorophyll a, b and total, and leaf contents of N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn and Zn. Nitrogen fertilization and HS application do not alter acerola fruit quality. Increase in N availability and HS application do not allow a clear trend in the behavior of production, yield and leaf contents of nutrients in the acerola crop.

**Key words:** Plant nutrition, nitrogen fertilization, *humic acid*, production, *Malpighia emarginata*.

## 1. INTRODUÇÃO

A aceroleira é uma planta de clima tropical com amplo potencial econômico e nutricional, devido principalmente ao elevado teor de vitamina C presente nos frutos. O Brasil se destaca como o maior produtor mundial de acerola com cerca de 150 mil toneladas ao ano, sendo a região Nordeste responsável por 64% de toda a produção nacional (Embrapa 2012).

A produção da aceroleira pode ser influenciada por diversos fatores como solo, clima, práticas de manejo de adubação e irrigação, que irão refletir diretamente no desempenho da planta em campo e, conseqüentemente, na produtividade e qualidade de frutos (Franzão e Melo, 2017).

Segundo Ferreira (2014), por possuir capacidade de produção de até seis safras por ano, a aceroleira é exigente em nutrientes, principalmente, nitrogênio (N) e potássio (K) tanto na fase inicial de crescimento e desenvolvimento da planta quanto na fase de produção. A fertilização nitrogenada é muito importante, pois o N influencia no crescimento, e a deficiência de N irá afetar diretamente no desenvolvimento e na produção de frutos (Miranda et al., 2015). O excesso de N, por outro lado, também é prejudicial porque estimula o desenvolvimento vegetativo excessivo da planta, com efeitos sobre a qualidade dos frutos e, especialmente, na incidência de distúrbios fisiológicos (Ernani et al., 2008).

Segundo Hawkesford et al. (2012), a planta absorve menos de 50% do N que é aplicado pela fertilização. O restante é perdido por lixiviação, especialmente em solos arenosos (Prasad e Hochmuth, 2015), podendo assim, contaminar as fontes de água e as águas subterrâneas (Nowakl et. al., 2017).

Cunha et al. (2015), ressalta que o uso de condicionadores de solo com o objetivo de incrementar a eficiência da absorção de nutrientes, principalmente o N, tem sido amplamente estudada e uma alternativa é o uso de substâncias húmicas (SH). As SH são formadas pela transformação de biomoléculas no processo de decomposição da matéria orgânica do solo e apresentam influência amplamente reconhecida nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e, conseqüentemente, no crescimento radicular das plantas, aumento na absorção de nutrientes e a biossíntese de clorofilas (Ferrara e Brunetti, 2008). Alguns dos efeitos da mistura de SH e N se relacionam à dinâmica do N amoniacal no solo, pois, possivelmente o ácido húmico (AH) associado a uréia reduz a ação da enzima

urease, ocasionando assim uma redução nas perdas de N e ainda causa um efeito tampão no pH do solo (Dong et al., 2009).

Silva et al. (2016), avaliando o estado nutricional e a produtividade do maracujazeiro-amarelo em função da fertirrigação com N e SH, concluíram que, com a aplicação de SH e doses de N houve um aumento exponencial do teor de N foliar no maracujazeiro-amarelo, assim como no diâmetro do caule, produção por planta e produtividade e os rendimentos mais altos do maracujá amarelo foram obtidos nas doses de 290 e 350 kg ha<sup>-1</sup> de N sem e com SH, respectivamente. Ao avaliar o efeito da aplicação de SH e adubação nitrogenada na qualidade de frutos e produtividade da ateira, Cunha et. al. (2015) concluíram que, nas plantas que receberam SH, os sólidos solúveis (SS) dos frutos aumentaram aproximadamente 2,8% depois de usar 0 a 100 g por planta de N e diminuíram 6,25% após usar 100 a 250 g por planta de N. Em contrapartida, o aumento nos níveis de N promoveu diminuição na acidez titulável (AT) dos frutos em até 19,61% entre as doses de 0 a 250 g por planta de N, e o uso de SH produziu um aumento exponencial da relação SS/AT com o aumento dos níveis de N. Segundo Lima et al. (2006), o monitoramento da variação sazonal dos teores de nutrientes foliares permite estabelecer padrões de manejo nutricional das plantas visando o alcance e manutenção de alta produtividade e qualidade dos frutos de aceroleira.

Com isso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar, em dois ciclos de produção, a qualidade de frutos, a produtividade e o estado nutricional da aceroleira em função da fertirrigação nitrogenada e SH.

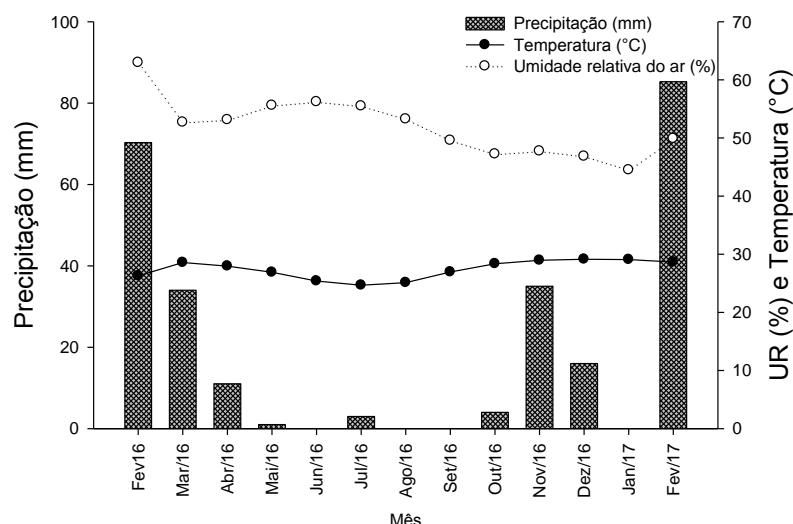
## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área experimental e manejo da cultura**

O experimento foi conduzido em dois ciclos de produção, sendo o primeiro entre fevereiro e julho de 2016 e o segundo entre setembro de 2016 e fevereiro de 2017 no setor de fruticultura do *Campus* Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, situado em Petrolina-PE, sendo localizado às coordenadas geográficas – latitude: 09°19'28"S, longitude: 40°33'34"W, altitude: 393m. O clima da região é quente e seco no inverno, e chuvas no verão, sendo classificado por Koppen como BSw<sub>h</sub>, com precipitação pluvial média de 538,7 mm ano<sup>-1</sup>, distribuída entre os meses de novembro a abril e temperatura média anual de 26,2°C. O solo da

área é classificado como Argissolo Amarelo eutrocoeso típico (Silva et al., 2017), apresentando teor de areia ( $894,22 \text{ g kg}^{-1}$ ;  $843,22 \text{ g kg}^{-1}$ ), argila ( $95 \text{ g kg}^{-1}$ ;  $138 \text{ g kg}^{-1}$ ) e silte ( $10,78 \text{ g kg}^{-1}$ ;  $18,78 \text{ g kg}^{-1}$ ) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente.

