



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**HOSANA AGUIAR FREITAS DE ANDRADE**

**POTENCIAL DO USO DO LÍQUIDO DA CASCA DO COCO VERDE NA CULTURA  
DO COQUEIRO-ANÃO**

**FORTALEZA**

**2021**

HOSANA AGUIAR FREITAS DE ANDRADE

POTENCIAL DO USO DO LÍQUIDO DA CASCA DO COCO VERDE NA CULTURA DO  
COQUEIRO-ANÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do Solo.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Adriana Guirado Artur.  
Coorientador: Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A567p Andrade, Hosana Aguiar Freitas de.

Potencial do uso da casca do coco verde na cultura do coqueiro-anão / Hosana Aguiar Freitas de Andrade. – 2021.

68 f. :il color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2021.

Orientação: Profª. Dra. Adriana Guirado Artur.

Coorientação: Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi.

1. Cocos nucifera L. 2. Efluente. 3. Mineralização do nitrogênio. 4. Potássio. 5. Tanino. I. Título.

CDD 631.4

---

HOSANA AGUIAR FREITAS DE ANDRADE

POTENCIAL DO USO DO LÍQUIDO DA CASCA DO COCO VERDE NA CULTURA DO  
COQUEIRO-ANÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do Solo.

Aprovada em: 12/02/2021.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Adriana Guirado Artur (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. William Natale  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Isabel Cristina de Barros Trannin  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, Sua graça, misericórdia e pelas bênçãos durante o meu caminho.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS) pela oportunidade de conhecimento concebida, no âmbito profissional e pessoal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À Embrapa Agroindústria Tropical pela excelente oportunidade de condução do projeto, que permitiu a condução das atividades experimentais.

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Adriana Guirado Artur e ao Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi, pela excelente orientação e sabedoria. Todo meu respeito e profunda gratidão pelo incentivo e paciência concedida.

Aos professores participantes da banca examinadora pelas valiosas contribuições, sugestões e disponibilidade em contribuir no intuito de aperfeiçoar o trabalho.

Aos meus pais, Maria e Antônio, pelo amor, carinho, valiosos ensinamentos, e todo o apoio fornecido durante essa jornada.

Aos meus irmãos, Blênia e Flavio, por tornarem a vida mais leve com tantas risadas e afeto.

Ao Nitalo, meu companheiro e amigo, por todo amor, carinho, respeito e compreensão. Agradeço profundamente a construção de uma vida junta, além da força extra para continuar a seguir meus sonhos. Te amo!

À Analya e à Agnes, pela amizade cativada desde os tempos da graduação e que se estendeu além dos muros da Universidade. Obrigada pelos momentos de conselhos e boas gargalhadas compartilhados.

Aos amigos de mestrado, Isadora, Iana, Leny, Max, Gabriel, Lucas, Francisco, Carlos, Josué e Márcio, pela amizade firmada, pela alegria e a tristeza que vivenciamos juntos. Enfatizo meu orgulho por todas as boas histórias que compartilhamos.

Ao João, Antônio, Carol, Vanderléia e Lilian, por todo o apoio e indispensável contribuição durante a pesquisa.

A todos que, embora não mencionados, contribuíram de alguma forma no desenvolvimento deste trabalho, como também estiverem presente nesta etapa da minha vida.

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos  
é um oceano.”

Isaac Newton

## RESUMO

O aproveitamento dos subprodutos do coco verde como matéria-prima para a indústria gera o líquido da casca do coco verde (LCCV), um efluente que apresenta potencial do uso na agricultura como fonte de potássio, principal nutriente requerido pela cultura do coqueiro-anão. Todavia, o LCCV possui elevado teor de taninos, que podem inibir a mineralização do nitrogênio orgânico. Objetivou-se avaliar o potencial do uso do líquido da casca do coco verde no cultivo de plantas jovens de coqueiro-anão e seu impacto na mineralização do nitrogênio. A pesquisa foi dividida em duas partes: I) Experimento em vaso, conduzido em delineamento inteiramente casualizado, constituído por cinco repetições e sete tratamentos, com cinco doses: 0% (L<sub>0</sub>), 50% (L<sub>50</sub>), 100% (L<sub>100</sub>), 150% (L<sub>150</sub>) e 200% (L<sub>200</sub>) da necessidade de K<sub>2</sub>O na forma de LCCV; e dois tratamentos adicionais: 100% na forma de KCl (K<sub>100</sub>) e 50% na forma de KCl e 50% de LCCV (L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>). Os tratamentos foram aplicados ao longo de três meses. Cento e vinte dias após o transplântio das mudas foram avaliados os atributos químicos do solo, o crescimento e o estado nutricional do coqueiro-anão. II) Experimento em laboratório, realizado para avaliar a mineralização do N orgânico do solo em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 4 x 9, e três repetições. Foram avaliados quatro tratamentos (L<sub>0</sub>, L<sub>100</sub>, L<sub>200</sub> e K<sub>100</sub>) e 9 tempos de avaliação (no dia da aplicação dos tratamentos ao solo e aos 7; 15; 30; 60; 90; 120; 150 e 180 dias de incubação). As doses de LCCV promoveram aumentos na matéria orgânica, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup> e Fe<sup>2+</sup>, e diminuição no P, Ca<sup>2+</sup> e Mn<sup>2+</sup> do solo e decréscimo da % de folhas vivas do coqueiro-anão. As doses L<sub>100</sub> e L<sub>200</sub> afetaram a mineralização do nitrogênio orgânico do solo devido à presença de taninos, à elevada concentração de sais e à alta relação C:N (150:1) no efluente. A dose L<sub>100</sub>, em comparação ao K<sub>100</sub>, aumentou a concentração de K<sup>+</sup> e a condutividade elétrica do solo e diminuiu a % de folhas vivas, as taxas de crescimento absoluto e relativo do caule, e as massas secas de folhas, caule e total. O tratamento L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub> não apresentou diferença em relação ao K<sub>100</sub> para as variáveis de crescimento, exceto para a % de folhas vivas, indicando a possibilidade de substituição de 50% da dose recomendada de K<sub>2</sub>O para o cultivo do coqueiro-anão por LCCV.

**Palavras-chave:** *Cocos nucifera* L. Efluente. Mineralização do nitrogênio. Potássio. Tanino.

## ABSTRACT

The use of green coconut by-products as a raw material for the industry generates green coconut shell liquid (LCCV), an effluent that has potential for use in agriculture as a source of potassium, the main nutrient required by the dwarf coconut tree. However, LCCV has a high tannin content, which can inhibit the mineralization of organic nitrogen. The objective was to evaluate the potential use of green coconut shell liquid in the cultivation of young dwarf coconut plants and its impact on nitrogen mineralization. The research was divided into two parts: I) Potted experiment, conducted in a completely randomized design, consisting of five replications and seven treatments, with five doses: 0% ( $L_0$ ), 50% ( $L_{50}$ ), 100% ( $L_{100}$ ), 150% ( $L_{150}$ ) and 200% ( $L_{200}$ ) of the need for  $K_2O$  in the form of LCCV; and two additional treatments: 100% in the form of KCl ( $K_{100}$ ) and 50% in the form of KCl and 50% of LCCV ( $L_{50} + K_{50}$ ). The treatments were over three months. One hundred and twenty days after transplanting the seedlings, the chemical attributes of the soil, growth and nutritional status of the dwarf coconut tree were taken. II) Laboratory experiment, carried out to evaluate the mineralization of organic N from the soil in a completely randomized design, with a 4 x 9 factorial scheme, and three replications. Four treatments were taken ( $L_0$ ,  $L_{100}$ ,  $L_{200}$  and  $K_{100}$ ) and 9 evaluation times (on the day of application of treatments to the soil and at 7; 15; 30; 60; 90; 120; 150 and 180 days of incubation). As doses of LCCV promoted increases in organic matter,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cu^{2+}$  and  $Fe^{2+}$ , and a decrease in P,  $Ca^{2+}$  and  $Mn^{2+}$  in the soil and a decrease in the % of live leaves of the dwarf coconut tree. The doses  $L_{100}$  and  $L_{200}$  affected the mineralization of organic nitrogen in the soil due to the presence of tannins, the high concentration of salts and the high C:N ratio (150:1) without effluent. The dose  $L_{100}$ , compared to  $K_{100}$ , increased the concentration of  $K^+$  and the electrical conductivity of the soil and decreased the % of live leaves, as absolute and relative growth rates of the stem, and as dry masses of leaves, stem and total. The treatment  $L_{50} + K_{50}$  showed no difference in relation to  $K_{100}$  for growth variables, except for the % of live leaves, indicating the possibility of replacing 50% of the recommended dose of  $K_2O$  for the cultivation of dwarf coconut by LCCV.

**Keywords:** *Cocos nucifera* L. Effluent. Nitrogen mineralization. Potassium. Tannin.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Partes constituintes do coco .....	17
Figura 2 – Etapas do sistema de processamento da casca de coco verde .....	21
Figura 3 – Efeitos do LCCV durante (A) e após (B) a aplicação no solo .....	30
Figura 4 – Dados de temperatura média, umidade relativa e precipitação pluviométrica no período de condução do experimento em Fortaleza, Ceará .....	31
Figura 5 – Concentrações de matéria orgânica (A) e fósforo (B) da camada de 0 a 20 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo em resposta às doses de LCCV aplicadas em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão .....	38
Figura 6 – Concentrações de potássio (A), cálcio (B), magnésio (C) e sódio (D) da camada de 0 a 20 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo em respostas às doses de LCCV aplicadas em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão .....	39
Figura 7 – Concentrações de potássio (A), cálcio (B) e sódio (C) da camada de 20 a 40 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo em respostas às doses de LCCV aplicadas em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão .....	40
Figura 8 – Concentrações de cobre (A), ferro (B) e manganês (C) da camada de 0 a 20 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo em respostas às doses de LCCV aplicadas em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão .....	43
Figura 9 – Mineralização do nitrogênio orgânico de um Argissolo Vermelho-Amarelo na ausência de LCCV ( $L_0$ ) e com a aplicação de 100% da recomendação de $K_2O$ para o coqueiro-anão na forma de cloreto de potássio ( $K_{100}$ ) .....	44

Figura 10 – Mineralização do nitrogênio orgânico de um Argissolo Vermelho-Amarelo que recebeu aplicação de 100% (L <sub>100</sub> ) e 200% (L <sub>200</sub> ) da recomendação de K <sub>2</sub> O para o coqueiro-anão na forma de LCCV .....	45
Figura 11 – Porcentagem de folhas vivas de plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão em resposta às doses de LCCV .....	49
Figura 12 – Teores foliares de nitrogênio (A), potássio (B), sódio (C) e manganês (D) em resposta às doses de LCCV aplicadas em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Análise química e granulométrica do solo .....	28
Tabela 2	– Caracterização química do líquido da casca do coco verde utilizado no experimento em vaso .....	29
Tabela 3	– Caracterização química do líquido da casca do coco verde utilizado no experimento em laboratório .....	33
Tabela 4	– Análise química do Argissolo Vermelho-Amarelo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, em resposta às doses de LCCV, sob o cultivo de plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão .....	36
Tabela 5	– Análise química da camada de 0 a 20 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo, em resposta aos tratamentos L <sub>100</sub> , K <sub>100</sub> e L <sub>50</sub> + K <sub>50</sub> aplicados em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão .....	36
Tabela 6	– Análise química da camada de 20 a 40 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo em resposta aos tratamentos L <sub>100</sub> , K <sub>100</sub> e L <sub>50</sub> + K <sub>50</sub> aplicados em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão .....	41
Tabela 7	– Análise de crescimento de plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão em resposta às doses de LCCV .....	48
Tabela 8	– Análise de crescimento de plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão em resposta aos tratamentos L <sub>100</sub> , K <sub>100</sub> e L <sub>50</sub> + K <sub>50</sub> .....	49
Tabela 9	– Análise foliar de plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão em resposta às doses de LCCV .....	51
Tabela 10	– Teores foliares de nutrientes e sódio em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) do coqueiro-anão em resposta aos tratamentos L <sub>100</sub> , K <sub>100</sub> e L <sub>50</sub> + K <sub>50</sub> .....	52

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
2	<b>HIPÓTESE</b> .....	16
3	<b>OBJETIVOS</b> .....	16
3.1	Objetivo geral .....	16
3.2	Objetivos específicos .....	16
4	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
4.1	A cultura do coco .....	17
4.2	Importância da cultura do coco verde para a região nordeste .....	19
4.3	Impactos ambientais e subprodutos da produção do coco verde .....	20
4.4	Aproveitamento de resíduos na agricultura .....	22
4.5	Líquido da casca do coco verde .....	23
4.6	Exigência nutricional em potássio pela cultura do coqueiro-anão .....	25
4.7	Taninos e a mineralização do nitrogênio orgânico .....	26
5	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
5.1	Experimento em vaso .....	29
5.2	Experimento em laboratório .....	33
6	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	36
6.1	Atributos químicos do solo .....	36
6.2	Mineralização do nitrogênio orgânico .....	44
6.3	Crescimento do coqueiro-anão .....	47
6.4	Estado nutricional do coqueiro-anão .....	51
7	<b>CONCLUSÕES</b> .....	56
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo do coqueiro-anão (*Cocos nucifera* L. variedade 'Nana') é um importante segmento do agronegócio na região nordeste do Brasil, contribuindo expressivamente para a geração de emprego e renda. A grande expansão do cultivo do coqueiro-anão no nordeste brasileiro ocorreu pelas condições edafoclimáticas favoráveis e em função do aumento substancial da demanda do mercado por alguns produtos gerados pela cocoicultura, principalmente a água de coco.

O principal entrave do setor da cocoicultura pós-produção reside no grande acúmulo de resíduos (casca) gerados a partir do consumo do coco verde *in natura* ou pelo processo de beneficiamento para a obtenção do albúmen líquido. Pesquisas recentes têm apresentado algumas estratégias de valorização da casca do coco verde na indústria como matéria-prima, buscando amenizar os impactos negativos no ambiente.

Entretanto, para a valorização da casca do coco verde como subproduto é necessário pré-tratamento, que consiste basicamente na conversão da casca em pó e fibra. Durante esse processo é gerado um efluente potencialmente poluente ao ambiente, denominado líquido da casca do coco verde (LCCV), que permanece à margem de investigações científicas que busquem estratégias para o seu aproveitamento.

Uma das principais características do LCCV é a elevada concentração de potássio, em média  $1.864 \text{ mg L}^{-1}$  (ARAÚJO *et al.*, 2004). O potássio é o principal nutriente requerido pela cultura do coqueiro-anão, isto porque, a quantidade de frutos produzidos, bem como a qualidade da água de coco, são parâmetros advindos da nutrição adequada com este nutriente.

No entanto, o cultivo do coqueiro ocorre predominantemente em solos que se caracterizam pela baixa fertilidade natural (FONTES; PASSOS; PROCÓPIO, 2015) e, concomitantemente a isso, esta palmeira produz frutos durante todo o ano, extraíndo do solo grandes quantidades de nutrientes para manter a produtividade satisfatória. Com isso, ocorre declínio da produtividade de frutos do coqueiro, caso os nutrientes absorvidos, principalmente o potássio, não sejam repostos (MALHOTRA *et al.*, 2017).

Dessa forma, o LCCV apresenta potencial do uso como fonte de  $\text{K}_2\text{O}$  em substituição às adubações com cloreto de potássio, fertilizante mineral comumente utilizado. Todavia, o seu adequado aproveitamento na agricultura necessita de investigações científicas, pois, além de potássio, o LCCV contém também elevado teor de taninos, compostos secundários que podem agir como inibidores dos microrganismos envolvidos no processo de mineralização de nitrogênio via degradação da matéria orgânica do solo (LEITÃO *et al.*, 2010).

Nessa perspectiva, a importância deste estudo reside em avaliar o potencial do líquido da casca do coco verde, até então um efluente poluidor, como fonte de potássio, em substituição parcial ou total do fertilizante cloreto de potássio empregado no crescimento inicial do coqueiro-anão.

## **2 HIPÓTESE**

A aplicação do líquido da casca do coco verde como fonte de potássio substitui, parcialmente ou totalmente, o fertilizante cloreto de potássio empregado no crescimento inicial do coqueiro-anão.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo geral**

Avaliar o potencial do uso do líquido da casca do coco verde no cultivo de plantas jovens de coqueiro-anão e seu impacto na mineralização do nitrogênio orgânico do solo.

### **3.2 Objetivos específicos**

Avaliar o impacto do LCCV nos atributos químicos e na mineralização do nitrogênio orgânico do solo;

Determinar o potencial do LCCV no fornecimento de potássio para plantas jovens de coqueiro-anão;

Verificar o estado nutricional e o crescimento inicial do coqueiro-anão submetido à aplicação de LCCV ao solo;

Definir a dose de LCCV à ser aplicada como fonte de potássio para o cultivo de plantas jovens de coqueiro-anão.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

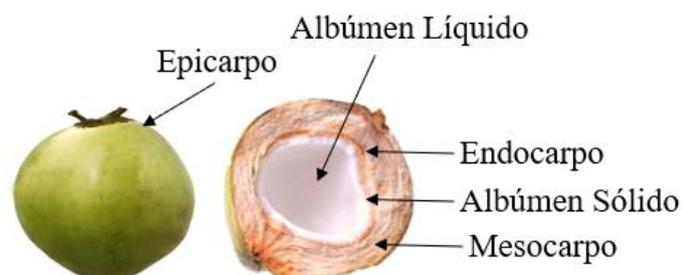
### 4.1 A cultura do coco

A família *Arecaceae* é constituída por espécies conhecidas como palmeiras, dentre as quais, destaca-se o coqueiro (*Cocos nucifera* L.), uma das culturas perenes mais importante (ROSADO *et al.*, 2016), devido aos diversos produtos que podem ser obtidos a partir do seu fruto, como a água de coco (SANTOS; MONNERAT; CARVALHO, 2004), o óleo (FERREIRA NETO *et al.*, 2007), o leite e a carne do coco (PATIL; BENJAKUL, 2018).

O coqueiro possui caule do tipo estipe, com uma única gema de crescimento, cujas folhas são do tipo penada, sendo constituídas de pecíolos e ráquis, e quando maduras, medem de 4 a 6 metros de comprimento (PASSOS, 1998). O sistema radicular do coqueiro é fasciculado, característico das monocotiledôneas. As raízes são produzidas continuamente durante todo o seu ciclo de vida (FRÉMOND; ZILLER; LAMOTHE, 1975), sendo as radículas, as principais raízes para a absorção de água e nutrientes do coqueiro, as quais são formadas a partir da raiz terciária (OHLER, 1984).

O fruto do coqueiro é classificado como drupa, formado pelo epicarpo, mesocarpo, endocarpo e albúmen. O epicarpo é uma película fina e lisa que envolve externamente o fruto; o mesocarpo é caracterizado por uma camada grossa e fibrosa; e o endocarpo, é lenhoso, duríssimo, e de coloração escura (BENASSI *et al.*, 2007). No interior da casca encontra-se o albúmen sólido, representado pela polpa carnososa, branca e oleosa, que forma uma cavidade, contendo o albúmen líquido, conhecido como água de coco (FERREIRA *et al.*, 2019) (Figura 1).

Figura 1 – Partes constituintes do coco



Fonte: Adaptado de Shutterstock (2015).

O coqueiro é uma planta que apresenta bom desenvolvimento em clima tropical, com temperatura média em torno de 27°C, considerada ótima para seu crescimento e produção. A precipitação média ideal é de 1.500 mm anuais (FONTES; FERREIRA; SIQUEIRA, 2002), sendo que irregularidades de distribuições ao longo do ano, principalmente durante as fases de crescimento vegetativo e produção, podem acarretar queda na produtividade do coqueiro (MIRANDA *et al.*, 2007).

O coqueiro apresenta boa capacidade de adaptação a diversos solos, no entanto, solos de textura franco-arenosa com boa porosidade facilitam o desenvolvimento do sistema radicular. Diferentemente, solos de textura argilosa podem ocasionar problemas relacionados à drenagem e à aeração (BENASSI; FANTON; SANTANA, 2013).

As principais variedades de coqueiro, do ponto de vista socioeconômico e agroindustrial, são o coqueiro-gigante e o coqueiro-anão. Há também o coqueiro híbrido, resultante do cruzamento natural ou artificial entre essas variedades, com características intermediárias (FERREIRA *et al.*, 2019).

O coqueiro-gigante é uma variedade rústica, com florescimento tardio, entre cinco e sete anos. A planta apresenta porte elevado, podendo atingir 20 a 30 m de altura, com produção de 60 a 80 frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, e vida produtiva econômica de 60 a 80 anos. Os frutos são utilizados como matéria-prima para a indústria de alimentos (coco seco) ou são consumidos *in natura* (ARAGÃO *et al.*, 2010).

O coqueiro-anão é dividido em três subvariedades: vermelha, amarela e verde (AZEVEDO *et al.*, 2018), sendo esta última, a mais facilmente aceita no mercado devido a cor. Além disso, o fruto do coqueiro-anão verde, é mais indicado para o mercado da água de coco *in natura*, isto porque, produz maior quantidade de água, cerca de 300 mL (ARAGÃO *et al.*, 2010), caracterizada como doce e agradável (PEREIRA; BAUDOUIN; MACKAY, 2016). Essa variedade apresenta porte reduzido, de 8 a 10 m de altura e vida econômica de 30 a 40 anos (ARAGÃO *et al.*, 2010). Dependendo da tecnologia empregada, o florescimento é rápido, aproximadamente dois anos após a semeadura, com produção de mais de 200 frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, o que proporciona maior rapidez no retorno financeiro (SOUSA *et al.*, 2011).

A variedade anã possibilitou a expansão do cultivo em regiões brasileiras em que não havia tradição de produção do coco, como a Sul e a Sudeste, culminando no aumento da produtividade no Brasil (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2014).

Com a elevação da produtividade do coqueiro, o Brasil passou a se destacar no cenário internacional, isto porque, em 1990, o país ocupava a 10ª posição no ranking mundial, com produção total de aproximadamente 477 mil toneladas de coco. Atualmente, o País é o

quinto maior produtor mundial, com produção aproximada de 2,34 milhões de toneladas, em uma área plantada de 198 mil ha cultivados com coqueiros, beneficiando diretamente mais de 220 mil cocoicultores. Apesar da produção de coco brasileira ocupar posição destaque em 2018, e ser inferior somente a da Indonésia, Filipinas, Índia e Sri Lanca, o Brasil é responsável pela maior produtividade da cultura (11.809 kg ha<sup>-1</sup>), aproximadamente 52% superior à da Indonésia (5.712 kg ha<sup>-1</sup>), que é o maior produtor mundial de coco (FAOSTAT, 2018).

#### **4.2 Importância da cultura do coco verde para a região nordeste**

Os coqueiros são cultivados em todo o território brasileiro, contudo, é a região nordeste que se destaca, devido as condições de solo e clima mais favoráveis (AZEVEDO *et al.*, 2006). A região nordeste corresponde a 81,3% da área cultivada com coco do Brasil e 71,2% da produção nacional, resultando em rendimento anual de 674.867 mil reais. Os principais produtores são os estados da Bahia (344.762 t), Ceará (254.161 t) e Sergipe (174.364 t), respectivamente (IBGE, 2018).

A posição de maior produtor de coco conquistado pelo nordeste brasileiro ocorre desde a introdução do coqueiro no País e se mantém atualmente por meio da renovação dos coqueirais pela variedade anã (BRAINER, 2018). A renovação dos coqueirais ocorreu como resposta à crescente demanda de água de coco em grandes centros urbanos e, conseqüentemente, tornou-se necessário a obtenção de novas variedades com foco na produção de água de coco (SANTOS *et al.*, 2020). Neste caso, a variedade anã verde tornou-se a mais adequada para o cultivo, devido ao seu alto rendimento, e melhor qualidade da água (AZEVEDO *et al.*, 2018).

O cultivo do coco verde e a expansão de sua industrialização contribuíram para destacar o nordeste no setor do agronegócio brasileiro (FERREIRA NETO *et al.*, 2011). Como resultado, a cocoicultura atualmente se destaca na geração de emprego e renda, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da região produtora (RODRIGUES; MARTINS; BARROS, 2018).

Além disso, o cultivo dessa palmeira é capaz de gerar um sistema autossustentável de exploração, formador de divisas para a população litorânea dos estados do nordeste do Brasil (SOUSA *et al.*, 2011). O cultivo do coqueiro também permite o consórcio com outras espécies vegetais, que podem ser exploradas comercialmente e contribuírem para aumentar a

renda dos agricultores (MONTEIRO *et al.*, 2013).

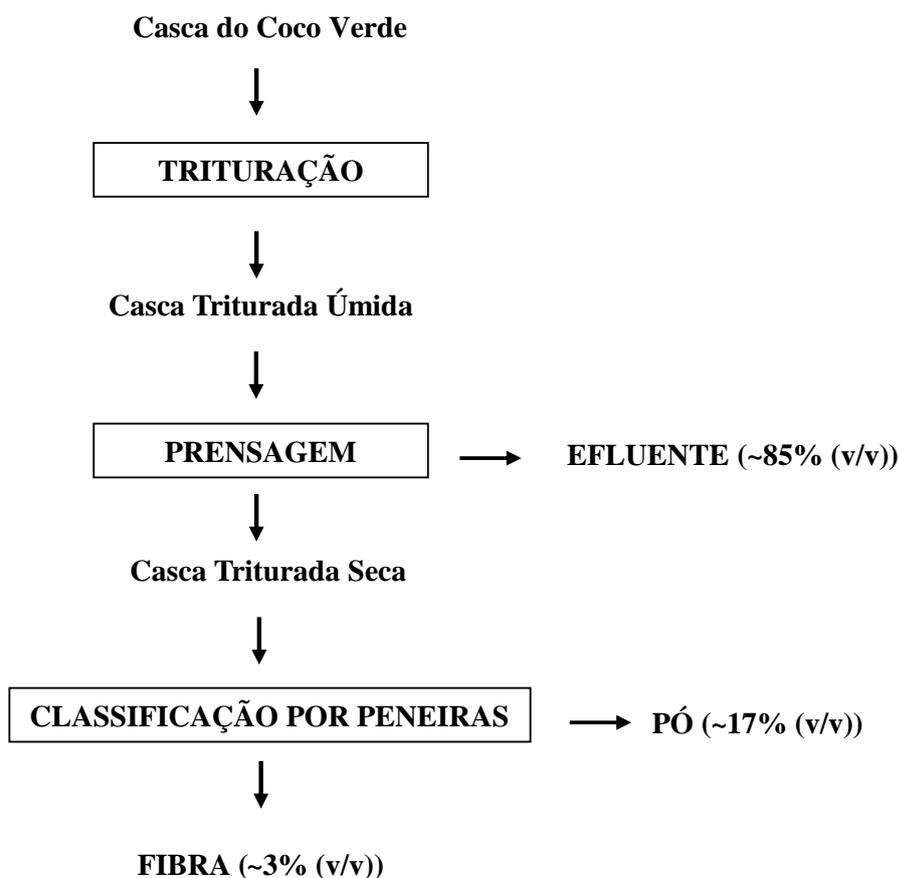
### 4.3 Impactos ambientais e subprodutos da produção do coco verde

Nos próximos anos, espera-se o aumento substancial do comércio mundial de produtos derivados de coco, em especial, a água de coco, como consequência do aumento da demanda por alimentos mais saudáveis (RODRIGUES; MARTINS; BARROS, 2018). Embora o maior consumo incrementa o comércio e a indústria, pode gerar problemas ambientais, tendo em vista que na industrialização de água de coco ou no consumo *in natura*, as cascas são geralmente descartadas (TEIXEIRA *et al.*, 2019).

Portanto, o destino final das cascas de coco, que corresponde a cerca de 80 a 85% do peso total da fruta, é preocupante, não somente pelo grande volume gerado (CABRAL *et al.*, 2016), mas também pelo elevado tempo de decomposição do material, que pode levar mais de oito anos para que seja completa (CARRIJO; LIZ; MAKISHIMA, 2002), devido ao alto teor de lignina ( $37,2 \pm 0,8\%$ ) (CORRADINI *et al.*, 2009). As cascas do coco verde, quando descartadas inadequadamente, podem reduzir a vida útil dos aterros, contaminar o ambiente e prejudicar a saúde da população (NASCIMENTO *et al.*, 2016).

Para reduzir esses impactos, é indispensável identificar alternativas de aproveitamento, visando a agregação de valor a esses subprodutos após o processamento do coco pela indústria (RODSAMRAN; SOTHORNVIT, 2018). Para isso, as partes fibrosas resultantes do beneficiamento da casca do coco são inicialmente trituradas por um rolo de facas fixas e, em seguida, o material é prensado para extrair o excesso de líquido desse material. Somente após a prensagem, as fibras, que correspondem a 30%, são separadas do pó, equivalente a 70% do produto final (MATTOS *et al.*, 2014) (Figura 2).

Figura 2 – Etapas do sistema de processamento da casca de coco verde



Fonte: Teixeira (2007).

A fibra do coco verde obtida pode ser aproveitada para a produção de painéis de partículas multicamadas na fabricação de aglomerados (FIORELLI; BUENO; CABRAL, 2019), como reforço no cimento (RAJ *et al.*, 2017; SEKAR; KANDASAMY, 2018), matéria-prima na produção de polpa celulósica (CARDOSO; GONÇALEZ, 2016), produção de bioetanol (GONÇALVES *et al.*, 2014; CABRAL *et al.*, 2016; ARAÚJO *et al.*, 2017), remoção de íons tóxicos de água residuária (SOUSA *et al.*, 2009; HENRYK; JAROSLAW; WITOLD, 2016) e para a sorção e dessorção de íons de solução aquosa (MAGALHÃES; NEVES, 2011; LIMA *et al.*, 2012; STARÓN; CHWASTOWSKI; BANACH, 2017).

Além da fibra, o pó de coco pode ser aproveitado para biorremediação de solos que contém metais pesados (PINO *et al.*, 2006), ou como substrato agrícola, por apresentar características físicas adequadas para a produção de mudas (RAMOS *et al.*, 2012; LEMOS NETO *et al.*, 2016; YUE *et al.*, 2020).

As alternativas de aproveitamento das cascas de coco possibilitam, além da redução dos impactos negativos ao ambiente, opção de renda nos locais em que são geradas.

#### 4.4 Aproveitamento de resíduos na agricultura

O crescimento contínuo das demandas da sociedade e a utilização de processos industriais, resultam em grande quantidade e diversidade de resíduos gerados. Desta forma, a agricultura surge como alternativa apropriada para o aproveitamento desses resíduos (SOUZA *et al.*, 2014).

Essa alternativa advém de fatores econômicos, como os custos associados aos aterros sanitários, bem como ao transporte dos resíduos, além de fatores ambientais e sociais, como os impactos da poluição e as ameaças à saúde pública (LE; NGUYEN; ZHU, 2018). Contudo, ao optar pela reciclagem dos resíduos, deve-se considerar, também, as propriedades úteis desses materiais com o intuito de melhorar os parâmetros químicos e físicos dos solos (SIBAGATULLIN *et al.*, 2020).

Como exemplos de resíduos, pode-se citar o subproduto gerado pela indústria processadora de goiabas (*Psidium guajava* L.), material rico em nutrientes, constituído basicamente de sementes e pequena fração de polpa (ROZANE *et al.*, 2013). Em condições de casa de vegetação, Mantovani *et al.* (2004) concluíram que o subproduto do processamento de goiabas é fonte de liberação lenta de N e P para as plantas. Esse subproduto é rico em nitrogênio, resultando em aumento do teor foliar deste nutriente em pomares de goiabeiras e na produção de frutos (SOUZA *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2015), sendo uma alternativa benéfica à fertilização nitrogenada, por contribuir com aporte significativo do elemento, com diminuição dos custos de produção e preservação do ambiente (SOUZA *et al.*, 2017).

Outro exemplo de resíduo oriundo da agroindústria é a vinhaça, efluente produzido durante o processo de fermentação da cana-de-açúcar e subsequente destilação do álcool. Para produzir um litro de etanol é gerado até 13 L de vinhaça (SCHULTZ *et al.*, 2010; SADEGHI; HAZBAVI; HARCHEGANI, 2016). Por isso, tem-se buscado formas de valorização deste subproduto na agricultura, isto porque a vinhaça apresenta vários atributos favoráveis ao uso agrícola (MATOS; GARIGLIO; MONACO 2013). Além disso, a vinhaça é fonte de matéria orgânica e nutrientes como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , sendo o  $K^+$  o elemento mineral mais importante para o uso agrícola desse resíduo (PRADO; CAIONE; CAMPOS, 2013), com cerca de  $1.392 \text{ mg L}^{-1}$  de K (BARROS *et al.*, 2010).

Para o cálculo da dose de vinhaça a ser aplicada ao solo, leva-se em consideração o teor de potássio na vinhaça e a concentração de K no solo (PELUCO *et al.*, 2013). Quando aplicada adequadamente, cerca de  $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de vinhaça equivale à adubação de  $61 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio,  $343 \text{ kg ha}^{-1}$  de potássio e  $108 \text{ kg ha}^{-1}$  de cálcio (MEDEIROS *et al.*, 2003).

Um estudo exploratório do uso da vinhaça durante 20 anos em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, realizado por Zolin *et al.* (2011), indicou que houve uma relação sistemática entre esta razão de adsorção de potássio e a produtividade, ou seja, houve um acréscimo da produtividade da cultura da cana-de-açúcar com o aumento da razão de adsorção de potássio no solo.

Apesar dos trabalhos com vinhaça serem realizados principalmente na cultura da cana-de-açúcar, existe exploração desse líquido em outras culturas, incluindo sucessão de plantas anuais, em trabalho realizado por Basso *et al.* (2013). Segundo esses autores, a utilização da vinhaça como fonte de potássio na sucessão aveia preta/milho, silagem/milho safrinha, pode substituir a adubação mineral com cloreto de potássio devido ao efeito residual para os cultivos subsequentes.

Outro resíduo agroindustrial que apresenta potencialidade de uso como fertilizante agrícola é a manipueira, resíduo gerado durante o processamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para a obtenção da farinha ou fécula (MAGALHÃES *et al.*, 2014). A manipueira é um líquido leitoso, amarelo-claro, rico em substâncias orgânicas e nutrientes minerais, principalmente em potássio, com teor de 5.900 mg L<sup>-1</sup> (BARRETO *et al.*, 2014).

Em algumas pesquisas foi verificado que o uso da manipueira incrementou a produção de culturas como a alface (SANTOS *et al.*, 2010; DUARTE *et al.*, 2012), milho (MAGALHÃES *et al.*, 2014), girassol (FERREIRA *et al.*, 2015) e feijão (PEREIRA *et al.*, 2018). Os resultados positivos do uso da manipueira decorrem das melhorias em atributos do solo. Barreto *et al.* (2013) estudaram os efeitos da aplicação de manipueira nos atributos químicos dos solos, e observaram que houve aumento de cátions, principalmente, K, Mg e Ca, além do aumento da CTC e V%.

Os resíduos gerados pela cadeia produtiva podem retornar a natureza de forma racional, por meio do uso desses subprodutos na agricultura, como fonte de elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, não somente reduzindo a pressão sobre os fertilizantes minerais, como também amenizando os impactos negativos no ambiente.

#### **4.5 Líquido da casca do coco verde**

No processamento da casca do coco verde para a obtenção da fibra e do pó, a casca é prensada para diminuir o teor de umidade, reduzindo o tempo de secagem do produto

(ARAÚJO *et al.*, 2004). Durante a prensagem, é eliminado um efluente, o líquido da casca do coco verde, de coloração escura, resultante da presença de compostos de cadeia longa, tais como o tanino (SOUSA, 2007), podendo vir a apresentar efeitos inibitórios sobre os microrganismos.

A quantidade do LCCV gerada é de aproximadamente 0,5 m<sup>3</sup> para cada tonelada de coco processado (LEITÃO *et al.*, 2010), podendo atingir valores diários de 20 m<sup>3</sup>, em períodos de elevado processamento (TEIXEIRA, 2007).

Desta forma, se descartado de maneira inadequada, o LCCV, pode ser considerado poluidor do ambiente, devido a quantidade produzida e a alta carga orgânica (SOUSA, 2007), a qual varia entre 60 e 70 g L<sup>-1</sup> na demanda química por oxigênio (DQO) (LEITÃO *et al.*, 2010). O valor da DQO é alto, quando comparado ao da vinhaça que atinge valor médio de 23 g L<sup>-1</sup> da DQO (HADAVIFAR *et al.*, 2016). A alta DQO, geralmente, significa alto conteúdo de substâncias orgânicas e, portanto, importante parâmetro na determinação do monitoramento ambiental e nas avaliações de impacto ambiental (RUBEN *et al.*, 2018). Assim, as indústrias beneficiadoras de casca de coco verde buscam alternativas adequadas para a destinação desse efluente.

Teixeira (2007) observou que o LCCV apresenta teores de açúcares de 42,67 g L<sup>-1</sup>, o que o torna factível de ser usado como fonte de carbono em processos fermentativos em meio seletivo para leveduras. O LCCV contém, além de açúcar, aproximadamente 6 g L<sup>-1</sup> de taninos condensados (LEITÃO *et al.*, 2010), que associados ao extrato de nim, atuam como bioinseticida, tornando-se importante método biotecnológico no controle e combate de insetos sugadores, como pulgão (*Aphis gossypii*) e cochonilha (*Dactylopius coccus*) (SARTORI, 2017).