Durante a execução do experimento, os dados climáticos foram coletados em estação meteorológica instalada no *Campus* de Ciências Agrárias (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação, temperatura e umidade relativa do ar (UR) mensal durante a realização do experimento.

Antes da instalação do experimento foram coletadas 20 amostras simples de solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, a fim de formar amostra composta em cada camada para determinação dos atributos químicos do solo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade antes da instalação do experimento.

Atributos	0-20 cm	20-40 cm
pH <sup>1/</sup>	6,54	5,86
CTC <sup>2/</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,83	7,12
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,02	1,75
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,42	0,53
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,35	0,33
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,04	0,04
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,29	0,12
H+Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,24	4,62
P (mg dm <sup>-3</sup> )	198,68	191,71
Fe <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	71,61	85,83
Mn <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	221,08	108,24
Zn <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	1,06	0,65
V <sup>4/</sup> (%)	52,01	35,03
COT <sup>5/</sup> (t ha <sup>-1</sup> )	22,78	12,25

<sup>1</sup> pH determinado em H<sub>2</sub>O 1:2,5; <sup>2</sup> Capacidade de troca catiônica; <sup>3</sup> Extração em 0,5 mol L<sup>-1</sup> de acetato de cálcio em pH 7,0; <sup>4</sup> Saturação por bases; <sup>5</sup> Carbono orgânico total; P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup>: Extrator de Mehlich-1; Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>: Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Silva (2009)

## 2.2 Implantação e condução do pomar

As mudas enxertadas na própria aceroleira da variedade 'Junko' foram plantadas em junho de 2015 com espaçamento de 4 m entre linhas e 3 m entre plantas, em covas de 50x50x50 cm, sendo irrigadas com sistema de irrigação localizada por microaspersão (vazão de 42 L h<sup>-1</sup>). No momento do plantio, foi realizada adubação de fundação com 20 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando-se como fontes o superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio - KCl (60% de K<sub>2</sub>O), respectivamente. Também foi aplicado 20 L planta<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido.

Durante o desenvolvimento das mudas de aceroleira foi realizado o tutoramento para auxiliar na condução do crescimento das plantas e quando as mudas atingiram 30-40 cm de altura foram realizadas podas de formação para conduzir a planta em haste única. Assim, foram deixados três ramos laterais e após a planta atingir 50 cm de altura, foi realizado o desponete para quebrar a dominância apical. Os ramos ladrões foram eliminados e, sistematicamente, após cada ciclo de produção, foram realizadas podas de renovação e limpeza, a fim de manter as plantas na altura adequada.

Todas as práticas de manejo para a poda, controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizadas segundo Barboza et al. (1996).

## 2.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi em parcelas subdivididas com tratamentos distribuídos em faixas 5 x 2, referentes a 5 doses de N (50, 75, 100, 125 e 150% da dose recomendada) e 2 aplicações de substâncias húmicas (sem e com), com 4 repetições e 3 plantas por subparcela. As doses de N foram definidas segundo as recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (Cavalcanti et al., 2008). Recomenda-se 100 g planta<sup>-1</sup> de N na implantação (crescimento), 150 g planta<sup>-1</sup> de N no primeiro ano de produção, 200 g planta<sup>-1</sup> de N no segundo ano e 250 g planta<sup>-1</sup> de N do terceiro ano em diante.

A fonte de nitrogênio usada foi a ureia (45% de N) com adubações semanais, a partir dos 60 dias após o transplante (DAT). Nas fases de crescimento e produção as doses de N foram parceladas em dez aplicações, conforme recomendação de Cavalcanti et al. (2008). A fonte de substâncias húmicas (SH) utilizada no experimento foi o produto comercial KS100 (Omnia®), proveniente de leonardita, cuja

composição apresenta  $K_2O$  (15%), carbono orgânico total (45%), ácidos húmicos (70%) e ácidos fúlvicos (8%). Os valores de condutividade elétrica, índice salino, pH e solubilidade são, respectivamente,  $0,37 \text{ mS cm}^{-1}$ ; 24; 10 e  $140 \text{ g L}^{-1}$ . As fertirrigações com SH foram iniciadas 30 DAT das mudas, com aplicações mensais de  $6 \text{ g planta}^{-1}$  do produto KS100 até o final do experimento.

Foram realizadas ainda adubações com K, utilizando-se como fonte o KCl (60%  $K_2O$ ), aplicando-se  $130 \text{ g planta}^{-1}$  de  $K_2O$  parcelada em dez aplicações semanais a partir de 90 DAT. As adubações foliares com micronutrientes ( $4,5 \text{ g planta}^{-1}$  de Zn e  $1 \text{ g planta}^{-1}$  de B) foram realizadas em duas aplicações a partir de 90 DAT, utilizando-se como fonte os produtos comerciais Nutrigema, cuja composição apresenta B ( $67,7 \text{ g L}^{-1}$ ) e Zn ( $67,7 \text{ g L}^{-1}$ ), e Folimax Zinco, cuja composição apresenta Zn ( $118,89 \text{ g L}^{-1}$ ) e COT ( $15,88 \text{ g L}^{-1}$ ), seguindo a recomendação de Cavalcanti et al. (2008). O manejo de adubação foi realizado através de um sistema de fertirrigação (Viqua® venturi injetor de 1" na pressão de operação de 10 bar).

#### **2.4 Variáveis analisadas e avaliação estatística**

No início do florescimento, foram realizadas leituras de clorofila nas folhas diagnóstico ainda no campo, 3ª ou 4ª folha a partir da gema apical, dos ramos intermediários sadios, para determinação dos índices de clorofila (*a*, *b* e total) com o auxílio de clorofilômetro (Falker® Brasil), de acordo com as recomendações de El-Hendawy (2005).

Imediatamente após, as folhas foram coletadas e, após a secagem e trituração do material vegetal em moinho tipo Willey, porções de 0,5 g dessas amostras foram mineralizadas por digestão seca para determinação dos teores de macro e micronutrientes, conforme metodologias descritas por Silva (2009): I) Fósforo (P): determinado por espectrofotometria UV Visível; II) Potássio (K) e sódio (Na): determinados por fotometria de emissão de chama; III) Cálcio (Ca) e magnésio (Mg): determinados por espectrofotometria de absorção atômica; IV) Ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn): determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O nitrogênio (N) foi determinado em soluções obtidas de extratos preparados por digestão sulfúrica, pelo método Kjeldahl, conforme Silva (2009).

A colheita foi realizada duas vezes por semana, onde os frutos foram coletados manualmente, nas primeiras horas do dia, em estágio de maturação

comercial, que se caracteriza pela coloração vermelha, mas ainda firme para suportar o manuseio. Durante todo o período de colheita, os frutos foram pesados para determinação da produção por planta ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) e, em seguida, determinada a produtividade ( $\text{t ha}^{-1}$ ) em cada tratamento.

Posteriormente, os frutos foram lavados, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio ( $200 \text{ mg L}^{-1}$ ), lavados novamente com água corrente para a retirada do excesso de solução. As análises de frutos de aceroleira seguiram as instruções do Instituto Adolfo Lutz, (2008), incluindo: i) pH, determinado por potenciometria; ii) sólidos solúveis (SS), utilizando-se um refratômetro tipo Abbe, com resultados expressos em °Brix; iii) acidez titulável (AT), expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa, determinada por titulação com hidróxido de sódio (0,1 N) utilizando-se a fenolftaleína 1% como indicador; iv) calculou-se também a relação sólidos solúveis pela acidez titulável (SS/AT); v) ácido ascórbico (VIT C), determinada segundo o método da AOAC (1997) sendo expresso em  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ .

Os dados foram submetidos à análise de variância para diagnóstico de efeitos significativos entre os ciclos de produção, as doses de N e as SH, pelo Teste “F”. Os tratamentos sem e com SH e o fator ciclo de produção foram comparados pelo teste de Scott-Knott a 1% e 5% de probabilidade (Silva & Azevedo, 2009), enquanto as doses de N foram avaliadas por regressão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram verificadas interações significativas entre os fatores estudados para as variáveis vitamina C (VC), pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e SS/AT (Tabela 2). Por outro lado, foi constatado efeito significativo do ciclo de produção da aceroleira para o teor de VC ( $p < 0,01$ ) e pH dos frutos ( $p < 0,01$ ). Independentemente da aplicação das SH e das doses de N, os frutos da aceroleira do primeiro ciclo de produção apresentaram teor de VC 34,92% maior do que o ciclo subsequente (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente à vitamina C (VC), pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT de frutos de aceroleira fertirrigada com nitrogênio e substâncias húmicas.

Fonte de Variação	VC mg 100 mL <sup>-1</sup>	pH	SS °Brix	AT %	Relação SS/AT
Ciclo I	2820,09a	3,19b	8,06a	1,26a	6,45a
Ciclo II	2090,29b	3,47a	8,25a	1,27a	6,50a
CV (%)	10,61	2,73	10,25	6,01	12,34
Com SH	2483,02a	3,34a	8,30a	1,28a	6,50a
Sem SH	2427,35a	3,32a	8,02a	1,25a	6,50a
CV (%)	6,84	2,58	7,75	7,64	11,39
<b>Valor F</b>					
Ciclos (C)	156,87**	187,85**	1,01 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Sub. Húmicas (SH)	2,20 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	3,87 <sup>ns</sup>	2,91 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>
Doses de N	1,39 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>
CV (%)	11,16	3,19	8,82	11,76	12,20
CxSH	5,16 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
CxN	0,88 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>
SHxN	1,98 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	2,14 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>
CxSHxN	1,78 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>

ns= não significativo; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste F com  $P \leq 0,05$ .

Houve incremento de 8,77% no pH dos frutos do primeiro para o segundo ciclo de produção da aceroleira. Os valores encontrados no presente trabalho estão próximos aos citados por Lima et al. (2014) e semelhante aos obtidos por Maciel et al. (2010) e Santos et al. (2012). Em acerolas, inclusive nas maduras, o pH é um parâmetro que apresenta baixa variabilidade (Lima et al., 2014). Tendo em vista as características físico-químicas analisadas, esta variável apresentou o menor coeficiente de variação.

O pH da polpa é uma característica dos frutos que está relacionada com o período de vida útil pós-colheita (Durigan et al., 2004), onde os frutos mais apropriados para o consumo *in natura* são os menos ácidos, enquanto os mais ácidos são mais utilizados pelas indústrias de alimentos (Campos et al., 2007). Silva et al. (2015), ao avaliarem a qualidade do maracujazeiro-amarelo sob aplicação de SH e doses de N concluíram que a adubação nitrogenada em associação com SH aumenta o pH e a acidez titulável dos frutos.

Para os parâmetros de SS, pH e AT, os dados do presente trabalho, atendem às características e composição mínima (SS 5,5 °Brix; pH 2,8; AT 0,8%), conforme a instrução normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento – MAPA, que aprova o Regulamento Técnico Geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas.



Houve efeito significativo da interação tripla (CxSHxN) na produção ( $p < 0,01$ ) e na produtividade ( $p < 0,01$ ) da aceroleira (Tabela 3). Interação tripla significativa também foi observada para o teor de K no tecido foliar da aceroleira (Tabela 4).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância referente a produção (Pp), produtividade (P) e índice de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total de plantas de aceroleira fertirrigadas com nitrogênio (N) e substâncias húmicas (SH).

Fonte de Variação	Pp kg planta <sup>-1</sup>	P t ha <sup>-1</sup>	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila total
			ICF		
Ciclo I	11,47b	9,56b	34,93b	12,44b	47,37b
Ciclo II	25,07a	20,99a	39,78a	15,64a	55,42a
CV (%)	27,20	24,90	10,94	33,27	15,59
Com SH	15,56b	13,06b	36,94a	13,04a	49,98a
Sem SH	20,99a	17,49a	37,77a	15,03a	52,80a
CV (%)	16,22	17,23	11,75	28,98	15,28
<b>Valor F</b>					
Ciclos (C)	149,78**	180,75**	28,14**	9,39*	20,19**
Sub. Húmicas (SH)	67,13**	56,58**	0,72 <sup>ns</sup>	4,78 <sup>ns</sup>	2,59 <sup>ns</sup>
Doses de N	11,05**	10,29**	1,94 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	1,79 <sup>ns</sup>
CV (%)	22,45	22,83	6,81	21,47	9,29
CxSH	9,57*	7,48*	0,84 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>
CxN	2,46 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>	3,48*	6,48**	6,47**
SHxN	14,40**	13,29**	0,57 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>
CxSHxN	4,90**	4,43**	0,26 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>

ns= não significativo; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste F com  $P \leq 0,05$ .