Além das possibilidades de aproveitamento do LCCV anteriormente citadas, ainda se faz necessário investigar o potencial do uso deste líquido na agricultura. O LCCV pode ser fonte de nutrientes, pois contém elevados teores de potássio (1.864 mg L<sup>-1</sup>), e quantidade consideráveis de cálcio (210 mg L<sup>-1</sup>), magnésio (147,6 mg L<sup>-1</sup>), fósforo (95,48 mg L<sup>-1</sup>), nitrogênio (11,3 mg L<sup>-1</sup>) e enxofre (2,53 mg L<sup>-1</sup>) (ARAÚJO *et al.*, 2004), elementos essenciais para o crescimento das plantas. Ainda segundo os mesmos autores, a aplicação de cada litro de LCCV poderia substituir, teoricamente, 3,85 g do cloreto de potássio (58% K<sub>2</sub>O). O cloreto de potássio é a fonte de K mais amplamente utilizada na agricultura, devido a concentração desse nutriente ser alta e comparativamente mais barata (ROSOLEM *et al.*, 2017).

Por outro lado, o LCCV contém teores elevados de sódio e cloro, em média, 379,5 e 3.681,6 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente (ARAÚJO *et al.*, 2004). A presença destes elementos pode resultar em alterações nos atributos do solo e perda da sua aptidão agrícola em decorrência da

dispersão das argilas (PEREIRA *et al.*, 2017).

Contudo, ressalta-se que o sódio e o cloro presentes no LCCV e sua aplicação em solos cultivados com coqueiro não constitui nova entrada desses íons no sistema, pois, ocorre ciclagem dos elementos que foram introduzidos anteriormente via adubação da cultura com cloreto de potássio e água de irrigação. Desse modo, a aplicação do LCCV na cultura do coco, em dose definida com critério técnico, resultaria em baixo risco de salinização e de sodificação dos solos.

Em um experimento realizado por Santos (2019), o LCCV foi utilizado como fonte de nutriente para a cultura do tomate, sendo recomendada a aplicação da dose com até 25% do LCCV, visto que foram observados efeitos positivos até essa dose no crescimento da planta. Contudo, é indispensável o estudo do LCCV em outras culturas de interesse agrícola, como o coqueiro-anão, uma vez que o LCCV é um efluente do processamento da casca do coco verde, o que viabilizaria sua aplicação em coqueirais locais, reduzindo os custos relacionados ao transporte e a aplicação de fertilizantes comerciais.

#### **4.6 Exigência nutricional em potássio pela cultura do coqueiro-anão**

A exportação de nutrientes pelos frutos do coqueiro-anão ocorre na seguinte ordem: potássio (169,77 kg ha<sup>-1</sup>), cloro (92,0 kg ha<sup>-1</sup>), nitrogênio (87,71 kg ha<sup>-1</sup>), fósforo (12,44 kg ha<sup>-1</sup>), magnésio (9,48 kg ha<sup>-1</sup>), enxofre (7,85 kg ha<sup>-1</sup>) e cálcio (6,02 kg ha<sup>-1</sup>), considerando a produtividade de 200 frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (SOBRAL, 1998). Observa-se que dentre os nutrientes, o potássio é exportado em maior quantidade.

O potássio atua em muitos processos fisiológicos no vegetal, ativando mais de 60 sistemas enzimáticos; além disso, participa da fotossíntese, o que favorece alto estado de energia (necessária para a produção de ATP), mantém o turgor das células, regula a abertura e o fechamento dos estômatos, promove a absorção de água, regula a translocação de nutrientes na planta, favorece o transporte e o armazenamento de carboidratos, incrementa a absorção de N e a síntese de proteínas, e participa da síntese de amido nas folhas (MARSCHNER, 2012; TAIZ *et al.*, 2017).

A produtividade do coqueiro-anão depende da disponibilidade adequada de potássio desde a fase inicial de crescimento, influenciando no desenvolvimento reprodutivo, na quantidade e qualidade dos frutos. O número de frutos é uma resposta positiva do potássio

ao número de inflorescências emitidas (SOBRAL; LEAL, 1999), principalmente femininas (FERREIRA NETO *et al.*, 2011), assim como a quantidade e a qualidade da água de coco, sendo esta última dependente do teor de sólidos solúveis, que também são proporcionados em resposta a aplicação de potássio (SOBRAL; NOGUEIRA, 2008).

Nos solos, somente uma pequena fração do potássio (2%) está prontamente disponível, ou adsorvido aos coloides, ou na solução do solo, enquanto a maior parte está ligada a estrutura dos minerais (98%) (SPARKS, 2000). Além disso, a concentração desse nutriente é menor em regiões tropicais, variando entre 0,9 a 19 g kg<sup>-1</sup> (FASSBENDER, 1984), clima típico em que ocorre o cultivo do coqueiro-anão no Brasil.

A quantidade de nutrientes extraída pelo coqueiro, em especial o coqueiro-anão, é elevada, pois a planta desenvolve-se continuamente com floração, frutificação e maturação dos frutos simultaneamente, demandando em consequência, adubações frequentes (OHLER, 1984). Portanto, o potássio do solo deve ser continuamente reabastecido pela aplicação de fertilizantes potássicos (ROSOLEM; STEINER, 2017). Contudo, o Brasil possui apenas 3,6% das reservas mundiais de potássio (ROBERTS, 2005), suprimindo apenas 8% da demanda nacional, e, conseqüentemente, importa 3,4 milhões de toneladas, o que confere ao potássio, em termos econômicos, o maior custo de macronutriente por tonelada (IBRAM, 2012).

Assim, ao conhecer a importância do potássio para o cultivo do coqueiro, o estudo do líquido da casca do coco verde como fonte de K se faz necessário, não somente visando suprir a necessidade nutricional da cultura, mas, também, para reduzir a importação de fertilizantes potássicos.

#### **4.7 Taninos e a mineralização do nitrogênio orgânico**

Apesar da elevada quantidade de potássio, a problemática da aplicação do LCCV consiste no elevado teor de taninos condensados (6 g L<sup>-1</sup>) (LEITÃO *et al.*, 2010). Os taninos condensados são compostos polifenólicos formados por polímeros de três unidades monoméricas, oriundos do metabolismo secundário que podem se acumular nos resíduos vegetais (SMOLANDER *et al.*, 2012; OLIVOTO *et al.*, 2017), e são capazes de controlar a taxa de decomposição da matéria orgânica, processo necessário para o crescimento e o desenvolvimento das culturas, ao aumentar a disponibilidade de nitrogênio inorgânico (SCHULTEN; SCHNITZER, 1997; DIACONO; MONTEMURRO, 2010; TRIEBWASSER *et al.*, 2012). Deste modo, a presença de taninos pode resultar em alteração nos ciclos

biogeoquímicos do nitrogênio, uma vez que a maior parte do estoque de N do solo está associada à matéria orgânica do solo (SCHULTEN; SCHNITZER, 1997).

Ao reduzir a mineralização do nitrogênio, do ponto de vista da nutrição vegetal, os taninos diminuem a disponibilidade de nitrogênio às plantas (SMOLANDER *et al.*, 2012); sequestrando proteínas da matéria orgânica em complexos proteína-tanino que são mais resistentes à decomposição; inibindo a atividade microbiana por meio da toxicidade direta; e/ou atuando como fonte de C que pode aumentar a imobilização de N microbiano e diminuir a mineralização de N a partir da matéria orgânica do solo; complexando ou desativando enzimas microbianas (KRAUS *et al.*, 2004), como a  $\beta$  - glucosidase, amidase, fosfatase ácida (JOANISSE *et al.*, 2007) e protease (ADAMCZYK; KITUNEN; SMOLANDER, 2009).

Apesar das propriedades antimicrobianas dos taninos, causadas pela toxicidade, muitos fungos e bactérias são bastante resistentes a esses compostos secundários e podem crescer e se desenvolver adequadamente (DESCHAMPS, 1989). Além disso, a capacidade dos taninos de influenciar os efeitos biológicos mais diretos, como a mineralização de nutrientes, depende do seu tamanho molecular e estrutura (KRAUS; DAHLGREN; ZASOKI; 2003).

Por isso, é importante conhecer as características do efluente aplicado ao solo, como a capacidade dos taninos de interferirem na mineralização de nutrientes via degradação da matéria orgânica, de modo a prever seu comportamento. Uma forma de avaliar esse efeito é por meio da análise da quantidade de nitrogênio mineralizado, que ocorre em função do potencial de mineralização de nitrogênio, definido como a fração do total de nitrogênio orgânico que pode sofrer mineralização (STANFORD; SMITH, 1972).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O potencial do uso do líquido da casca do coco verde no crescimento inicial e no estado nutricional do coqueiro-anão, bem como nos atributos químicos do solo, foi avaliado por meio de experimento conduzido em vaso a céu aberto durante três meses, no período de outubro de 2019 a janeiro de 2020. O experimento sobre o impacto do LCCV na mineralização do nitrogênio orgânico, foi conduzido no Laboratório de Solos, durante seis meses, no período de setembro de 2019 a março de 2020. Ambos os experimentos foram realizados na Embrapa Agroindústria Tropical, localizada no município de Fortaleza – CE (3° 43' 6" S, 38° 32' 36" W).

O LCCV foi obtido após trituração da casca do coco verde e prensagem em prensa rotativa horizontal. Subsequente ao processo de prensagem, o líquido passou em peneira de malha com abertura de 1 mm de diâmetro para a retirada de partículas em suspensão oriundas da casca. O LCCV foi fornecido pela indústria de envasamento de água de coco Paraipaba Agroindustrial, localizada no município de Paraipaba – CE (3° 26' 30" S, 39° 8' 57" W).

O solo utilizado nos experimentos foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo textura arenosa (LIMA; OLIVEIRA; AQUINO, 2002), coletado na camada superficial de 0 a 20 cm no Campo Experimental de Pacajus, município de Pacajus – CE (4° 10' 26" S, 38° 27' 50" W). O solo coletado foi seco ao ar e, em seguida, amostras foram destorroadas, tamisadas em peneira de malha com 4 mm de abertura e homogeneizadas. Posteriormente, coletou-se uma subamostra para a caracterização granulométrica, conforme Almeida *et al.* (2012). Outra subamostra foi tamisada em peneira de 2 mm de abertura, obtendo a terra fina seca ao ar para a caracterização química, segundo Silva *et al.* (2009). Os resultados dessas análises estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise química e granulométrica do solo

pH <sub>H2O</sub>	MO	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	CTC	V
	g kg <sup>-1</sup>	g dm <sup>3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							%
6,4	9,0	242	1,5	27	8	1,0	0	9	47,0	82
	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Areia	Silte	Argila			
	----- mg dm <sup>-3</sup> -----				----- g kg <sup>-1</sup> -----					
	9,9	0,7	19,0	29,8	924	31	45			

pH: potencial hidrogeniônico, obtido na relação solo:água de 1:2,5; MO: matéria orgânica, digestão úmida Walkley-Black; P, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>, extração por Mehlich 1; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>, extração com 1 mol L<sup>-1</sup> KCl pH 7,0; H+Al: acidez potencial, (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca.H<sub>2</sub>O 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,1-7,2; Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> e Mn<sup>2+</sup>, extração por Mehlich 1; CTC: capacidade de troca de cátions; V: índice de saturação por bases; areia, silte e argila, método da pipeta.

## 5.1 Experimento em vaso

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, constituído por cinco repetições e sete tratamentos (cinco doses de LCCV e dois tratamentos adicionais). Os cinco tratamentos referentes as doses de LCCV corresponderam a aplicação de: 0% (L<sub>0</sub>), 50% (L<sub>50</sub>), 100% (L<sub>100</sub>), 150% (L<sub>150</sub>) e 200% (L<sub>200</sub>) das necessidades de K<sub>2</sub>O do coqueiro na forma de LCCV. Os tratamentos adicionais constituíram: adicional 1 – 100% da necessidade de K<sub>2</sub>O do coqueiro-anão na forma de cloreto de potássio (K<sub>100</sub>); adicional 2 – 50% da necessidade de K<sub>2</sub>O na forma de LCCV e 50% da necessidade de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio (L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>). A dose de K<sub>2</sub>O aplicada foi definida com base nos resultados da análise do solo e na recomendação de adubação para plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão, conforme Sobral *et al.* (2009).

Uma amostra de LCCV, antes de cada aplicação, foi coletada para determinar os teores totais de nutrientes e de sódio. Para isto, 5 mL do líquido foi digerido em solução com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio em forno microondas. Após a digestão, o volume foi completado para 50 mL com água desionizada e a leitura realizada por espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), conforme procedimentos descritos em Miyazawa *et al.* (2009) e BRASIL (2007). A determinação do valor pH e da condutividade elétrica foram determinados por meio de leitura direta no LCCV, com o auxílio de peagâmetro digital e condutímetro respectivamente. Os resultados da análise do LCCV estão na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização química do líquido da casca do coco verde utilizado no experimento em vaso

	pH	CE dS m <sup>-1</sup>	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Zn	Mn
			----- mg L <sup>-1</sup> -----								
1º aplicação	4,0	8,5	85	2.174	87	192	263	0,3	7	2	1
2º aplicação	5,2	7,9	89	1.948	83	220	389	0,2	33	6	1
3º aplicação	3,5	9,0	83	2.229	89	177	212	0,2	25	3	1

pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica.

Cada unidade experimental foi constituída por uma muda de coqueiro-anão com aproximadamente 124 ± 2,5 cm de altura, que foi transplantada para vasos de plástico com capacidade para 100 L, preenchidos com 75 L de solo. As mudas de coqueiro-anão foram fornecidas pela indústria de envasamento de água de coco Paraipaba Agroindustrial.

Com base na recomendação de K<sub>2</sub>O para o coqueiro-anão e no teor de K do LCCV

foi feito o cálculo da quantidade de LCCV a ser aplicada *in natura* ao solo (Figura 3). Os tratamentos L<sub>50</sub>; L<sub>100</sub>; L<sub>150</sub>; L<sub>200</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub> corresponderam à aplicação média de 8; 16; 24 e 32 e 8 L por planta de LCCV, respectivamente, em cada aplicação por mês. Nos tratamentos K<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>, o cloreto de potássio foi aplicado em superfície no solo e, em seguida, prosseguiu-se com a irrigação. O LCCV e o cloreto de potássio foram aplicados ao longo de três meses (três aplicações), uma vez por mês, considerando a recomendação de 50 g de K<sub>2</sub>O planta<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> (Sobral *et al.*, 2009). A cada aplicação foi feita a compensação com água, de modo que todos os tratamentos receberam a mesma quantidade de líquidos.

Figura 3 – Efeitos do LCCV durante (A) e após (B) a aplicação no solo

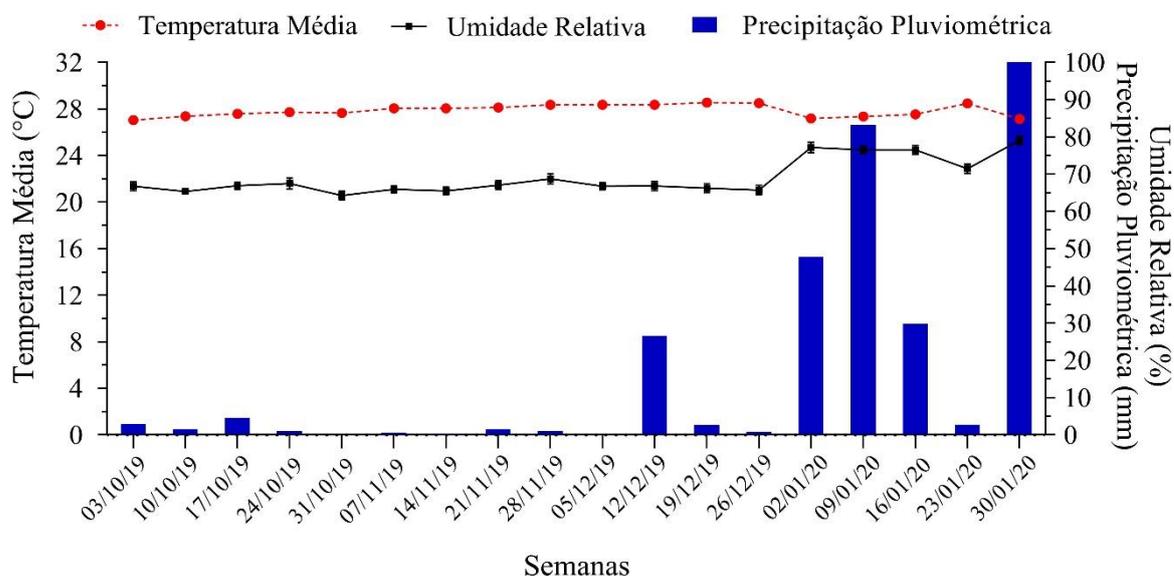


Fonte: autora (2019).

Com base nos resultados da análise de solo e na recomendação de calagem para o coqueiro-anão, não houve necessidade de elevar a saturação por bases, cujo valor indicado para a cultura é  $V = 70\%$ . A adubação de plantio com fósforo e com micronutrientes, com base nos resultados da análise do solo e na recomendação para a cultura, também se encontrava em níveis satisfatórios. Quanto a adubação nitrogenada, foi aplicado 50 g de nitrogênio planta<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> (Sobral *et al.*, 2009), utilizando-se a ureia como fonte de N.

A irrigação foi realizada manualmente e a umidade monitorada por meio de tensiômetros instalados nos vasos na profundidade de 25 cm. A tensão da água no solo entre as irrigações foi mantida entre 8 e 25 centibares (MIRANDA; GOMES, 2006). A temperatura média, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica estão apresentadas na Figura 4.

Figura 4 – Dados de temperatura média, umidade relativa e precipitação pluviométrica no período de condução do experimento em Fortaleza, Ceará



Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Meteorologia (2019-2020).

Aos 120 dias após o transplântio (DAT), ou seja, 30 dias após a última aplicação do LCCV, foi realizada a análise química do solo, bem como a avaliação do crescimento e do estado nutricional do coqueiro-anão. Para a determinação dos atributos químicos, amostras de solo foram coletadas com o auxílio de um trado tipo sonda, em cinco pontos nos vasos, para a formação de uma amostra composta, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm. As amostras de solo foram colocadas em sacos de plástico identificados e secas ao ar. Posteriormente, as amostras foram destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneira de malha com 2 mm de abertura. Em seguida, as amostras foram submetidas à análise química, conforme procedimentos descritos em Silva *et al.* (2009).

Quanto a análise de crescimento, foram realizadas avaliações do coqueiro-anão no dia do transplântio e aos 120 DAT, sendo feitas as seguintes determinações: altura da planta, mensurada com o auxílio de trena métrica graduada, considerando a distância vertical entre a superfície do solo e o ápice da planta; e diâmetro do caule, com o auxílio de paquímetro digital, medido a 5 cm do nível do solo. O número de folhas também foi contabilizado para calcular a porcentagem de folhas vivas.