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância referente aos teores de N, Na, K, P, Ca, Mg, Mn, Zn e Fe no tecido foliar de plantas de aceroleira fertirrigadas com nitrogênio e substâncias húmicas em Petrolina-PE.

Fonte de variação	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>		
	N	Na	K	P	Ca	Mg	Mn	Zn	Fe
Ciclo I	47,62a	1,17a	20,98b	229,24b	15,64b	4,12b	162,00a	606,11a	59,73a
Ciclo II	40,08b	1,20a	34,68a	317,15a	43,57a	7,91a	182,63a	191,21b	68,06a
CV (%)	10,56	33,02	23,88	12,32	31,94	28,40	29,32	43,27	23,87
Com SH	44,11a	1,13a	26,98a	274,49a	23,02b	5,59b	170,75a	308,52b	60,14a
Sem SH	43,59a	1,25a	28,68a	271,89a	36,19a	6,44a	173,88a	488,80a	67,64a
CV (%)	14,67	33,42	24,51	23,93	32,70	22,10	17,45	17,79	30,29
<b>Valor F</b>									
Ciclos (C)	53,09**	0,15 <sup>ns</sup>	84,90**	136,33**	174,48**	98,13**	3,33 <sup>ns</sup>	115,68**	5,96 <sup>ns</sup>
Sub. Húmicas (SH)	0,13 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	37,04**	8,30*	0,22 <sup>ns</sup>	129,29**	3,00 <sup>ns</sup>
Doses de N	11,85**	0,99 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	3,24*	0,79 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>
CV (%)	10,10	24,46	20,21	19,89	51,37	24,66	28,40	27,25	17,28
CxSH	0,09 <sup>ns</sup>	1,64 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	35,98**	2,05 <sup>ns</sup>	3,02 <sup>ns</sup>	75,23**	0,15 <sup>ns</sup>
CxN	0,60 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	2,07 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	2,46 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	4,08**
SHxN	1,47 <sup>ns</sup>	2,96*	2,79*	1,75 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	2,49 <sup>ns</sup>
CxSHxN	1,31 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	5,01**	1,66 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>

ns= não significativo; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste F com  $P \leq 0,05$ .

Com relação aos índices de clorofila (*a*, *b* e total) foi constatado efeito da interação entre o ciclo de produção da aceroleira e as doses de N (CxN) (Tabela 3). Essa interação dupla também foi significativa para o teor de Fe ( $P < 0,01$ ) (Tabela 4) nas folhas da aceroleira, enquanto a interação entre as SH e as doses de N (SHxN) apresentou diferença significativa para o teor de Na ( $P < 0,05$ ). Do mesmo modo, a interação entre o ciclo de produção de aceroleira e as SH (CxSH) apresentou efeito significativo para os teores foliares de Ca e Zn ( $p < 0,01$ ).

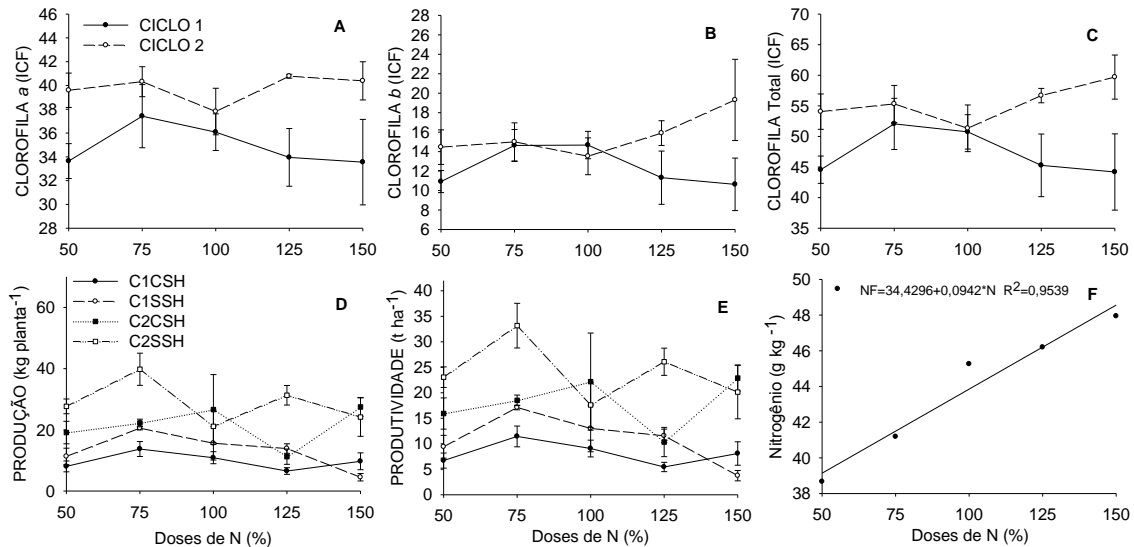
Ainda em relação aos teores dos nutrientes no tecido foliar, foi verificado efeito da aplicação das SH para o teor de Mg ( $P < 0,05$ ). Já para as doses de N, houve efeito para os teores de N ( $P < 0,01$ ) e P ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4).

Embora a aplicação das doses de N tenha apresentado efeito significativo para algumas variáveis nas plantas, tanto de forma isolada quanto nas interações, não foram encontrados modelos de regressão significativos para a maioria das variáveis analisadas. Sendo assim, os tratamentos foram analisados considerando os valores médios e seus correspondentes desvios padrões.

Os índices de clorofila *a* e total foram superiores no segundo ciclo de produção da aceroleira (Ciclo 2) para a maioria das doses de N (Figura 2A e 2C). Os índices de clorofila *b* não foram maiores no Ciclo 2 apenas nas doses de 75 e 100% de N (Figura 2B). Os maiores índices de clorofila no Ciclo 2 não corroboraram com os teores de N no tecido foliar de aceroleira (Tabela 4), cujos valores foram superiores no primeiro ciclo da aceroleira (Ciclo 1). O N desempenha um papel importante na síntese de clorofila, entretanto, tendo em vista os elevados teores de N encontrados no tecido foliar nos dois ciclos de produção – acima da faixa de suficiência estabelecida por Bataglia & Santos (2001) para a cultura da aceroleira (20-24 g kg<sup>-1</sup>) – possivelmente outros fatores tenham contribuído para os maiores índices de clorofila no Ciclo 2 da aceroleira. Lobo et al. (2012) relatam que a relação entre a determinação dos teores de clorofila e a concentração de N nas folhas é dependente de vários fatores como: estágio fisiológico, cultivar, condições climáticas, fertilidade do solo, entre outros.