Com base na altura da planta e no diâmetro do caule obteve-se a taxa de crescimento relativo, considerando o incremento relativo em altura e diâmetro entre duas amostragens (0-120 DAT), conforme equação proposta por Benincasa (2003):

$$TCR = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{T_2 - T_1}$$

TCR = Taxa de crescimento relativo em altura (cm dia<sup>-1</sup>) ou diâmetro (mm dia<sup>-1</sup>);

X<sub>2</sub> e X<sub>1</sub> = Logaritmo neperiano da amplitude de variações de crescimento em altura (cm) ou diâmetro (mm) entre duas amostragens, considerando os valores preexistentes a essa variação;

T<sub>2</sub> e T<sub>1</sub> = Intervalo de tempo (dias) entre as variações de duas amostragens.

Determinou-se, também, a taxa de crescimento absoluto, considerando o incremento absoluto em altura ou diâmetro entre duas amostragens (0-120 DAT), conforme equação proposta por Benincasa (2003):

$$TCA = \frac{X_2 - X_1}{T_2 - T_1}$$

TCA = Taxa de crescimento absoluto em altura (cm dia<sup>-1</sup>) ou diâmetro (mm dia<sup>-1</sup>);

X<sub>2</sub> e X<sub>1</sub> = Amplitude de variações de crescimento em altura (cm) ou diâmetro (mm) entre duas amostragens, desconsiderando os valores preexistentes;

T<sub>2</sub> e T<sub>1</sub> = Intervalo de tempo (dias) entre as variações de duas amostragens.

Posteriormente, a parte área do coqueiro-anão foi separada em caule e folhas. Ambos os órgãos foram lavados com água, ácido clorídrico a 3% (v:v) e água deionizada, colocados em saco de papel e levados a estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante. Após a secagem foram determinadas as massas secas da folha, do caule e total e, em seguida, amostras foliares foram moídas em moinho tipo Willey e passadas em peneira com abertura 1 mm de diâmetro.

As amostras do tecido vegetal foram submetidas à digestão sulfúrica, seguida de destilação e titulação para a determinação dos teores totais de nitrogênio e, à digestão nítrica-perclórica, para a determinação dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, cobre, ferro, manganês e zinco, por espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Para a determinação do teor de boro, as amostras foram incineradas em mufla, seguido de quantificação por meio de espectrofotometria pelo método da azometina-H. Os procedimentos adotados foram descritos em Miyazawa *et al.* (2009).

Os resultados foram submetidos ao teste de Shapiro Wilk (p<0,05) para verificar a

normalidade de distribuição dos dados. Quando não satisfeita a condição de normalidade, os dados foram transformados em Log10. Posteriormente, realizou-se a análise de variância e, quando significativo pelo teste F ( $p < 0,05$ ), foram realizadas análises de regressão das doses de LCCV.

Os tratamentos adicionais foram explorados por meio de contrastes ortogonais com a dose de 100% de LCCV, pois considerou-se a equivalência de 100% da recomendação de  $K_2O$ . Os constantes designados foram:  $L_{100}$  vs  $K_{100}$ ,  $L_{100}$  vs  $L_{50} + K_{50}$ , e  $K_{100}$  vs  $L_{50} + K_{50}$ , considerando efeito significativo quando  $p < 0,05$ .

## 5. 2 Experimento em laboratório

Para a avaliação da mineralização do nitrogênio orgânico do solo, o experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $4 \times 9$  e três repetições, totalizando 108 unidades experimentais. Foram avaliados quatro tratamentos ( $L_0$ : sem aplicação de LCCV e sem cloreto de potássio;  $L_{100}$ : 100% da necessidade de  $K_2O$  na forma de LCCV;  $L_{200}$ : 200% da necessidade de  $K_2O$  na forma de LCCV; e  $K_{100}$ : 100% da necessidade de  $K_2O$  na forma de cloreto de potássio) e 9 tempos de avaliação (no dia da aplicação do LCCV no solo e aos 7; 15; 30; 60; 90; 120; 150 e 180 dias de incubação do solo).

O LCCV utilizado no estudo foi caracterizado quimicamente conforme descrito anteriormente. Os resultados da análise do LCCV encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização química do líquido da casca do coco verde utilizado no experimento em laboratório

P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Fe	Mn
----- mg L <sup>-1</sup> -----								
82	2.058	70	169	227	1,0	0,2	3,5	2,0
pH	CE	N-T	N-I	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-O	C	C/N
----- mg L <sup>-1</sup> -----								
5,2	7,7	157	10,8	8,3	2,5	145,9	23.500	150

pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica; N-T: nitrogênio total; N-I: nitrogênio inorgânico; N-O: nitrogênio orgânico; C: carbono orgânico; C/N: relação carbono e nitrogênio.

O N-inorgânico (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) foi determinado após a adição de 10 mL de LCCV com 20 mL de água desionizada em macrotubo, utilizando um destilador Kjeldahl, conforme os procedimentos descritos em Cantarella e Trivelin (2001). Para a determinação do teor de N-total, houve primeiramente a digestão sulfúrica em bloco digestor com 5 mL de LCCV e destilação em meio alcalino, também em destilador de Kjeldahl, de acordo com Tedesco, Volkweiss e Bohnen (1985). O N-orgânico, por sua vez, foi obtido pela diferença

entre os teores de N-total e de N-inorgânico. O teor de carbono orgânico foi determinado por meio da titulação com sulfato ferroso amoniacal após 2 mL do LCCV serem submetidos à oxidação úmida com dicromato de potássio e ácido sulfúrico concentrado, conforme a metodologia descrita em BRASIL (2007). Em seguida, calculou-se a relação C/N do líquido (Tabela 3).

Porções de 200 cm<sup>3</sup> de solo seco ao ar foram acondicionadas em potes de plástico com capacidade para 250 mL, correspondente a 370 g de solo, adicionando-se os líquidos correspondentes aos tratamentos. Nos tratamentos L<sub>100</sub> e L<sub>200</sub> foram adicionados LCCV de acordo com o teor de K no efluente. No tratamento K<sub>100</sub> foi adicionada uma solução de cloreto de potássio, considerando o teor de K na solução. No solo correspondente ao tratamento L<sub>0</sub> adicionou-se água desionizada e, a cada aplicação, foi feita a compensação com água nos tratamentos.

Os tratamentos foram adicionados ao solo mensalmente, conforme a recomendação de 50 g de K<sub>2</sub>O planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Sobral *et al.*, 2009), durante os seis meses de condução do experimento. A umidade das amostras foi monitorada diariamente de forma a manter o solo a 70% da capacidade de retenção de água, por meio do peso dos recipientes com solo, e quando necessário foi adicionada água deionizada.

A cada tempo de avaliação, o solo foi homogeneizado e foram retiradas duas amostras de 5 g cada, sendo uma para a determinação da umidade e outra para a determinação do N-inorgânico. O N-inorgânico foi determinado de acordo com Cantarella e Trivelin (2001). Do N-inorgânico, foram quantificados somente o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e o N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, sendo considerado o N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> desprezível. O N-inorgânico foi extraído com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, cuja alíquota de 30 mL do extrato foi primeiramente utilizada para determinar o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> com adição de MgO e, em seguida, foi determinado o N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na presença da liga de Devarda no mesmo extrato. Os destilados foram coletados em erlenmeyer contendo solução de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + indicadores (vermelho de metila e verde de bromocresol) e quantificados com solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0025N.

Os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> determinados em cada dose e obtidos em cada tempo de incubação foram descontados da quantidade de N-inorgânico obtida com a mesma dose no tempo zero de incubação. Os resultados de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foram corrigidos para solo seco com base na umidade das amostras e, em seguida, submetidos à regressão não linear, com ajuste ao modelo de cinética de primeira ordem, proposto por Stanford e Smith (1972):

$$Nm = N_0 (1 - e^{-kt})$$

$N_m$  = N-inorgânico mineralizado ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) no tempo  $t$  (dias);

$N_0$  = N-potencialmente mineralizável ( $\text{mg kg}^{-1}$ );

$k$  = constante de mineralização ( $\text{dia}^{-1}$ ); e

$t$  = tempo (dias).

Foi calculado também o tempo médio ( $T^{1/2}$ ), em dias, necessário para que 50% do nitrogênio potencialmente mineralizável ( $N_0$ ) fosse mineralizado:

$$T^{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

$\ln 2$  = logaritmo neperiano de 2; e

$k$  = constante de mineralização ( $\text{dia}^{-1}$ ).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão não linear, com ajuste ao modelo de cinética de primeira ordem, proposto por Stanford e Smith (1972).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Atributos químicos do solo

Após a aplicação mensal, ao longo de três meses, as doses de líquido da casca do coco verde aplicadas na superfície do solo promoveram alterações nos atributos químicos do Argissolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento, na camada de 0 a 20 cm de profundidade (Tabela 4).

Tabela 4 – Análise química do Argissolo Vermelho-Amarelo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, em função das doses de LCCV, sob o cultivo de plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão

FV	pH <sub>H2O</sub>	CE	MO	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
LCCV	0,7 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	10,5 <sup>**</sup>	5,0 <sup>**</sup>	16,4 <sup>**</sup>	31,7 <sup>**</sup>	7,7 <sup>**</sup>	3,2 <sup>*</sup>
p-valor	0,58	0,15	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03
CV (%)	9,7	23,8	22,0	20,4	35,3	15,4	13,8	30,5
FV	H+Al	SB	CTC	V	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
LCCV	1,5 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	8,1 <sup>**</sup>	70,8 <sup>**</sup>	16,8 <sup>**</sup>
p-valor	0,26	0,08	0,15	0,83	0,80	<0,01	<0,01	<0,01
CV (%)	43,6	14,6	23,8	19,2	16,3	13,3	10,9	40,8

<sup>ns</sup>; <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup>: Não significativo e significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

FV: fonte de variação; CE: condutividade elétrica do solo; MO: matéria orgânica; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; CV: coeficiente de variação.

O uso do LCCV não influenciou o valor de pH do solo em doses de até 200% da recomendação de K<sub>2</sub>O requerida pelo coqueiro (Tabela 4). A ausência de efeito do LCCV sobre o valor de pH do solo pode ser observada quando comparada com as aplicações de outras fontes de potássio. A aplicação da mesma quantidade de K<sub>2</sub>O, tanto na forma de LCCV (L<sub>100</sub>) quanto na de KCl (K<sub>100</sub>) ou a associação das duas fontes de potássio (L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>) não promoveu alteração do pH (Tabela 5). De modo coerente, assim como o pH do solo, os valores de H+Al também não foram influenciados pelos tratamentos avaliados (Tabela 4 e 5).

Tabela 5 – Análise química da camada de 0 a 20 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo, em função aos tratamentos L<sub>100</sub>, K<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub> aplicados em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão

	Tratamentos		P-valor	Tratamentos		P-valor	Tratamentos		P-valor
	L <sub>100</sub>	K <sub>100</sub>		L <sub>100</sub>	L <sub>50</sub> + K <sub>50</sub>		K <sub>100</sub>	L <sub>50</sub> + K <sub>50</sub>	
pH <sub>H2O</sub>	6,8 a	6,5 a	0,632	6,8 a	7,0 a	0,603	6,5 a	7,0 a	0,309
CE	1,86 a	0,47 b	0,003	1,86 a	0,75 b	0,022	0,47 a	0,75 a	0,526
MO	13,8 a	6,2 b	<0,001	13,8 a	9,5 b	0,016	6,2 b	9,5 a	0,049
P	134 a	144 a	0,732	134 a	115 a	0,607	144 a	115 a	0,379
K <sup>+</sup>	13,1 a	2,7 b	<0,001	13,1 a	5,7 b	0,005	2,7 a	5,7 a	0,160

Ca <sup>2+</sup>	11,3 b	17,4 a	<0,001	11,3 a	12,3 a	0,350	17,4 a	12,3 b	0,001
Mg <sup>2+</sup>	11,5 a	5,9 b	<0,001	11,5 a	8,7 b	<0,001	5,9 b	8,7 a	<0,001
Na <sup>+</sup>	4,4 a	2,7 b	0,012	4,4 a	3,8 a	0,526	2,7 a	3,8 a	0,553
H+Al	6,2 a	7,9 a	0,967	6,2 a	8,9 a	0,508	7,9 a	8,9 a	0,511
SB	40,4 a	28,8 b	0,003	40,4 a	30,4 b	0,021	28,8 a	30,4 a	0,523
CTC	46,5 a	36,7 a	0,124	46,5 a	39,4 a	0,497	36,7 a	39,4 a	0,396
V	90 a	79 a	0,612	90 a	79 a	0,367	79 a	79 a	0,574
Zn <sup>2+</sup>	13,7 a	14,7 a	0,451	13,7 a	13,4 a	0,813	14,7 a	13,4 a	0,611
Cu <sup>2+</sup>	1,1 a	1,2 a	0,502	1,1 a	1,1 a	0,133	1,2 a	1,1 a	0,209
Fe <sup>2+</sup>	60 a	18 b	<0,001	60 a	38 b	0,001	18 b	38 a	0,001
Mn <sup>2+</sup>	8 b	28 a	<0,001	8 b	14 a	0,025	28 a	14 b	0,001

Valores seguidos da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ );

L<sub>100</sub>: 100% da necessidade de K<sub>2</sub>O recomendada para o coqueiro na forma de LCCV;

K<sub>100</sub>: 100% da necessidade de K<sub>2</sub>O recomendada para o coqueiro na forma de KCl;

L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>: 50% da necessidade de K<sub>2</sub>O recomendada para o coqueiro na forma de LCCV e 50% na de KCl;

pH: potencial hidrogeniônico; CE (dS m<sup>-1</sup>): condutividade elétrica; P (mg kg<sup>-1</sup>): fósforo; MO (g kg<sup>-1</sup>): matéria orgânica; K<sup>+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): potássio; Ca<sup>2+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): cálcio; Mg<sup>2+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): magnésio; Na<sup>+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): sódio; H+Al (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): acidez potencial; SB (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): soma de bases, CTC (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases (%); Zn<sup>2+</sup> (mg dm<sup>-3</sup>): zinco; Cu<sup>2+</sup> (mg dm<sup>-3</sup>): cobre; Fe<sup>2+</sup> (mg dm<sup>-3</sup>): ferro; Mn<sup>2+</sup> (mg dm<sup>-3</sup>): manganês.

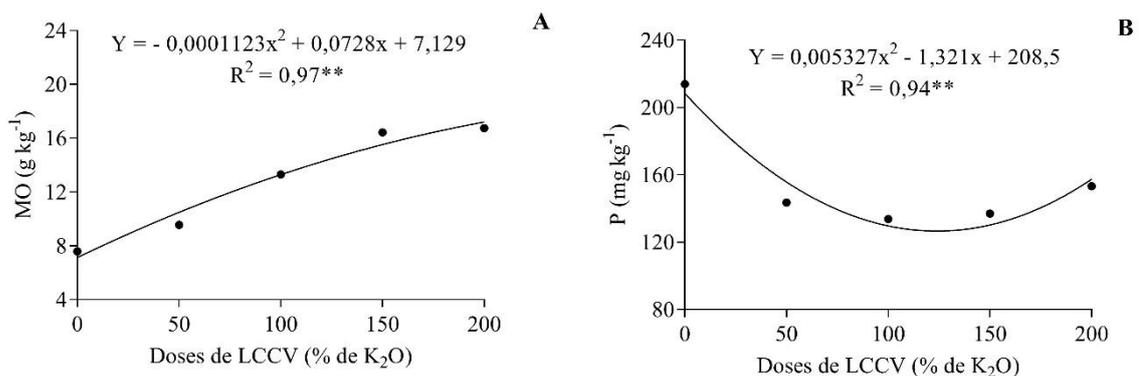
De modo geral, os resíduos orgânicos quando aplicados ao solo, tanto na forma líquida quanto na forma sólida, promovem alterações na reação do solo, sejam aumentos ou diminuições do valor de pH, dependendo da predominância dos processos que consomem ou liberam H<sup>+</sup>. Durante o processo de degradação da matéria orgânica, os ânions orgânicos dos grupos funcionais se associam ao H<sup>+</sup>, ou seja, consomem prótons do solo por meio do mecanismo de protonação, sendo constatada elevação do pH (NARAMABUYE; HAYNES, 2007; SHI *et al.*, 2019). No entanto, a dissociação do H<sup>+</sup> com os ânions orgânicos pode conduzir à acidificação do solo (RUKSHANA *et al.*, 2011). Portanto, a magnitude de variação do pH pode ocorrer conforme a composição do resíduo, a sua taxa de aplicação e do tipo de solo estudado, como a capacidade de tamponamento (RUKSHANA *et al.*, 2012; BUTTERLY; BALDOCK; TANG, 2013).

As doses de LCCV também não aumentaram a condutividade elétrica do solo (CE), determinada no extrato de saturação (Tabela 4). Por outro lado, com a aplicação do L<sub>100</sub> verificou-se elevação de 4 e 2,5 vezes do valor da CE, em relação à forma mineral (K<sub>100</sub>) e à associação das fontes (L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>), respectivamente (Tabela 5). A condutividade elétrica representa a quantidade de sais solúveis no extrato de saturação do solo (BEBÉ *et al.*, 2009), e esse aumento pode ser explicado pelo fato do LCCV ser um efluente com alta concentração de K e com quantidade considerável de Na, Mg e Ca. A elevação da condutividade elétrica

também foi observada após o uso da manipueira, por Barreto *et al.* (2013) e Dantas *et al.* (2014).

O incremento das doses de LCCV contribui para o aumento expressivo da concentração de matéria orgânica (MO) no solo, com 10 g kg<sup>-1</sup> de MO, quando se compara a aplicação de 200% de LCCV em relação ao tratamento testemunha (Figura 5A). Quando a relação C:N do resíduo é alta (>25:1), a biomassa microbiana ativa retira o nitrogênio necessário para a decomposição do resíduo a partir do solo ou dos microrganismos mortos, e assim a taxa de decomposição do resíduo diminui (KRIAUCIUNIENE *et al.*, 2018), o que pode ser atribuído ao uso do LCCV, que por sua vez, apresenta alta relação C:N (Tabela 3).

Figura 5 – Concentrações de matéria orgânica (A) e fósforo (B) da camada de 0 a 20 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo, em função das doses de LCCV aplicadas em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão



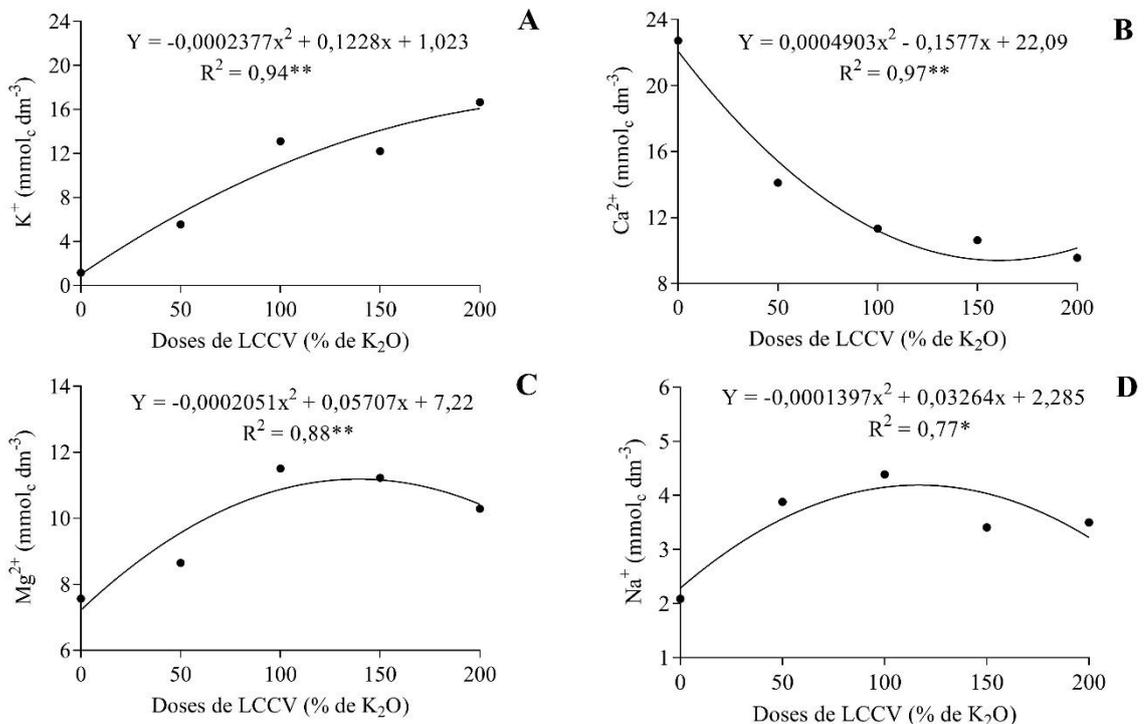
Moran-Salazar *et al.* (2016) relataram que a primeira mudança observada após a aplicação da vinhaça é a deposição de material orgânico, conforme também foi observado com a aplicação do LCCV. A influência da aplicação do LCCV no aumento da MO do solo é evidente quando comparada com a dos tratamentos L<sub>100</sub> e K<sub>100</sub> (Tabela 5). A aplicação do L<sub>100</sub> promoveu aumento de 122% na concentração de MO do solo, em relação à aplicação do K<sub>100</sub>. Todavia, esse incremento de MO não refletiu em aumento da capacidade de troca de cátions do solo (CTC) (Tabelas 4 e 5), uma vez que a matéria orgânica poderia contribuir para o aumento da CTC (PÁRRAGA-AGUADO *et al.*, 2017).

A concentração de P no solo diminuiu com o aumento das doses de LCCV (Figura 5B). Essa diminuição pode ser explicada pela complexação deste elemento com a MO adicionada pelo efluente, promovendo a sua indisponibilização, conforme observado por Matos *et al.* (2005), ao estudarem a aplicação de água residuária da lavagem dos frutos do

cafeeiro no solo. Por outro lado, a aplicação do L<sub>100</sub> não influenciou a concentração de P no solo quando comparada ao K<sub>100</sub> e a associação das fontes (L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>) (Tabela 5). Possivelmente, apesar do efluente conter P, a quantidade fornecida pelo LCCV nos tratamentos L<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub> não foram suficientes para elevar a concentração, considerado pequeno o aporte em relação a concentração inicial do solo. Resultados semelhantes foram observados por Duarte *et al.* (2008) ao estudarem a aplicação de efluente doméstico tratado.

O K<sup>+</sup> do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade apresentou ajuste ao modelo polinomial quadrático com a aplicação do LCCV (Figura 6A). Verifica-se que a concentração de K<sup>+</sup> no solo no tratamento sem aplicação de LCCV foi de 1,17 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e, com o incremento das doses de LCCV, ocorreu aumento da concentração de K<sup>+</sup>. Esse efeito do LCCV era esperado, visto que o LCCV é rico em potássio (Tabela 2), motivo pelo qual o elemento foi usado como referência na definição das doses de LCCV. Resultados semelhantes foram observados no solo por Carvalho *et al.* (2013); Silva, Bono e Pereira (2014) e Andreotti *et al.* (2015), ao estudarem o efeito da vinhaça e, por Barreto *et al.* (2013) e Bezerra *et al.* (2019), ao analisarem o efeito da manipueira, ambos efluentes com alto teor de K.

Figura 6 – Concentrações de potássio (A), cálcio (B), magnésio (C) e sódio (D) da camada de 0 a 20 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo, em função das doses de LCCV aplicadas em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão



Em comparação com outras fontes de K<sup>+</sup>, apesar dos tratamentos serem

equivalentes quanto ao teor aplicado deste elemento, o tratamento L<sub>100</sub> diferiu dos tratamentos K<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>, conferindo ao solo maior aporte (Tabela 5). A aplicação L<sub>100</sub> aumentou em quase 5 vezes a concentração de K<sup>+</sup> no solo, em relação ao K<sub>100</sub>. Isso pode ser justificado pelo fato de que o K fornecido no LCCV encontra-se prontamente solúvel, e promoveu aumento consistente e eficaz do K<sup>+</sup> na solução do solo quando comparado ao cloreto de potássio (ARIENZO *et al.*, 2009).

Na camada de 20 a 40 cm de profundidade houve aumento da concentração de K<sup>+</sup> com o incremento das doses de LCCV (Figura 7A), indicando lixiviação do elemento para as camadas mais profundas devido às chuvas intensas ocorridas no mês de janeiro, após a terceira aplicação do LCCV (Figura 4). Goudar (2006) estudando a mobilidade do K<sup>+</sup> no solo irrigado com vinhaça, obteve resultados semelhantes, devido não somente a elevada quantidade de K<sup>+</sup> na vinhaça, mas também a lixiviação durante a irrigação. Considerando a concentração de 1,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup> no início do experimento (Tabela 1) verifica-se que houve lixiviação do elemento, inclusive com a aplicação K<sub>100</sub>, entretanto esse processo de perda de nutrientes foi mais acentuado com a aplicação do L<sub>100</sub> (Tabela 6).

Figura 7 – Concentrações de potássio (A), cálcio (B) e sódio (C) da camada de 20 a 40 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo em respostas às doses de LCCV aplicadas em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão

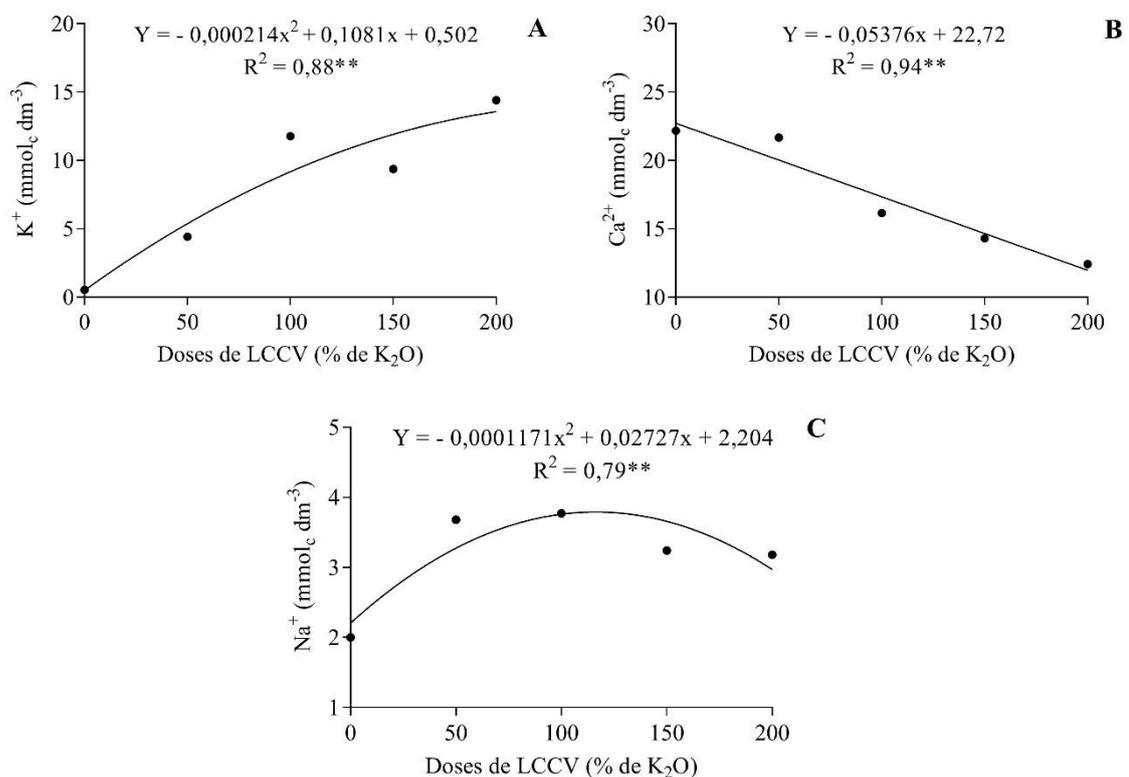


Tabela 6 – Análise química da camada de 20 a 40 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo em resposta aos tratamentos L<sub>100</sub>, K<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub> aplicados em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão

	Tratamentos		P-valor	Tratamentos		P-valor	Tratamentos		P-valor
	L <sub>100</sub>	K <sub>100</sub>		L <sub>100</sub>	L <sub>50</sub> + K <sub>50</sub>		K <sub>100</sub>	L <sub>50</sub> + K <sub>50</sub>	
K <sup>+</sup>	11,8 a	3,1 b	<0,001	11,8 a	5,0 b	<0,001	3,1 a	5,0 a	0,680
Ca <sup>2+</sup>	16,2 a	18,1 a	0,436	16,2 a	19,1 a	0,427	18,1 a	19,1 a	0,917
Mg <sup>2+</sup>	8,2 a	6,0 b	0,037	8,2 a	7,4 a	0,448	6,0 a	7,4 a	0,185
Na <sup>+</sup>	3,8 a	2,4 a	0,469	3,8 a	2,7 a	0,080	2,4 a	2,7 a	0,298

Valores seguidos da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05);

L<sub>100</sub>: 100% da necessidade de K<sub>2</sub>O recomendada para o coqueiro na forma de LCCV;

K<sub>100</sub>: 100% da necessidade de K<sub>2</sub>O recomendada para o coqueiro na forma de KCl;

L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>: 50% da necessidade de K<sub>2</sub>O recomendada para o coqueiro na forma de LCCV e 50% na de KCl.

K<sup>+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): potássio; Ca<sup>2+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): cálcio; Mg<sup>2+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): magnésio; Na<sup>+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): sódio.

No tratamento que não recebeu aplicação de LCCV, foi observada maior concentração de Ca<sup>2+</sup> (Figura 6B), com 22,7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na camada de 0 a 20 cm e, à medida que ocorreu aumento das doses de LCCV, houve diminuição deste cátion no solo. O Ca está presente na composição do LCCV, no entanto, sua concentração é considerada baixa em comparação aos outros cátions, como o Na, o Mg e, principalmente, o K (Tabela 2). A presença desses cátions pode induzir competição, favorecendo a remoção do Ca<sup>2+</sup> adsorvido ao solo, conforme observado por Bezerra *et al.* (2019), utilizando água residuária da mandioca.

A diminuição da concentração de Ca<sup>2+</sup> no solo promovida pela aplicação do LCCV fica clara quando comparada à aplicação do cloreto de potássio (Tabela 5). Apesar dos tratamentos L<sub>100</sub> e K<sub>100</sub> fornecerem a mesma quantidade de K, a maior solubilidade do elemento no LCCV, mencionado anteriormente, promoveu aumento na disponibilidade de K<sup>+</sup> no solo. A retenção de cátions nas cargas negativas dos solos obedece a série liotrópica: Al<sup>3+</sup> >> Ca<sup>2+</sup> > Mg<sup>2+</sup> >> K<sup>+</sup> > Na<sup>+</sup> (RAIJ, 2011), e, portanto, não se esperaria a troca iônica do Ca<sup>2+</sup> pelo K<sup>+</sup>; entretanto, esse aumento da disponibilidade de K<sup>+</sup> proporcionada pelo LCCV deslocou o Ca<sup>2+</sup> que se encontrava na fase sólida para as camadas mais profundas do solo (Figura 7B), devido ao movimento descendente da água.

Semelhante ao observado para as concentrações de K<sup>+</sup>, as concentrações de Mg<sup>2+</sup> e de Na<sup>+</sup> na camada de 0 a 20 cm de profundidade do solo ajustaram-se ao modelo de segundo grau (Figuras 6C e 6D). Houve aumento da concentração desses nutrientes no solo com o aumento das doses de LCCV, devido à presença desses elementos em sua composição. Contudo, as maiores concentrações no solo, 11,2 e 4,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para o Mg<sup>2+</sup> e o Na<sup>+</sup>, foram

atingidas com a aplicação da dose 138 e 117% de LCCV, respectivamente, sendo a partir destas doses verificada a diminuição de suas concentrações.

Brito, Rolim e Pedrosa (2009) observaram que a aplicação da vinhaça resultou no aumento do  $\text{Na}^+$  no solo, seguido do decréscimo da sua concentração, como resultado da competição pelo  $\text{K}^+$  nos sítios de troca, facilitando a lixiviação do  $\text{Na}^+$ , uma vez que o  $\text{K}^+$  se encontrava em maior quantidade. A lixiviação do  $\text{Na}^+$  para camadas mais profundas pode ser observada na Figura 7C. Possivelmente, de forma semelhante, ocorreu com o  $\text{Mg}^{2+}$ ; este íon, apesar de bivalente, cuja força de atração pela fração coloidal é maior, pode ser deslocado do complexo de troca do solo pelo  $\text{K}^+$ , caso este se encontre em elevada concentração (MATOS; GARIGLIO; LO MONACO, 2013).

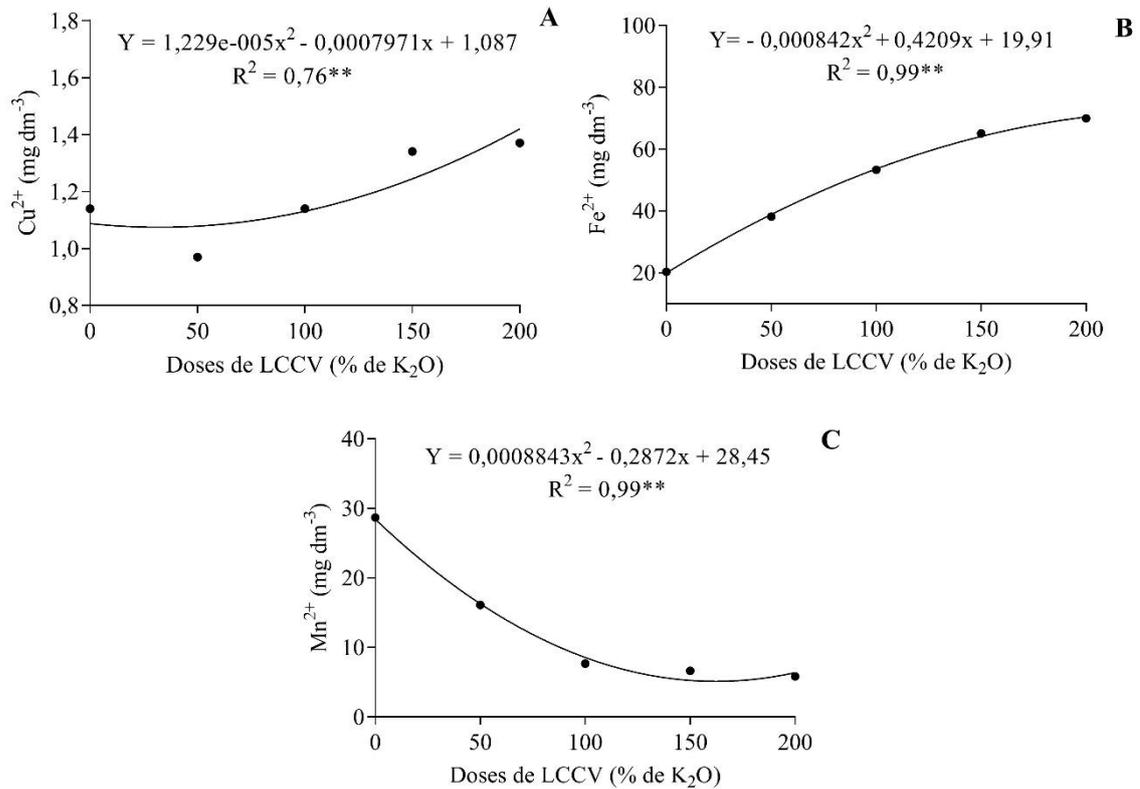
Após o K, a sequência de concentração de cátions do LCCV apresentou a seguinte ordem decrescente:  $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Ca}$ ; portanto, era esperado que o  $\text{L}_{100}$  apresentasse maiores concentrações de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo, quando comparado ao  $\text{K}_{100}$  (Tabela 5). O aumento da concentração de Mg no solo, tanto na camada de 0 a 20 cm (Tabela 5) quanto na de 20 a 40 cm de profundidade (Tabela 6), seja com a aplicação isolada do LCCV ( $\text{L}_{100}$ ) ou associada ao adubo mineral ( $\text{L}_{50} + \text{K}_{50}$ ), indica a potencialidade de sua utilização como fonte do nutriente, além do K. Por outro lado, o aumento na concentração de  $\text{Na}^+$  no solo com a aplicação do LCCV implica na necessidade de monitoramento para evitar a sodificação da área.

O aumento da disponibilidade de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  e a diminuição de  $\text{Ca}^{2+}$  na camada de 0 a 20 cm de profundidade foi equitativo, uma vez que não houve incremento na soma de bases do solo (SB) (Tabela 4). Assim, verifica-se que a aplicação do LCCV promoveu alteração nas proporções entre os cátions do solo. Na ausência do LCCV ( $\text{L}_0$ ), os cátions  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  (Figuras 6A, B, C e D) correspondiam a 3,1; 67,8; 22,1 e 7,0% da SB e, com a dose de  $\text{L}_{200}$ , as proporções passaram para 40,3; 25,5; 26,2 e 8,0% respectivamente. Em relação às outras fontes de K, o tratamento  $\text{L}_{100}$  aumentou a SB quando comparada ao  $\text{K}_{100}$  e ao  $\text{L}_{50} + \text{K}_{50}$  (Tabela 5).

As concentrações dos micronutrientes  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  ajustaram-se ao modelo de segundo grau (Figuras 8A, B e C). As concentrações de  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$  do solo acompanharam o aumento das doses de LCCV, devido ao aporte desses nutrientes pelo efluente, enquanto o  $\text{Mn}^{2+}$  apresentou resposta contrária, ou seja, com o aumento das doses de LCCV, a concentração de  $\text{Mn}^{2+}$  diminuiu expressivamente. O Zn adicionado pelas doses de LCCV, em comparação às outras fontes de K, não apresentou diferença significativa (Tabelas 4 e 5). Possivelmente, o Zn aportado pelo LCCV foi lixiviado para camadas mais profundas, pois apresenta maior solubilidade em relação aos demais micronutrientes, corroborando com a

informação de Lucas *et al.* (2013) e Ren *et al.* (2015).