Nesse sentido, considerando os teores adequados de nutrientes em folhas de aceroleira propostos por Bataglia & Santos (2001), observa-se que, nos dois ciclos produtivos, com exceção ao Fe, as plantas estavam sob condições de consumo de luxo de nutrientes, permitindo afirmar que, possivelmente, as plantas estavam no limiar para atingir excesso ou toxicidade de nutrientes. Desta forma, os menores índices de clorofila no Ciclo 1 da aceroleira estão associados, eventualmente, aos

maiores teores de Zn no tecido foliar, como observado por Khurana & Chatterjee (2001). Não obstante, Silva et al. (2010) observaram sintomas de toxicidade de Zn em plantas de milho, com folhas apresentando coloração pardo-avermelhada. Os autores observaram que o teor de Zn nas folhas de milho necessário para atingir a toxicidade foi igual a 451 mg kg<sup>-1</sup>.



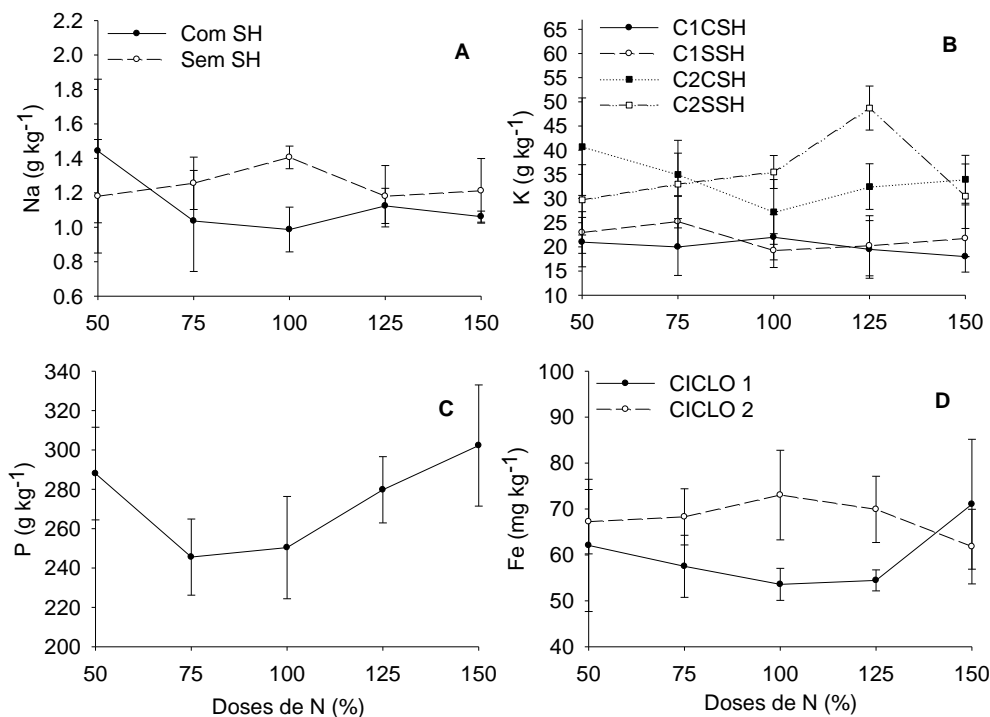
**Figura 2.** Clorofila a (A), Clorofila b (B) e Clorofila total (C), Produção (D), Produtividade (E) e Teor de nitrogênio foliar (F) em plantas de aceroleira fertirrigadas com nitrogênio (N) e substâncias húmicas (SH) em Petrolina-PE. C1CSH=Tratamento com SH no ciclo 1, C1SSH= Tratamento sem SH no ciclo 1, C2CSH=Tratamento com SH no ciclo 2, C2SSH= Tratamento sem SH no ciclo 2.

O possível efeito fitotóxico do excesso de Zn nas plantas de aceroleira podem ter influenciado a produção e produtividade do pomar (Figura 2D e 2E). Observa-se maiores valores de produção e produtividade no Ciclo 2, independente das doses de N (Figura 2D e 2E). Por outro lado, considerando que a estabilidade na produção de frutos de acerola ocorre a partir do quinto ano (Petinari & Tarsitano, 2002), é natural que os primeiros ciclos de aceroleira apresentem menores valores de produção e produtividade.

As produtividades obtidas neste trabalho foram acima da média comparadas às obtidas por Calgaro & Braga (2012). No ano de 2010, no perímetro irrigado Senador Nilo Coelho, os autores observaram uma produtividade média no primeiro ano igual a 0,0 t ha<sup>-1</sup>; no segundo ano, 12 t ha<sup>-1</sup>; no terceiro, 15 t ha<sup>-1</sup>; no quarto e quinto ano, 20 t ha<sup>-1</sup>. Embora as condições de cultivo sejam distintas, houve maiores produtividades de acerola no presente trabalho, com 5,45 t ha<sup>-1</sup> no primeiro ciclo de aceroleira cultivada sob aplicação de SH e 125% da dose recomendada de N e 33,17 t ha<sup>-1</sup> no segundo ciclo da cultura sem aplicação de SH para a dose 75% de N.

Independente da aplicação de SH e ciclo de produção da aceroleira, o teor do N foliar apresentou incremento linear em função do aumento das doses de N (Figura 2F). Ferreira (2014) estudando o acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com N e K, concluiu que a aplicação das doses de N aumentou linearmente as quantidades acumuladas dos nutrientes N, Ca, Mg e S na parte aérea das mudas de aceroleira. Silva et al. (2016) observaram um incremento exponencial no N da matéria seca foliar na cultura do maracujazeiro-amarelo em função do aumento das doses de N quando na presença das SH.

A aplicação de SH associada à fertilização nitrogenada favoreceu a redução dos teores foliares de Na (Figura 3A). Essa tendência também foi observada para os teores foliares de K em plantas de aceroleira no segundo ciclo de produção (Figura 3B). Neste mesmo ciclo, a ausência de aplicação de SH e as crescentes doses de N permitiram maiores teores foliares de K nas plantas (Figura 3B). Os teores observados sugerem um fornecimento excessivo de nutrientes, o que pode cessar o aumento em produção (Lei dos incrementos decrescentes), resultando em elevados teores de nutrientes na planta (Leal et al., 2007).

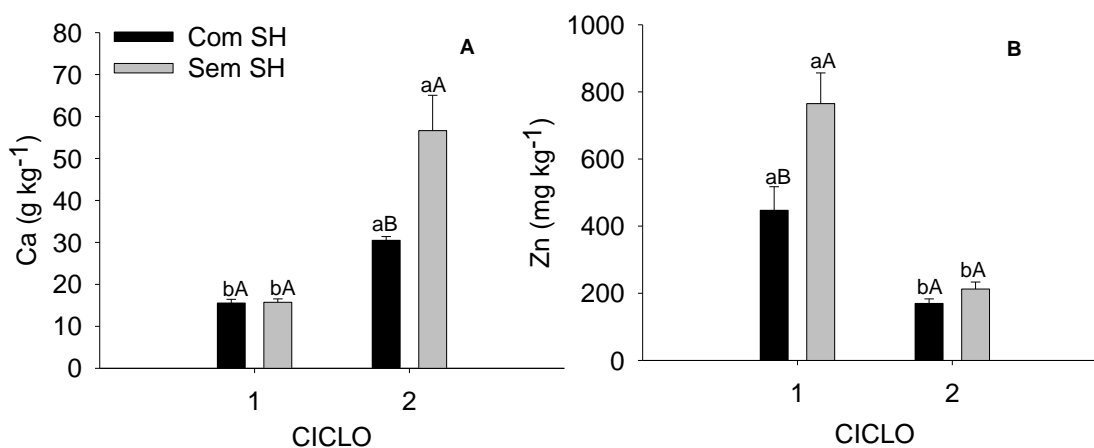


**Figura 3.** Teor foliar de sódio (A), potássio (B), fósforo (C) e ferro (D) de aceroleira fertilirrigada com nitrogênio (N) e substâncias húmicas (SH) em Petrolina-PE. C1CSH= Tratamento com SH no ciclo 1, C1SSH= Tratamento sem SH no ciclo 1, C2CSH= Tratamento com SH no ciclo 2, C2SSH= Tratamento sem SH no ciclo 2.

A aplicação das doses de N (75 a 150%) também proporcionou o aumento do teor foliar de P na aceroleira (Figura 3C). Já o teor foliar de Fe apresentou decréscimo de 8,76% com o aumento das doses de N entre as doses de 50 e 150%

no Ciclo 2. Por outro lado, no Ciclo 1, verificou-se o efeito inverso para o teor de Fe nas folhas da aceroleira (Figura 3D).

O efeito significativo da interação entre ciclo de produção de aceroleira e substâncias húmicas (CxSH) nos teores foliares de Ca e Zn são apresentados na figura 4. No tratamento sem SH as plantas de aceroleira apresentaram o maior teor foliar de Ca no Ciclo 2 e Zn no Ciclo 1.



**Figura 4.** Teores de cálcio (A) e zinco (B) foliares em plantas de aceroleira em função do ciclo de produção e fertirrigação com substâncias húmicas em Petrolina-PE. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula entre os ciclos e maiúscula entre substâncias húmicas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F com  $P \leq 0,05$ .

#### 4. CONCLUSÕES

Os teores foliares de nutrientes, a produção e produtividade de aceroleira apresentaram um padrão estocástico em relação ao aumento da disponibilidade de N e aplicação de substâncias húmicas.

A aplicação de substâncias húmicas e doses de N não altera a qualidade de frutos de aceroleira.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R.E.; SILVA JÚNIOR, A.Q.; SILVA, H.; SILVA, A.N.D.; MALAVOLTA, E. **Concentração e exportação de nutrientes pelos frutos de acerola (*Malpighia glabra* L.) por ocasião da colheita.** In: 19a Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, SBCS, Santa Maria. 1990.
- ANDRADE, L. R. M. Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes. In: Sousa, D. M. G.; Lobato, R. (Eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 317-366, 2004.
- AOAC - Association Of Official Analytical Chemistral. **Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry.** 11. ed. Washington: AOAC. p.1115, 1992.

- ASIK, B.B.; M.A.; TURAN, H.; CELIK Y A.V.; KATKAT. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salili) under conditions of salinity. **Asian Journal Crop Science**. v.1, p.87-95, 2009.
- 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 Ciencia do Solo**. v.33, n.4, p.979-990, 2009.
- BARBOZA, S.B.S.C.; TAVARES, E.D.; MELO, M.B. **Instruções para o cultivo da acerola**. Aracaju: Embrapa-CPATC. 42p. 1996.
- BATAGLIA, O. C. E SANTOS, W. R. **Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. Informações agrônômicas** Nº 96, IPNI, 2001.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físicos-químicos para análises de alimentos**, p.1018, 2005.
- CALGARO, M. E BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3ª ed. Embrapa, Brasília, DF, 144p. 2012.
- CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, T. A. G.; MOTA, J. K. M.; RODRIGUES, A. C.; DINIZ, A. A. Caracterização física e química de frutos de maracujazeiro amarelo sob adubação potássica, biofertilizante e cobertura morta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.9, p.59-71. 2017.
- CAVALCANTE, F. J. DE A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2a. aproximacao**. 3.ed.rev. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA. 212 p. 2008.
- CAVALCANTE, Í. H. L.; CUNHA, M. S.; ROCHA, L.F.; SANTOS, E.M.; SILVA JÚNIOR, G.B. Physiological indexes of custard apple as a function of nitrogen fertilization and humic substances. **Revista de Ciencias Agrarias**. v.57, n.1, p.85-89, 2014.
- CAVALCANTE, L.F.; CAVALCANTE, Í. H. L.; RODOLFO JÚNIOR, F.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; SANTOS, G.P. Leaf-macronutrient status and fruit yield of biofertilized yellow passion fruit plants. **Journal Plant Nutrition**. v.35, p.176-191, 2012.
- CHAVEZ, J. C. L. N. E TORRES, A. I. Z. Conventional Guava in Zitacuaro's Region, Michoacan, Mexico. **Sustainable Agriculture Research**, Toronto. v.1, p.19-25, 2012.
- CIBES, H. E SAMUELS, G. Mineral deficiency symptoms displayed by acerola trees grown in the greenhouse under controlled conditions. University of Puerto Rico, Rio Piedras. **Technical Paper**. 15p, 1995.
- CUNHA, M. D. S.; CAVALCANTE, I. H. L.; MANCIN, A. C.; ALBANO, F. G. E 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, M.S.; SILVA JÚNIOR, G.B.; CAVALCANTE, Í.H.L.; SANTOS, E.M.; ALBANO F.G.; ROCHA, L.F. Nutritional status of custard apple (*Annona squamosa*) as a function of nitrogen fertilizing and humic substances. **Revista de la Facultad de Agronomía**. v.31, p.493-509, 2014.
- CUNHA, R.C.S. **Teores de nitrogênio, fósforo e potássio em plantas de acerola (Malpighia glabra L.) em função da idade e da época do ano**. (Monografia de Graduação), CCA, Universidade Federal da Paraíba, Areia. 1992.
- DEON, M. D. **Diagnose foliar da aceroleira**. Embrapa Semiárido. Instruções técnicas, 100p. 2012.
- DONG, L.; KREYLOS, A.L.; YANG, J.; YUANA, H.; SCOWB, K.M. Humic acids buffer the effects of urea on soil ammonia oxidizers and potencial nitrification. **Soil Biology Biochemistry**. v.4, p.1612-1621, 2009.