Figura 8 – Concentrações de cobre (A), ferro (B) e manganês (C) da camada de 0 a 20 cm de profundidade do Argissolo Vermelho-Amarelo, em função das doses de LCCV aplicadas em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão



A adição de resíduo ao solo pode resultar em complexação de cátions metálicos por moléculas orgânicas que apresentam alta afinidade com esses metais (POTYSZ *et al.*, 2017). Por isso, esperava-se diminuição das concentrações de Cu<sup>2+</sup> no solo com o aumento das doses do LCCV, pois, dentre os metais analisados, o Cu<sup>2+</sup> pode ser fortemente complexado por complexo de esfera interna pela matéria orgânica (BOUDESOCQUE *et al.*, 2007). Entretanto, a aplicação da maior dose de LCCV promoveu aumento de 0,3 mg dm<sup>-3</sup> de Cu<sup>2+</sup> em relação ao tratamento testemunha (Figura 8A). Isso indica que a adsorção de metais, como o Cu<sup>2+</sup>, não depende somente do grau de afinidade, mas também da estrutura química e composição da matéria orgânica adicionada ao solo (HU *et al.*, 2017).

A disponibilidade do Fe<sup>2+</sup> promovida pela aplicação do LCCV fica evidente, quando comparada às outras fontes de K (Tabela 5). As concentrações de Fe<sup>2+</sup> elevaram-se em 70,7 e 54,1% no solo após a adição do L<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>, respectivamente, em relação ao K<sub>100</sub>, isto porque, dentre os micronutrientes, o Fe está presente em maior concentração no LCCV.

Al Omron *et al.* (2012) reportaram aumento expressivo na concentração de  $\text{Fe}^{2+}$  disponível nos solos irrigados com efluente de esgoto, indicando que houve a liberação pelo efluente de esgoto desse elemento na forma disponível para o solo, semelhante a resposta obtida após a aplicação do LCCV.

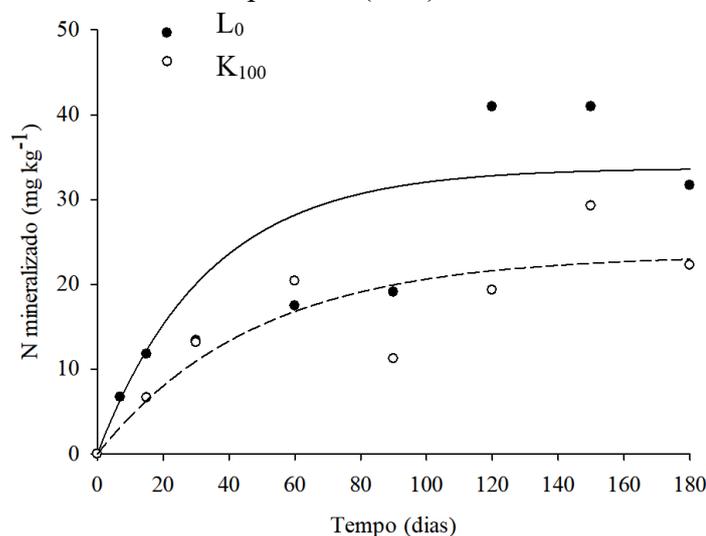
Em contrapartida, a concentração de  $\text{Mn}^{2+}$  no solo diminuiu em 72,3 e 48,2% nos tratamentos  $L_{100}$  e  $L_{50} + K_{50}$ , respectivamente, em relação ao tratamento  $K_{100}$ . Esse decréscimo também pode ter ocorrido devido ao aumento da MO, em função das doses de LCCV (Tabela 5). Montezano, Corazza e Muraoka (2006) observaram correlação negativa entre o  $\text{Mn}^{2+}$  e a MO, indicando que a liberação do íon mediante a adição da MO ao solo.

É provável que a diminuição da disponibilidade de  $\text{Mn}^{2+}$  também tenha ocorrido como resposta ao excesso de Fe aportado ao solo (DECHEN *et al.*, 2018). O LCCV apresenta concentração média de 22 e 1  $\text{mg L}^{-1}$  de Fe e Mn (Tabela 2) respectivamente. Considerando que na maior dose de LCCV foram aplicados 32 L por vaso, em cada aplicação os aportes de Fe e Mn foram 704 e 32 mg respectivamente.

## 6.2 Mineralização do nitrogênio orgânico

Houve ajuste dos dados do nitrogênio mineralizado ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) ao modelo de regressão exponencial de cinética de primeira ordem somente quanto a aplicação do tratamento testemunha ( $33,7243 (1 - \exp^{-0,0301t})$ ;  $R^2 = 0,69^{**}$ ) e do tratamento com cloreto de potássio ( $23,5390 (1 - \exp^{-0,0209t})$ ;  $R^2 = 0,76^{**}$ ), conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Mineralização do nitrogênio orgânico de um Argissolo Vermelho-Amarelo na ausência de LCCV ( $L_0$ ) e com a aplicação de 100% da recomendação de  $\text{K}_2\text{O}$  para o coqueiro-anão na forma de cloreto de potássio ( $K_{100}$ )

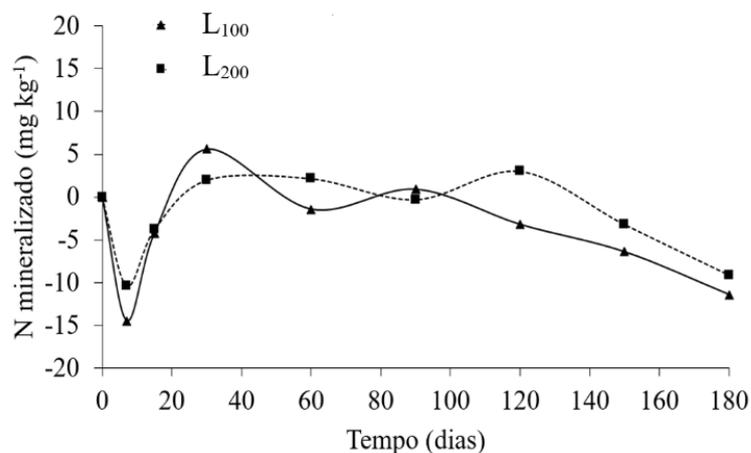


A mineralização do N orgânico foi rápida no início do período de incubação, mas, a partir de 120 dias, independente do tratamento, houve tendência de estabilização do processo, com 32,8 e 21,6 mg kg<sup>-1</sup> de N orgânico mineralizado nos tratamentos L<sub>0</sub> e K<sub>100</sub> respectivamente. Nos tempos iniciais de incubação do solo, a rápida mineralização pode ser atribuída à parte da matéria orgânica de fácil decomposição e, após a degradação desses compostos, teve início a estabilização devido aos resíduos orgânicos de maior estabilidade, que demandam maior tempo para que o N seja mineralizado (CORNFIELD, 1952).

O tempo necessário para que 50% do N orgânico fosse mineralizado (meia-vida, T<sup>1/2</sup>) foi de 23,0 e 33,2 dias para o L<sub>0</sub> e K<sub>100</sub> respectivamente. Pereira *et al.* (2019), ao estudarem o impacto do KCl na mineralização do N, observaram que houve redução da mineralização do N e atribuíram a este efeito o aumento da concentração de sais, que afetou a atividade microbológica do solo. Curtin *et al.* (1999) observaram que em solos tratados com KCl, o efeito dos sais na atividade dos microrganismos do solo, não somente inibiu a mineralização do N, como também o processo de nitrificação.

O N mineralizado ao longo do tempo de incubação do solo não se ajustaram ao modelo de regressão exponencial de cinética de primeira ordem após a aplicação dos tratamentos com LCCV e, portanto, não foi possível obter os valores de k, T<sup>1/2</sup> e N<sub>0</sub> (Figura 10).

Figura 10 – Mineralização do nitrogênio orgânico de um Argissolo Vermelho-Amarelo que recebeu aplicação de 100% (L<sub>100</sub>) e 200% (L<sub>200</sub>) da recomendação de K<sub>2</sub>O para o coqueiro-anão na forma de LCCV



As flutuações dos valores de N mineralizado após aplicações sucessivas de LCCV

sugerem que ocorreu imobilização e mineralização do N durante o tempo de avaliação do experimento, corroborando resultados obtidos com outros adubos orgânicos, tais como esterco de bovino, ovino e aviário (ABBASI *et al.*, 2007), bem como com o subproduto da goiabeira (SOUZA *et al.*, 2011), e casca de pequi, algodão e esterco de aves (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Aos 7 dias de incubação do solo, foram observados valores negativos de N inorgânico, -14,5 e -10,4 mg kg<sup>-1</sup> para os tratamentos L<sub>100</sub> e L<sub>200</sub> respectivamente. Como os microrganismos são a força motriz da degradação da matéria orgânica e da mineralização do N, a adição de novos materiais orgânicos ao solo modifica a diversidade e a estrutura microbiana, controlando os processos envolvidos na degradação da matéria orgânica (GE *et al.*, 2017), que pode resultar na imobilização do N.

Uma possível explicação para esse efeito é devido a presença de taninos condensados no LCCV (6 g L<sup>-1</sup>) (LEITÃO *et al.*, 2010). Os taninos apresentam como característica essencial a interação com proteínas e outros compostos orgânicos de N, exibindo diversos efeitos na dinâmica do nitrogênio, com consequências na inibição da conversão do N orgânico em N mineral (NIEROP *et al.*, 2006; NIEROP; PRETSON; VERSTRATEN, 2006; ADAMCZYK; KITUNEN; SMOLANDER, 2013).

Bradley, Titus e Preston (2000) e Nierop *et al.* (2006) constaram que a adição de taninos ao solo propiciou efeito inibidor na mineralização do N, provocada pela ligação ou precipitação de complexos nitrogênio-tanino, tornando-os menos susceptíveis à ação de microrganismos, em vez de afetar diretamente os microrganismos e suas enzimas. Kraus *et al.* (2004) observaram que os taninos pouco afetam a atividade microbiana; contudo, concluíram que a diminuição do N também ocorre devido os taninos atuarem como fonte de C.

Porém, Adamczyk, Kitunen e Smolander (2013) atribuíram o efeito inibitório da mineralização do N ao efeito tóxico dos taninos sobre os microrganismos. Assim, a biomassa microbiana inibida pode reduzir a decomposição de matéria orgânica e resultar em menor mineralização do N (NORRIS *et al.*, 2011).

Evidentemente, devido à complexidade estrutural dos taninos condensados, incluindo os graus de polimerização, isto pode resultar em respostas divergentes em trabalhos envolvendo os taninos na mineralização do N (KRAUS *et al.*, 2004; NIEROP; PRETSON; VERSTRATEN, 2006). Desta forma aceita-se que, independentemente dos mecanismos utilizados pelos taninos serem ainda desconhecidos, há consenso sobre os efeitos inibitórios destas moléculas nas taxas de mineralização do N.

Além da presença de taninos no LCCV, outros fatores podem ter afetado a

mineralização do N orgânico do solo. O LCCV, por apresentar alta concentração de K solúvel e outros cátions como Mg, Na e Ca, quando aplicado ao solo promove aumento da CE em relação à aplicação do cloreto de potássio (Tabela 5). Após três aplicações de LCCV e de cloreto de potássio (ambos equivalentes em quantidade de  $K_2O$ ), em um sistema aberto (vasos com abertura para drenagem do excesso de água), os valores de CE do solo foram de 1,86 e 0,47  $mS\ cm^{-1}$  respectivamente. Acredita-se que no experimento de incubação em laboratório esses valores de CE apresentavam valores ainda maiores, uma vez que foram feitas seis aplicações e, por ser um sistema fechado, houve acúmulo de sais no solo.

A alta concentração de sais solúveis pode inibir a mineralização do N, sendo prejudicial à maioria dos microrganismos (SINGH, 2016), pois afeta sua atividade no solo ao causar toxicidade específica de íons e/ou redução do potencial osmótico do solo (CHOWDHURY; MARSCHNER; BURNS, 2011; DUAN *et al.*, 2018). O alto potencial osmótico causa plasmólise das células microbianas, o que pode resultar, inclusive, na morte dos microrganismos (YAN *et al.*, 2015).

A relação C:N também é considerada um indicador dos processos que controlam a mineralização ou imobilização do N (TRUONG; MARSCHNER, 2018). No caso do LCCV, que possui alta relação 150:1 (Tabela 3), o aporte de carbono associado à baixa concentração de N do LCCV, aumentou a relação C:N do solo e pode ter inibido a mineralização do N orgânico, pois quanto maior a relação C:N, maior é a demanda de N para sustentar o crescimento dos microrganismos e menor é a quantidade de N mineralizado (GE *et al.*, 2017).

### 6.3 Crescimento do coqueiro-anão

Houve seca das pontas das folhas do coqueiro-anão cerca de quinze dias após o início da aplicação dos tratamentos, inclusive na testemunha que recebeu somente água ( $L_0$ ), ou nos tratamentos com cloreto de potássio ( $K_{100}$ ), ou LCCV associado ao cloreto de potássio ( $L_{50} + K_{50}$ ). Com o passar do tempo, a seca das pontas foi avançando para a região central até a seca completa das folhas. Nos tratamentos que não receberam o LCCV, a seca das folhas pode ser atribuída ao estresse provocado pelo transplântio das mudas de coqueiro-anão nos vasos. Para as plantas que receberam o LCCV, a seca das folhas pode ser explicada, além do estresse provocado pelo transplântio, pela aplicação do efluente *in natura*.

Silva *et al.* (2016) constataram que o coqueiro-anão apresenta capacidade de estabelecimento apenas até CE de 6,5  $dS\ m^{-1}$ , enquanto Lima (2014) classificou o coqueiro-anão como tolerante à salinidade da água de irrigação até o valor de CE de 5,2  $dS\ m^{-1}$ . O

LCCV, por sua vez, apresenta CE elevada (média de  $8,47 \pm 0,32$  dS m<sup>-1</sup>, Tabela 2), o que pode ter contribuído para causar uma condição mais acentuada de estresse às plantas.

Após a aplicação dos tratamentos de LCCV, seguiu-se a irrigação com água, o que favoreceu a lixiviação dos sais abaixo da camada de amostragem e explica a ausência de efeitos das doses do LCCV na CE ao final do experimento (Tabela 4). É pouco provável que tenha ocorrido efeito fitotóxico causado pelos taninos no coqueiro-anão, pois como relatado anteriormente, os taninos influenciam negativamente os microrganismos do solo, e consequentemente, inibem a mineralização de nutrientes provenientes da MO, o que não é o caso dos nutrientes do LCCV que se encontram em meio aquoso.

Como consequência dessas alterações iniciais no crescimento das plantas, somente a variável porcentagem (%) de folhas vivas foi afetada pelas doses de LCCV aplicadas no solo (Tabela 7). Assim, os possíveis danos causados na primeira aplicação do LCCV podem ter limitado o crescimento das plantas.

Tabela 7 – Análise de crescimento de plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão, em função das doses de LCCV

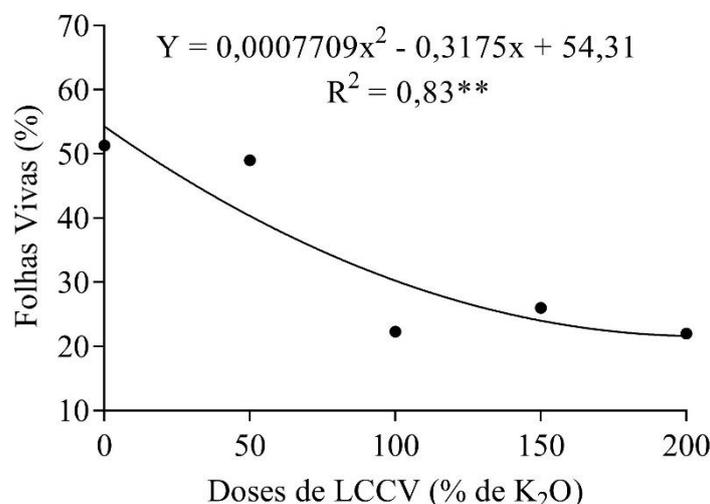
FV	NF	FV	AP	DC	TCA-AP	TCR-DC
LCCV	1,17 <sup>ns</sup>	7,80 <sup>**</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>
p-valor	0,354	<0,01	0,668	0,369	0,251	0,226
CV (%)	13,71	34,58	12,75	10,11	20,61	9,17
FV	TCA-DC	TCR-DC	MSF	MSC	MST	
LCCV	0,09 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	
p-valor	0,983	0,989	0,230	0,579	0,333	
CV (%)	26,85	15,78	33,58	30,72	30,58	

<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup>: Não significativo e significativo pelo Tukey a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; NF: número de folhas; FV: folhas vivas; AP: altura da planta; DC: diâmetro do caule; TCA-AP: taxa de crescimento absoluto da altura da planta; TCR-AP: taxa de crescimento relativo da altura da planta; TCA-DC: taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule; TCR-DC: taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule; MSF: massa seca da folha; MSC: massa seca do caule; MST: massa seca total.

A % de folhas vivas diminuiu com o aumento das doses de LCCV (Figura 11), o que confirma o efeito fitotóxico do efluente aplicado após o transplântio das mudas de coqueiro-anão. Silva Junior, Passos e Gheyi (2002) afirmaram que a perda de folhas de coqueiro-anão está envolvida em mecanismos de defesa em função da redução de absorção de água provocado pelo estresse osmótico. O excesso de sais no solo restringe a disponibilidade de água para a planta, e consequentemente, induz modificações morfológicas adaptativas ao estresse (GONDIM *et al.*, 2009; KUSVURAN *et al.*, 2012), utilizada pela planta como estratégia de redução da água transpirada (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Figura 11– Porcentagem de folhas vivas de plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão, em função das doses de LCCV



A comparação do tratamento em que foi aplicado 100% da recomendação de K<sub>2</sub>O na forma de LCCV (L<sub>100</sub>) com o cloreto de potássio (K<sub>100</sub>), bem como a associação das duas fontes de K (L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>), permitiu a observação dos efeitos negativos da aplicação do LCCV no crescimento inicial do coqueiro-anão (Tabela 8).