- DURIGAN, J. F.; SIGRIST, J. M. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; VIEIRA, G. **Qualidade e tecnologia pós-colheita do maracujá**. In: Lima, A. A.; Cunha, M. A. P. Produção e qualidade na Passicultura. Cap.14, Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.281-304, 2004.
- EMBRAPA. **Acultura da acerola**. *Embrapa Informação Tecnológica*, v. 3, p.144, 2012.
- ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; PROENÇA, M. M.; DIAS, J. Addition of nitrogen had no effect on yield and quality of apples in an high density orchard carrying a dwarf rootstock. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.30, p.1113-1118, 2008.
- ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA F. W. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num Latossolo da Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias**. v.36, n.4, p.399-410. 2013.
- EYHERAGUIBEL, B., SILVESTRE, J.; MORAND, P. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. **Bioresource Technology, Elsevier**. v.99, p.4206-4212, 2008.
- FERRARA, G. E BRUNETTI, G. Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv Italia. **Spanish Journal of Agricultural Research** . v.8, p.817-822, 2010.
- FERRARA, G. E BRUNETTI, G. Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv Italia. **Journal of Agricultural Research** v.8, p.817-822, 2010.
- FERRARA, G. E BRUNETTI, G. Influence of foliar applications of humic acids on yield and fruit quality of table grape cv. Itália. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**. v.42, p.79-87, 2008.
- FERREIRA, K. S. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com nitrogênio e potássio**. UFRJ - Sete lagoas minas gerais. 50p. (Dissertação de mestrado) Universidade Federal de São João Del Rei/campus de Sete Lagoas. 2014.
- FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. Ed. Maceió: UFAL. 2000.
- FRANZÃO, A. A. E MELO, B. **A cultura da aceroleira**. Disponível em <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/aceroleira.htm>> Acesso em: 30/06/2017.
- FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, Santa Maria, 6p, 2013.
- FREIRE, J.L. de O. **Acerola (*Malpighia* sp) concentrações de NPK em plantas e caracterização físico-química de frutos em pomares de diferentes regiões da Paraíba**. (Dissertação de Mestrado). CCA Universidade Federal da Paraíba, Areia. 1995.
- FURLANI JÚNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L.J.; MOREIRA, J.A.A.; GRASSI FILHO, H. Correlation between chlorophyll readings and levels of nitrogen applied in bean. **Bragantia**. v.55, p.171-175, 1996.
- HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, S. I.; WHITE, P. Functions of macronutrients. In: Marschner, P. (ed.). Marschner's mineral nutrition of higher plants. **NewYork: Elsevier**. v.6, p.135-189, 2012.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4º ed. São Paulo, 1º Ed. digital.1002p. 2008.
- KEELING, A. A.; MCCALLUM, K. R.; BECKWITH, C. P. Mature Green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*triticum aestivum* L, ) and



- oilseed (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors. **Bioessouse Technology**. v. 90, n.2, p.127-132, 2003.
- KHURANA, N. E CHATTERJEE, C. Influence of variable zinc on yield, oil content, and physiology of sunflower. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, n. 19-20, p. 3023-3030, 2001.
- LANDRAU JÚNIOR, P. E HERNANDEZ-MEDINA. Effects of major and minor elements, lime and soil arrendments on the yield and ascorbic acid content of acerola (*Malpighia pinicifolia* L.). **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, v.43, p.19-33, 1959.
- LEAL, R. M.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; ZACCARO, R. P. Adubação nitrogenada na implantação e na formação de pomares de caramboleira. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.42, p.1111-1119, 2007.
- Lima, P. C. C.; Souza, B. S.; Souza, P. S.; Borges, S. S.; Assis, M. D. O. Caracterização e avaliação de frutos de aceroleira. **Revis ta Brasileira de Frutiultura**. v.36, n.3, p.550- 555, 2014.
- LIMA, R. L. S., FERREIRA, G. B., CAZETTA, J. O., WEBER, O. B.; SIQUEIRA, D. L.; PAIVA, J. R. Exportação de nutrientes minerais por frutos de aceroleira colhidos em diferentes épocas do ano. **Revis ta Brasileira de Frutiultura**. v.30, p.806-811, 2008.
- LIMA, R. L. S.; SIQUEIRA, D. L.; WEBER, O. B.; CECON, P. R. Teores de maconutrientes em mudas de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) em função da composição do substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v.30, p.1110-1115, 2006.
- LOBO, D. M.; SILVA, P. C. C.; COUTO, J. L.; SILVA, M. A. M.; SANTOS, A. R. Características de deficiência nutricional do amendoinzeiro submetido à omissão de N, P, K. **Bioscience Journal**. v.28, n.1, p.69-76, 2012.
- LOBO, T. F.; FILHO, H. G.; CARDOSO, E. J. B. N.; ALMEIDA, L. S.; JUNIOR, N. N. Crescimento e fixação biológica do nitrogênio em soja cultivada com doses de lodo de esgoto compostado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.4, p.1333-1342, 2012.
- MACIEL, M. I. S.; MÉLO, E.; LIMA, V.; SOUZA, K. A.; SILVA, W. Caracterização físico-química de frutos de genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.30, n.4, p.865-869, 2010.
- MACKOWIAK, C.L.; GROSSL, P.R.; BUGBEE; B.G. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. **Soil Science Society of America Journal**. v.65, p.1744-1750, 2001.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Ceres**, 251 p. 1980.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. London: **Academic Press**. 889p, 1995.
- MIRANDA, J. M. D. S.; CAVALCANTE, I. H. L.; OLIVEIRA, I. V. M.; LOPES, P. R. C. E ASSIS, J. S. Fruit quality of Eva e Princesa apples grown under nitrogen fertigation in semiarid climate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, p.967-972, 2015.
- MOHAMED M. IBRAHIM E ASHRAF, A. A. Effect of Humic Acid on Productivity and Quality of Superior Seedless Grape Cultivar Middle East. **Journal of Agriculture Research**. v.5, p.239-246, 2016.
- NASCIMENTO, L.C. **Teores de nitrogênio, fósforo e potássio em plantas de acerola (Malpighia sp) cultivadas nas regiões do Cariri e Brejo Paraibano**. (Monografia de Graduação) CCA Universidade Federal da Paraíba, Areia. 1995.
- NOWAKI, R. H. D.; FILHO, A. B. C.; FARIA, R. T.; WAMSER, A. F.; CORTEZ, J. W. M. Effect of nitrogen fertilization on yield and quality of watermelon, cv. top gun. **Revista Caatinga**. v.30, n.1, p.164 – 171, 2017.