Tabela 8 – Análise de crescimento de plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão em resposta aos tratamentos L<sub>100</sub>, K<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>

	Tratamentos		P-valor	Tratamentos		P-valor	Tratamentos		P-valor
	L <sub>100</sub>	K <sub>100</sub>		L <sub>100</sub>	L <sub>50</sub> +K <sub>50</sub>		K <sub>100</sub>	L <sub>50</sub> +K <sub>50</sub>	
NF	4,6 a	5,2 a	0,696	4,6 a	4,8 a	1,00	5,2 a	4,8 a	0,4360
FV	22,3 b	62,3 a	<0,001	22,3 b	42,7 a	0,042	62,3 a	42,7 b	0,049
AP	121,4 a	131,0 a	0,336	121,4 a	131,6 a	0,307	131,0 a	131,6 a	0,951
DC	25,7 a	28,7 a	0,093	25,7 a	28,3 a	0,143	28,7 a	28,3 a	0,819
TCA-AP	4,4 <sup>e-03</sup> a	5,6 <sup>e-02</sup> a	0,247	4,4 <sup>e-03</sup> a	3,6 <sup>e-02</sup> a	0,478	5,6 <sup>e-02</sup> a	3,6 <sup>e-02</sup> a	0,647
TCR-AP	2,7 <sup>e-05</sup> a	3,9 <sup>e-04</sup> a	0,294	2,7 <sup>e-05</sup> a	2,7 <sup>e-04</sup> a	0,474	3,9 <sup>e-04</sup> a	2,7 <sup>e-04</sup> a	0,734
TCA-DC	-1,2 <sup>e02</sup> b	3,1 <sup>e02</sup> a	0,007	-1,2 <sup>e02</sup> b	6,0 <sup>e-03</sup> a	0,230	3,1 <sup>e02</sup> a	6,0 <sup>e-03</sup> a	0,108
TCR-DC	-4,3 <sup>e-04</sup> b	1,1 <sup>e-03</sup> a	0,008	-4,3 <sup>e-04</sup> b	2,2 <sup>e-04</sup> a	0,246	1,1 <sup>e-03</sup> a	2,2 <sup>e-04</sup> a	0,112
MSF	30,2 b	56,4 a	0,001	30,2 b	46,6 a	0,034	56,4 a	46,6 a	0,191
MSC	23,4 b	39,8 a	0,004	23,4 a	31,0 a	0,156	39,8 a	31,0 a	0,120
MST	53,7 b	95,8 a	0,015	53,7 b	77,6 a	0,007	95,8 a	77,6 a	0,193

Valores seguidos da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05);

L<sub>100</sub>: 100% da necessidade de K<sub>2</sub>O recomendada para o coqueiro na forma de LCCV;

K<sub>100</sub>: 100% da necessidade de K<sub>2</sub>O recomendada para o coqueiro na forma de KCl;

L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>: 50% da necessidade de K<sub>2</sub>O recomendada para o coqueiro na forma de LCCV e 50% na de KCl;

NF: número de folhas; FV (%): folhas vivas; AP (cm): altura da planta; DC (mm): diâmetro do caule; TCA-AP (cm dia<sup>-1</sup>): taxa de crescimento absoluto da altura da planta; TCR-AP (cm dia<sup>-1</sup>): taxa de crescimento relativo da altura da planta; TCA-DC (mm dia<sup>-1</sup>): taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule; TCR-DC (mm dia<sup>-1</sup>): taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule; MSF (g planta<sup>-1</sup>): massa de matéria seca da folha; MSC (g planta<sup>-1</sup>): massa de matéria seca do caule; MST (g planta<sup>-1</sup>): massa de matéria seca total.

A aplicação do L<sub>100</sub> promoveu, em relação ao K<sub>100</sub> e ao L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>, diminuição da % de folhas vivas. Já a menor % de folhas vivas com a aplicação do L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub> em relação ao K<sub>100</sub> implica que, mesmo a substituição de 50% da fonte mineral pelo LCCV promoveu toxicidade às plantas de coqueiro-anão.

As taxas de crescimentos absoluto (TCA) e relativo (TCR) do diâmetro do caule do coqueiro-anão diminuíram com a aplicação de L<sub>100</sub> e aumentaram com a aplicação de K<sub>100</sub>. A diminuição do diâmetro do caule é uma resposta adaptativa às condições adversas, com o objetivo de reduzir o gasto de energia (LIU; JIANG, 2015). Como ocorre fechamento estomático em situação de estresse, com desbalanço de nutrientes e hídrico, isto resulta em menor crescimento das plantas (PRISCO; GOMES FILHO, 2010), cuja imposição compromete os processos fisiológicos de alongamento e diferenciação celular (NASCIMENTO *et al.*, 2011), influenciando diretamente no diâmetro do caule.

Já as massas de matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC) e total (MST) foram influenciadas negativamente pela aplicação do LCCV (Tabela 8). Com exceção da MSC, a L<sub>100</sub> diminuiu as massas de matéria seca das plantas de coqueiro-anão em relação à aplicação do K<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>. Essa diminuição foi mais acentuada na MST, em que o L<sub>100</sub> apresentou decréscimo de 46,4 e 35,1% em relação aos tratamentos K<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub> respectivamente.

A diminuição da MSF pode ser interpretada como possível adaptação do coqueiro-anão ao estresse, mediante melhor aproveitamento ou economia da água ao reduzir a superfície transpiratória, uma vez que o potencial osmótico se torna mais negativo com o aumento de sais, dificultando a absorção de água pelas plantas (MARINHO; GHEYI; FERNANDES, 2005). No coqueiro, uma das primeiras respostas ao estresse hídrico decorrente da escassez de água, e/ou altos teores de sais, é o fechamento estomático, o que acarreta baixo influxo de CO<sub>2</sub>, afetando a capacidade fotossintética e, conseqüentemente, o acúmulo de biomassa na planta (GOMES *et al.*, 2010).

Em relação a MSC, Silva *et al.* (2016) observaram que a diminuição desta biomassa pode ocorrer mediante desvio de energia para a manutenção de atividades metabólicas capazes de adaptar-se ao estresse, em detrimento do crescimento da planta. Isso é coerente com os resultados obtidos, uma vez que plantas cultivadas sob o tratamento L<sub>100</sub> apresentaram 41,2% menos biomassa do caule do que as plantas cultivadas sob o K<sub>100</sub>.

Como a MSF e MSC das plantas de coqueiro-anão cultivadas sob os tratamentos K<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub> se sobressaíram em relação ao tratamento L<sub>100</sub>, conseqüentemente, também apresentaram maior acúmulo total de biomassa, com 44,0% (K<sub>100</sub>) e 30,8% (L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>).

## 6.4 Estado nutricional do coqueiro-anão

Houve influência do LCCV no estado nutricional do coqueiro-anão (Tabela 9). Os teores foliares de nitrogênio, potássio, sódio e manganês foram influenciados pela aplicação das doses de LCCV (Figuras 12A, B, C e D).

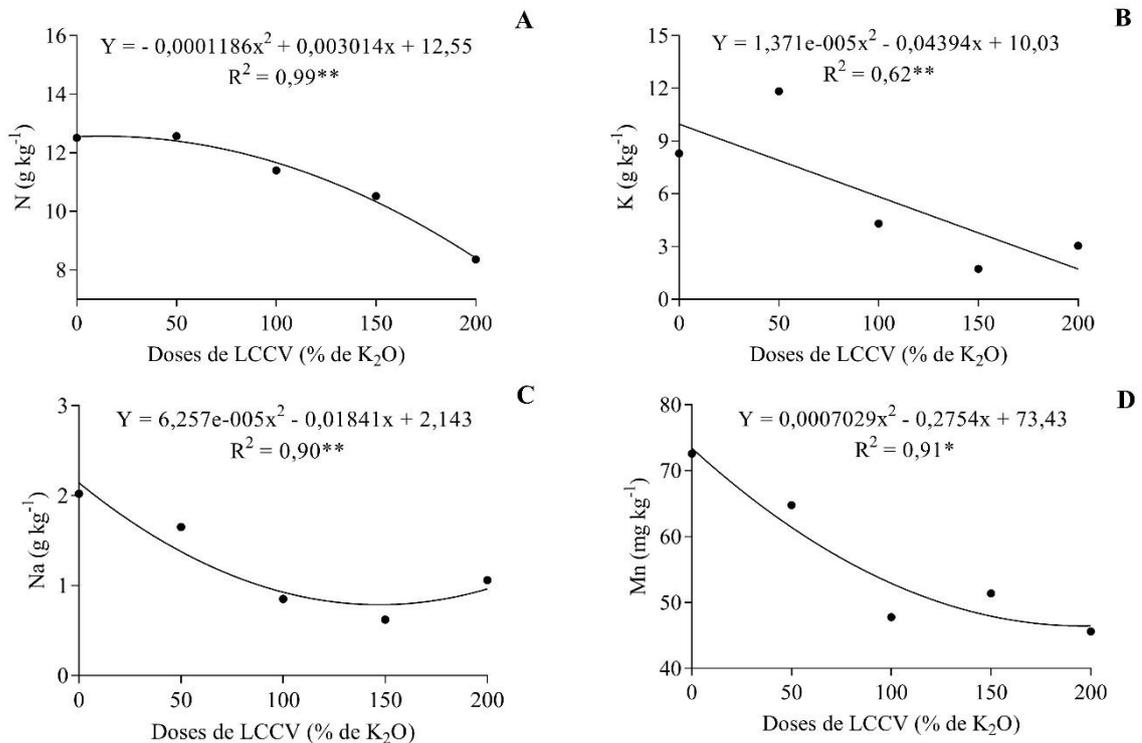
Tabela 9 – Análise foliar de plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão, em função das doses de LCCV

FV	N	P	K	Ca	Mg	S
LCCV	5,65**	2,07 <sup>ns</sup>	12,06**	1,27 <sup>ns</sup>	1,68 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>
p-valor	<0,01	0,122	<0,01	0,315	0,194	0,385
CV (%)	14,79	33,49	41,67	15,73	12,95	14,28
FV	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
LCCV	4,69**	0,64 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>	4,86**	0,51 <sup>ns</sup>
p-valor	<0,01	0,641	0,304	0,184	<0,01	0,725
CV (%)	48,12	23,04	23,13	30,80	16,97	17,88

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: Não significativo e significativo pelo Tukey a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação.

Figura 12 – Teores foliares de nitrogênio (A), potássio (B), sódio (C) e manganês (D), em função das doses de LCCV aplicadas em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) de coqueiro-anão



Comparando os tratamentos em que foram aplicadas a mesma quantidade de K<sub>2</sub>O, mas na forma de LCCV (L<sub>100</sub>), cloreto de potássio (K<sub>100</sub>) e a associação das fontes (L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>),

as plantas que receberam L<sub>100</sub> apresentaram menores teores de N, P, K, S, Na e Mn e maior teor de B do que as adubadas com K<sub>100</sub>. As plantas que receberam a associação de L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub> apresentaram diferenças em relação as que foram adubadas com K<sub>100</sub> somente para os teores de S e de Mn (Tabela 10).

Tabela 10 – Teores foliares de nutrientes e sódio em plantas jovens (0 a 1 ano de idade) do coqueiro-anão, em função dos tratamentos L<sub>100</sub>, K<sub>100</sub> e L<sub>50</sub>+K<sub>50</sub>

	Tratamentos		P valor	Tratamentos		P valor	Tratamentos		P valor
	L <sub>100</sub>	K <sub>100</sub>		L <sub>100</sub>	L <sub>50</sub> +K <sub>50</sub>		K <sub>100</sub>	L <sub>50</sub> +K <sub>50</sub>	
N	11,4 b	14,7 a	0,008	11,4 b	11,6 a	0,863	14,7 a	11,6 a	0,863
P	0,9 b	1,3 a	0,014	0,9 a	1,1 a	0,337	1,3 a	1,1 a	0,115
K	4,3 b	10,7 a	0,003	4,3 b	8,9 a	0,029	10,7 a	8,9 a	0,380
Ca	2,6 a	3,0 a	0,116	2,6 a	2,5 a	0,688	3,0 a	2,5 a	0,052
Mg	2,3 a	2,3 a	0,913	2,3 a	2,3 a	0,913	2,3 a	2,3 a	0,827
S	0,9 b	1,1 a	0,002	0,9 a	0,9 a	0,788	1,1 a	0,9 b	0,002
Na	0,8 b	2,2 a	0,001	0,8 b	1,8 a	0,015	2,2 a	1,8 a	0,388
Cu	7 a	6 a	0,165	7 a	5 b	0,024	6 a	5 a	0,350
Fe	238 a	169 a	0,059	238 a	202 a	0,313	169 a	202 a	0,355
Zn	16 a	14 a	0,538	16 a	16 a	0,905	14 a	16 a	0,579
Mn	48 b	95 a	<0,001	48 b	68 a	0,027	95 a	68 b	0,004
B	19 a	15 b	0,046	19 a	17 a	0,386	16 a	18 a	0,236

Valores seguidos da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

N (g kg<sup>-1</sup>): nitrogênio; P (g kg<sup>-1</sup>): fósforo; K (g kg<sup>-1</sup>): potássio; Ca (g kg<sup>-1</sup>): cálcio; Mg (g kg<sup>-1</sup>): magnésio; S (g kg<sup>-1</sup>): enxofre; Na (g kg<sup>-1</sup>): sódio; Cu (mg kg<sup>-1</sup>): cobre; Fe (g kg<sup>-1</sup>): ferro; Zn (g kg<sup>-1</sup>): zinco; Mn (g kg<sup>-1</sup>): manganês; B (g kg<sup>-1</sup>): boro.

O máximo teor de N nas folhas foi obtido com a aplicação da dose equivalente ao fornecimento de 12,7% da recomendação de K<sub>2</sub>O na forma do LCCV (Figura 12A). A partir dessa dose houve decréscimo do teor de N nas folhas, atingindo 8,4 g kg<sup>-1</sup> com a aplicação de L<sub>200</sub>. Como a quantidade de ureia aplicada foi igual para todos os tratamentos, possivelmente a inibição de absorção do N pela planta é resultado do aumento do teor de Cl<sup>-</sup> no solo que acompanhou as doses de LCCV. Crisóstomo e Aragão (2011) determinaram que, dentre os ânions, o Cl<sup>-</sup> está em maior concentração no efluente, com 3.681,6 mg L<sup>-1</sup>, e que pode, desta forma, prejudicar a absorção de N, em função da competição entre o Cl<sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pelos mesmos sítios transportadores de ânions (FERREIRA NETO *et al.*, 2014).

Plantas de coqueiro cultivadas sob o tratamento K<sub>100</sub> atingiram teor foliar de N 22,5% superior ao tratamento L<sub>100</sub>, não diferindo, porém, do tratamento L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>. Como os valores da CE foram maiores no tratamento L<sub>100</sub> (Tabela 5), a salinidade possivelmente diminuiu a absorção de água pelas plantas e, como consequência, a absorção de nutrientes, especialmente de N, uma vez que o contato desse elemento com as raízes ocorre por fluxo de massa (SILVA, 2015).

Apesar do solo apresentar altas concentrações de P (Tabela 5), as folhas apresentaram, independentemente da fonte de K, valores de P abaixo do teor crítico de 1,5 g kg<sup>-1</sup> estabelecido para plantas adultas de coqueiro-anão por Sobral *et al.* (2009). Ressalta-se que não foram verificados sintomas de deficiência de P nas plantas e, por isso, os menores valores do elemento podem ser explicados pela diferença na amostragem de folhas, uma vez que no experimento foram analisadas todas as folhas da planta jovem de coqueiro-anão, enquanto Sobral *et al.* (2009) recomenda a coleta da folha 9 em plantas adultas.

O aumento das doses de LCCV promoveu decréscimos no teor de K nas folhas (Figura 12B), indicando que a planta diminuiu a absorção do elemento, mesmo com maior disponibilidade de K no solo (Figura 6A). Apesar da baixa concentração de K<sup>+</sup> no solo (1,17 mmolc dm<sup>-3</sup>), as plantas do tratamento L<sub>0</sub> apresentaram teores foliares superiores às que receberam as doses mais altas de LCCV. Descarta-se a possibilidade de efeito de diluição do K nas folhas, uma vez que não houve diferença na produção de massa seca nessa parte da planta, em função das doses de LCCV (Tabela 7).

A diminuição da absorção de nutrientes, como o K, pelo coqueiro-anão no tratamento com LCCV pode ter sido ocasionada pelo excesso de sais. O excesso de sais promove diminuição do gradiente de potencial entre o solo e a raiz da planta, ao aumentar o potencial osmótico do solo conduzindo a uma situação em que a planta não possua força de sucção satisfatória para absorver água e nutrientes mesmo em solo úmido (KUSVURAN, 2012; RAMEGOWDA; KUMAR, 2015; DUARTE; SOUZA, 2016).

Isso pode ocorrer, mesmo em plantas tolerantes à salinidade, como o coqueiro-anão, que tem, como consequência, a redução da abertura estomática, ocasionando diminuição da transpiração (SILVA JÚNIOR; PASSOS; GHEYI, 2002), com o intuito de inibir a perda de água da planta para a atmosfera (GOMES; PRADO, 2007). Com a redução da abertura dos estômatos, há limitação da absorção de nutrientes pelas plantas; isto ocorre porque há dependência da água como veículo de transporte durante o processo de absorção de nutrientes, seja por fluxo de massa e/ou difusão (SANTOS *et al.*, 2004).

Similarmente, plantas que receberam L<sub>100</sub> apresentaram menores teores de K nas folhas em relação ao K<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>. Apesar do L<sub>100</sub> promover maior disponibilidade de K<sup>+</sup> ao solo (Tabela 5), os maiores teores de K nas folhas foram obtidos nos tratamentos K<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>, valores esses 59,8 e 51,7%, respectivamente superiores em relação ao tratamento que recebeu apenas LCCV.

Resultados semelhantes foram verificados por Crisóstomo e Aragão (2011), ao estudarem a aplicação de LCCV em plantas adultas de coqueiro-anão. Esses autores

observaram também, que as plantas que receberam adubação com LCCV em contraste ao cloreto de potássio, apresentaram diminuição no teor foliar de K. Esse efeito também pode ser atribuído ao aumento da CE do solo (Tabela 5), pois quando a planta está sob condição de estresse, parte da energia utilizada para a absorção de nutrientes é desviada para adaptar-se ao meio adverso em que está submetida (TAIZ *et al.*, 2017), reduzindo assim, o teor de K.

Quanto aos teores foliares de Ca e Mg, não houve diferença entre os tratamentos, sugerindo que as concentrações encontradas no solo são consideradas adequadas para a suprir nutricionalmente a cultura nesse estágio vegetativo, apesar do decréscimo do  $\text{Ca}^{2+}$  no solo após a aplicação dos tratamentos  $\text{L}_{100}$  e  $\text{L}_{50} + \text{K}_{50}$  (Tabela 5), bem como com as doses de LCCV (Figura 6B).

A aplicação do LCCV ( $\text{L}_{100}$  e  $\text{L}_{50} + \text{K}_{50}$ ) diminuiu em 18,2% o teor de S nas folhas do coqueiro-anão, quando comparado ao  $\text{K}_{100}$ . Silva (2015) relatou que o principal mecanismo de absorção de S pelas plantas é o fluxo de massa e atribuiu, ainda, a diminuição na absorção deste nutriente pelo coqueiro-anão, ao aumento da CE (Figura 5).