- NUNES, J.C.; CAVALCANTE, L.F.; LIMA, NETO A. J.; SILVA, J.A; SOUTO, A. G.L.; ROCHA L.F. Humitec® e cobertura morta do solo no crescimento inicial da goiabeira cv. „Paluma“ no campo. **Revista Agroambiental On-line**. v.8, n.1, p.89-96, 2014.
- PETINARI, R. A.; TARSITANO, M. A. A. Análise econômica da produção de acerola para mesa, em Jales-SP: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 24, n. 2, p. 411-415, 2002.
- PIMENTA, A. S.; SANTANA, J. A. S.; ANJOS, R. M.; BENITES, V. M.; ARAÚJO, S. O. Caracterização de ácidos húmicos produzidos a partir de carvão vegetal de duas espécies florestais do semiárido: jurema preta (*mimosa tenuiflora*) e pereiro (*aspidosperma pyrifolium*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.4, n.4, p.01-11, 2009.
- PRASAD, R.; HOCHMUTH, G. J.; BOOTE, K. J. Estimation of Nitrogen Pools in Irrigated Potato Production on Sandy Soil Using the Model SUBSTOR. **Plos one**. (no prelo), 2015.
- PRIMO, D.C; MENEZES, R.S.C.; SILVA, T.O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Sciencia Plena**. v.7, n.5, p.1-13, 2011.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; VENEGAS, V.H.A. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais**. 5ª aproximação. CFSEMG – Viçosa, MG. 359p, 1999.
- ROCHA, L. F.; CAVALCANTE, L. F.; NUNES, J. C.; SOUTO, A. G. L.; CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, I. H. L.; PEREIRA, W. E. Fruit production and quality of guava ‘Paluma’ as a function of humic substances and soil mulching. **African Journal of Biotechnology**. v.15, p.1962-1969, 2016.
- SANTANA E. A.; CAVALCANTE Í. H. L.; BRITO D. DE S; CARMO R. N.; SOUSA K. DOS S. M. Fruit production and quality of guava as a function of biofertilizer and nitrogen fertigation in Brazilian semiarid. **Emirates Journal of Food and Agriculture**. v.29, n.4, p.242-249, 2017.
- SANTOS, S. M. L.; VASCONCELOS, A. M.; OLIVEIRA, V. S.; CLEMENTE, E.; COSTA, J. M.C. Evaluation of physical and physicochemical characteristics of *Malpighia emarginata* D.C. from the state of Ceará. **International Journal of Biochemistry**. v.2, n.4, p.152-163, 2012.
- SILVA JÚNIOR, J.P. DA S.; ALVES, R.E.; SILVA, H.; SILVA, A.Q. **Concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio em plantas de acerola (*Malpighia glabra* L.) cultivadas em pomar**. In: 19º Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, SBCS, Santa Maria. 1990.
- SILVA, F. A. S. e AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: World Congress on Computers in Agriculture, 7, Reno-NV-USA: **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. 2009.
- SILVA, F.C. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. (2ed.) rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.
- SILVA, K. A.; RODRIGUES, M.S.; CUNHA, J.C.; ALVES, D.C.; FREITAS, H.R.; LIMA, A.M.N. Levantamento de solos utilizando geoestatística em uma área de experimentação agrícola em Petrolina-PE. **Comunicata Scientiae**. v.8, n.1, 2017.
- SILVA, R. L.; CAVALCANTE, I. H. L.; LIMA, A. M. N.; BARBOSA, L. F S; SOUZA, C.; SOUSA, E. S.; LESSA, T. B. S.; CAVALCANTE, L. F. Effect of humic substances and nitrogen fertilization on yellow passion fruit cultivation in the Brazilian semiarid region. **African Journal of Agricultural Research**. v.11, n.35, p.3307-3313, 2016.
- SILVA, R. L; CAVALCANTE, I. H. L.; SOUSA, K. S.M.; GALHARDO, C. G.; SANTANA, E. A.; LIMA, D. D. Qualidade do maracujá amarelo fertirrigado com nitrogênio e substâncias húmicas. **Comunicata Scientiae**. v.6, n.4, p.479-487, 2015.

SILVA, T. M. R.; PRADO, R. M.; VALE, D. W.; AVALHÃES, C. C.; PUGA, A. P.; FONSECA, I. M. Toxicidade do zinco em milho cultivado em Latossolo Vermelho Distrófico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 336-340, 2010. SZCZERSKI, C.; NAGUIT, C.; MARKHAM, J.; GOH, T. B.; RENAULT, S. Short-and long-term effects of modified humic substances on soil evolution and plant growth in gold mine tailings. **Water, Air & Soil Pollution**. v.224, p.1471, 2013.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS:**

O uso de substâncias húmicas associado à fertilização nitrogenada na fruticultura ainda é incipiente, principalmente, nas condições semiáridas. Especificamente para a cultura de aceroleira, que está em fase de expansão no Vale do São Francisco, o desenvolvimento do presente trabalho foi de extrema importância para avaliar o efeito da aplicação de substâncias húmicas e nitrogênio no estado nutricional, produtividade e qualidade de frutos de aceroleira.

Neste sentido, o aumento da disponibilidade de N resultou em comportamento estocástico dos atributos químicos, estoques de carbono orgânico no solo, teores foliares de nutrientes, produção e produtividade de aceroleira. Também, verificou-se que a aplicação de KS100 resulta na redução dos estoques de C das substâncias húmicas do solo. Além disso, a aplicação de substâncias húmicas e doses de N não influencia a qualidade de frutos de aceroleira. Há necessidade de mais estudos para avaliar os efeitos da aplicação de substâncias húmicas e doses de nitrogênio em solos do semiárido.