O aumento das doses de LCCV também diminuiu a absorção do Na pelas plantas de coqueiro-anão (Figura 12C); apesar da dose de LCCV em que foi aplicado 116% da recomendação de  $\text{K}_2\text{O}$  na forma de efluente contribuir para a maior concentração de sódio no solo (Figura 6D), as maiores doses de LCCV resultaram em menores teores foliares de Na. Esse efeito corrobora o estudo das fontes de K, pois, o teor foliar de Na foi maior nos tratamentos  $\text{K}_{100}$  e  $\text{L}_{50} + \text{K}_{50}$  (Tabela 10). Sobral *et al.* (2009) constataram que o nível crítico de Na para o coqueiro-anão adulto é  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ , desta forma, somente o  $\text{L}_{50} + \text{K}_{50}$  e o  $\text{K}_{100}$  estariam suprindo adequadamente a planta com este elemento. É importante destacar que diferentemente das demais culturas, o Na é um elemento importante para as palmeiras, pois estimula os processos de produção e desenvolvimento (MAGAT; PADRONES; ALFORJA, 1993).

Os teores dos micronutrientes Cu, Fe e Zn estão de acordo com os teores foliares de plantas jovens de coqueiro-anão obtidos por Valicheski *et al.* (2011), sugerindo que as concentrações desses elementos no solo em todos os tratamentos atenderam às necessidades das plantas.

Por outro lado, o teor de Mn nas folhas apresentou diferença entre os tratamentos, com valores de 49,7 e 28,4% menores nos tratamentos  $\text{L}_{100}$  e  $\text{L}_{50} + \text{K}_{50}$ , respectivamente, em comparação ao  $\text{K}_{100}$  (Tabela 10) e, portanto, também estava abaixo do teor encontrado por Valicheski *et al.* (2011). Este resultado era esperado, considerando que as concentrações de Mn no solo (Tabela 5) nos tratamentos  $\text{L}_{100}$  e  $\text{L}_{50} + \text{K}_{50}$  estavam abaixo do  $\text{K}_{100}$ . Assim, houve

baixa disponibilidade deste nutriente no solo, como consequência da aplicação do efluente em doses mais elevadas (Figura 8C), resultando em diminuição do teor foliar (Figura 12D).

A aplicação do LCCV (L<sub>100</sub> e L<sub>50</sub> + K<sub>50</sub>) aumentou o teor de B nas folhas, inclusive acima do nível crítico (17 g kg<sup>-1</sup>) proposto por Sobral *et al.* (2009). Segundo Babu *et al.* (2018), dependendo da quantidade de K absorvida, há diminuição acentuada de B nas folhas de coqueiro, em função de uma possível interação negativa entre B e K quando quantidades maiores de K são absorvidas, como no caso do tratamento K<sub>100</sub>, que apresentou maior teor foliar de K quando comparado aos demais tratamentos.

Com base nos resultados obtidos verificou-se que o LCCV promoveu alterações na fertilidade do solo. A concentração de K<sup>+</sup> no solo aumentou com as doses de LCCV, e esse incremento foi maior do que com o uso do cloreto de potássio, indicando a alta solubilidade desse elemento presente no efluente. Como consequência da elevada concentração de K, além de outros elementos como Mg e Na, o LCCV aumentou a condutividade elétrica do solo a ponto de afetar o crescimento inicial do coqueiro-anão. Por outro lado, a utilização do LCCV, associado ao cloreto de potássio, resultou em crescimento de planta de modo semelhante ao fertilizante mineral. Os resultados são importantes para o entendimento do uso do LCCV como fonte de K no cultivo do coqueiro-anão, permitindo a substituição de parte do fertilizante mineral pelo LCCV. Estudos ainda precisam ser aprofundados para compreender os efeitos do LCCV na inibição da mineralização do nitrogênio orgânico do solo.

Considerando que a grande quantidade e diversidade de resíduos gerados é um problema mundial, e que a região nordeste destaca-se pelo cultivo do coco, o estudo traz informações relevantes para a utilização do líquido da casca do coco verde, até então um efluente poluidor, como fonte de potássio para o coqueiro-anão. A utilização do líquido da casca do coco verde na agricultura é uma forma de disposição correta do efluente, desde que a dose à ser aplicada seja definida por meio de critérios como a recomendação de potássio para a cultura.

## 7 CONCLUSÕES

A utilização do líquido da casca do coco verde promoveu alterações na disponibilidade de nutrientes no solo e no estado nutricional do coqueiro-anão.

A associação do líquido da casca do coco verde com o cloreto de potássio promoveu crescimento do coqueiro-anão semelhante à aplicação isolada do fertilizante mineral. O líquido da casca do coco verde pode substituir 50% da dose de  $K_2O$  recomendada para o primeiro ano de cultivo do coqueiro-anão.

A aplicação do líquido da casca do coco verde afetou a mineralização do nitrogênio orgânico do solo.

## REFERÊNCIAS

- ADAMCZYK, B.; KITUNEN, V.; SMOLANDER, A. Polyphenol oxidase, tannase and proteolytic activity in relation to tannin concentration in the soil organic horizon under silver birch and Norway spruce. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 41, n. 10, p. 2085-2093, 2009.
- ADAMCZYK, B.; KITUNEN, V.; SMOLANDER, A. Response of soil C and N transformations to condensed tannins and different organic N-condensed tannin complexes. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 64, n. [s. n.], p. 163-170, 2013.
- AL OMRON, A. M.; EL-MAGHRABY, S. E.; NADEEM, M. E. A.; EL-ETER, A. M.; AL-MOHANI, H. Long term effect of irrigation with the treated sewage effluent on some soil properties of Al-Hassa Governorate, Saudi Arabia. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 11, n. 1, p. 15-18, 2012.
- ALMEIDA, B. G. de; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. G. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A.; TEIXEIRA, W. G. **Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012. 11 p. (Comunicado Técnico, 66).
- ANDREOTTI, M.; SORIA, J. E.; COSTA, N. R.; GAMEIRO, R. de A.; REBONATTI, M. D. Acúmulo de nutrientes e decomposição do palhicho de cana em função de doses de vinhaça. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 563-576, 2015.
- ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBA, E. A.; ANGELO, P. C. da S.; RIBEIRO, F. E. Seleção de cultivares de coqueiro para diferentes ecossistemas do Brasil. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2010. p.709-735.
- ARAÚJO, A. M.; ROSA, M. F.; CRISÓSTOMO, L. A.; FIGUEIREDO, M. C. B.; CUNHA, E. A. Avaliação do potencial de aproveitamento do líquido da casca de coco verde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife-PE. **Anais[...]**. Recife-PE: Congresso brasileiro de ciência e tecnologia de alimentos, 2004. p. 1-4.
- ARAÚJO, C. K. C. de; CAMPOS, A. de O.; PADILHA, C. E. de A.; SOUSA JUNIOR, F. C. de; NASCIMENTO, J. A. do; MACEDO, G. R. de; SANTOS, E. S. dos. Enhancing enzymatic hydrolysis of coconut husk through *Pseudomonas aeruginosa* AP 029/GLVIA rhamnolipid preparation. **Bioresource Technology**, Essex, v. 237, n. [s. n.], p. 20-26, 2017.
- ARIENZO, M.; CHRISTEN, E. W.; QUAYLE, W.; KUMAR, A. A review of the fate of potassium in the soil–plant system after land application of wastewaters. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 164, n. 2-3, p. 415-422, 2009.
- AZEVEDO, A. O. N.; AZEVEDO, C. D. de O.; SANTOS, P. H. A. D.; RAMOS, H. C. C.; BOECHAT, M. S. B.; ARÊDES, F. A. S.; RAMOS, S. R. R.; MIRISOLA, L. A.; PERERA, L.; ARAGÃO, W. M.; PEREIRA, M. G. Selection of legitimate dwarf coconut hybrid seedlings using DNA fingerprinting. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S. l.], v. 18, n. 4, p.

409-416, 2018.

AZEVEDO, P. V. de; SOUSA, I. F. de; SILVA, B. B. da; SILVA, V. de P. R. da. Water-use efficiency of dwarf-green coconut (*Cocos nucifera* L.) orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 84, n. 3, p. 259-264, 2006.

BABU, N.; MEDDA, P. S.; SINHA, K.; ARKENDU, G. Effect of potassium-boron content of leaf on copra yield of coconut (*Cocos nucifera* L.) in Terai region of West Bengal, India. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 398-410, 2018.

BARRETO, M. T. L.; MAGALHÃES, A. G.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; DUARTE, A. de S.; TAVARES, U. E. Desenvolvimento e acúmulo de macronutrientes em plantas de milho biofertilizadas com manipueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 5, p. 487-494, 2014.

BARRETO, M. T. L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R., MAGALHÃES, A. G.; TAVARES, U. E., DUARTE, A. de S. Atributos químicos de dois solos submetidos à aplicação de manipueira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 4, p. 528-534, 2013.

BARROS, R. P. de; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L. da; SOUZA, R. M. de; BARBOSA, L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTO, M. C. de V.; MELO, A. S de. Alterações em atributos químicos do solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 341-346, 2010.

BASSO, C. J.; SANTI, A. L.; PINTO, F. L.; SOMAVILLA, L. B.; JOSÉ, T. Vinhaça como fonte de potássio: Resposta da sucessão aveia-preta/milho silhagem/milho safrinha e alterações químicas do solo na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 596-602, 2013.

BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 781-787, 2009.

BENASSI, A. C.; FANTON, C. J.; SANTANA, E. N. de. **O cultivo do coqueiro-anão: Tecnologias de produção**. Vitória, ES: INCAPER, 2013. 120 p.

BENASSI, A. C.; RUGGIERO, C.; MARTINS, A. B. G.; SILVA, J. A. A. Caracterização biométrica de frutos de coqueiro, *cocos nucifera* L. variedade anã-verde, em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 302-307, 2007.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BEZERRA, M. G. da S.; SILVA, G. G. C. da; DIFANTE, G. dos S.; EMERENCIANTO NETO, J. V.; OLIVEIRA, E. M. M.; MORAIS, E. G. Chemical attributes of soil under cassava wastewater application in Marandugrass cultivation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 8, p. 579-585, 2019.

BOUDESOCQUE, S.; GUILLON, E.; APLINCOURT, M.; MARCEAU, E.; STIEVANO, L. Sorption of Cu (II) onto vineyard soils: macroscopic and spectroscopic investigations. **Journal of Colloid and Interface Science**, Nova York, v. 307, n. 1, p. 40-49, 2007.

BRAINER, M. S. de C. P. **Produção de coco: o Nordeste é destaque nacional**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE, 2018.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 28, de 27 julho de 2007. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 jul. 2007. Seção 1, p.11

BRITO, F. de L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R. Efeito da aplicação de vinhaça nas características químicas de solos da zona da mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 456-462, 2009.

BUTTERLY, C. R.; BALDOCK, J. A.; TANG, C. The contribution of crop residues to changes in soil pH under field conditions. **Plant and Soil**, Haia, v. 366, n. 1-2, p. 185-198, 2013.

CABRAL, M. M. S.; ABUD, A. K. de S.; SILVA, C. E. de F.; ALMEIDA, R. M. R. G. Bioethanol production from coconut husk fiber. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 10, p. 1872-1877, 2016.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. *In*: RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. p. 270-276.

CARDOSO, M. S.; GONÇALEZ, J. C. Aproveitamento da casca do coco-verde (*Cocos nucifera* L.) para a produção de polpa celulósica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 321-330, 2016.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S. de; MAKISHIMA, N. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 533- 535, 2002.

CARVALHO, J. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M. de. P. e. Produtividade de cana soca sem queima em função do uso de gesso e vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 1-9, 2013.

CHOWDHURY, N.; MARSCHNER, P.; BURNS, R. Response of microbial activity and community structure to decreasing soil osmotic and matric potential. **Plant and Soil**, Haia, v. 344, n. 1-2, p. 241-254, 2011.

CORRADINI, E.; ROSA, M. de F.; MACEDO, B. P. de; PALADIN, P. D.; MATTOSO, L. H. C. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 837-846, 2009.

CRISÓSTOMO, L. A.; ARAGÃO, F. A. S. de. **Utilização do líquido da casca do coco verde em pomar de coqueiro-anão e efeitos sobre as características do solo e da planta**.

Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 56).

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R.; CARMELLO, Q. A. de C.; SANTOS, L. A.; SPERANDIO, M. V. L. Micronutrientes. *In*: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. de; SANTOS, L. A. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. p. 563-598.

DESCHAMPS, A. M. Microbial degradation of tannins and related compounds. *In*: LEWIS, N. G.; PAICE, M. G. (Ed.). **Plant Cell Wall Polymers Biogenesis and Biodegradation**. Washington: American Chemical Society, 1989. p. 559–566.

DIACONO, M.; MONTEMURRO, F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 30, n. 2, p. 401-422, 2010.

DUAN, M.; HOUSA, J.; LIU, Y.; CHANG, S. Contrasting responses of gross and net nitrogen transformations to salinity in a reclaimed boreal forest soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 54, n. 3, p. 385-395, 2018.

DUARTE, A. de S.; SILVA, E. F. de F.; ROLIM, M. M.; FERREIRA, R. F. de A. e L.; MALHEIROS, S. M. M.; ALBUQUERQUE, F. da S. Uso de diferentes doses de manipueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 262-267, 2012.

DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 302–310, 2008.

DUARTE, H. H. F.; SOUZA, E. R. de. Soil water potentials and *Capsicum annuum* L. under salinity. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, n. [s. n.], p. 1-11, 2016.

FASSBENDER, H. W. **Química de suelos, com ênfasis em suelos de America Latina**. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1984. 389 p.

FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, J. S. de; DIAS, N. da S.; GHEYI, H. R.; FOLEGATTI, M. V. Crescimento e produção de coqueiro Anão verde fertigado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 657-664, 2011.

FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, J. S. de; FOLEGATTI, V.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTE, L. F. Qualidade do fruto do coqueiro anão verde em função de nitrogênio e potássio na fertirrigação. **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 453-458, 2007.

FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, J. S. de; GHEYI, H. R.; FOLEGATTI, M. V.; DIAS, N. da S. Atributos químicos do solo e estado nutricional de coqueiro-anão fertigado com nitrogênio e potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 30-40, 2014.

- FERREIRA, J. A.; SANTOS, J. M.; BREITKREITZ, M. C.; FERREIRA, J. M. S.; LINS, P. M. P.; FARIAS, S. C.; MORAIS, D. R. de; EBERLIN, M. N.; BOTTOLI, C. B. G. Characterization of the lipid profile from coconut (*Cocos nucifera* L.) oil of different varieties by electrospray ionization mass spectrometry associated with principal component analysis and independent component analysis. **Food Research International**, Barking, v. 123, n. [s. n.], p. 189-197, 2019.
- FERREIRA, T. C.; SOUZA, J. T. A.; FARIAS, A. L. de; CRUZ, M. P.; CUNHA, A. L. A.; OLIVEIRA, S. J. C. Produção de *Helianthus annuus* L. submetido à adubação orgânica com manipueira. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 4, p. 262-265, 2015.
- FIORELLI, J.; BUENO, S. B.; CABRAL, M. R. Assessment of multilayer particleboards produced with green coconut and sugarcane bagasse fibers. **Construction and Building Materials**, Guildford, v. 205, n. [s. n.], p. 1-9, 2019.
- FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S.; SIQUEIRA, L. A. **Sistema de produção para a cultura do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 63 p. (Sistemas de Produção, 01).
- FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M.; PROCÓPIO, S. O. Efeito de sistemas de manejo, consorciação e adubação sobre o crescimento de coqueiros. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 27, n. 3/4, p. 452-459, 2015.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION STATISTICAL DATABASE. **World Production**. Roma, 2018. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>. Acesso em: 22 jun. 2020.
- FRÉMOND, Y.; ZILLER, R.; LAMOTHE, M. N. **El cocotero: técnicas agrícolas y producciones tropicales**. Barcelona: Editorial Blume, 1975. 236 p.
- GE, X.; DENG, E.; ZHU, L.; LI, Y.; JIA, Z.; TIAN, Y.; TANG, L. Response of nitrogen mineralization dynamics and biochemical properties to litter amendments to soils of a poplar plantation. **Journal of Forestry Research**, [S. l.], v. 29, n. 4, p. 915-924, 2018.
- GOMES, F. P.; OLIVA, M. A.; MIELKE, M. S.; ALMEIDA, A. A. F.; AQUINO, L. A. Osmotic adjustment, proline accumulation and cell membrane stability in leaves of *Cocos nucifera* submitted to drought stress. **Scientia Horticulturae**, New York, n. [s. n.], v. 126, p. 379-384, 2010.
- GOMES, F. P.; PRADO, C. H. B. A. Ecophysiology of coconut palm under water stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 19, n. 4, p. 377-391, 2007.
- GONÇALVES, F. A.; RUIZ, H. A.; NOGUEIRA, C. da C.; SANTOS, E. S. dos; TEIXEIRA, J. A.; MACEDO, G. R. de. Comparison of delignified coconuts waste and cactus for fuel-ethanol production by the simultaneous and semi-simultaneous saccharification and fermentation strategies. **Fuel**, Guildford, v. 131, n. [s. n.], p. 66-76, 2014.
- GONDIM, A. R. D. O.; MEDEIROS, J. F. D.; LEVIEN, S. L. A.; CARMO, G. A. D.; SENHOR, R. F. Balanço hídrico e da salinidade do solo na bananeira irrigada com água de

diferentes salinidades. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2009.

GOUDAR, M. S. **Pottassium dynamics in spentwash irrigated Vertisol**. 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado) – University of Agricultural Science, Dharwad, 2006.

HADAVIFAR, M.; YOUNESI, H.; ZINATIZADEH, A. A.; MAHDAD, F.; LI, Q.; GHASEMI, Z. Application of integrated ozone and granular activated carbon for decolorization and chemical oxygen demand reduction of vinasse from alcohol distilleries. **Journal of Environmental Management**, Londres, v. 170, n. [s. n.], p. 28-36, 2016.

HENRYK, K.; JAROSŁAW, C.; WITOLD, Ż. Peat and coconut fiber as biofilters for chromium adsorption from contaminated wastewaters. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 527-534, 2016.

HU, S.; WU, Y.; YI, N.; ZHANG, S.; ZHANG, Y.; XIN, X. Chemical properties of dissolved organic matter derived from sugarcane rind and the impacts on copper adsorption onto red soil. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 24, n. 27, p. 21750-21760, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 23 jun. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações e análises da economia mineral brasileira**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf>. Acesso em: 22 de jun de 2020.

JOANISSE, G. D.; BRADLEY, R. L.; PRESTON, C. M.; MUNSON, A. D. Soil enzyme inhibition by condensed litter tannins may drive ecosystem structure and processes: the case of *Kalmia angustifolia*. **New Phytologist**, Cambridge, v. 175, n. 3, p. 535-546, 2007.

KRAUS, T. E. C.; DAHLGREN, R. A.; ZASOKI, R. J. Tannins in nutrient dynamics of forest ecosystems - A review. **Plant and Soil**, Haia, v. 256, n. 1, p. 41-66, 2003.

KRAUS, T. E. C.; ZASOKI, R. J.; DAHLGREN, R. A.; HORWATH, W. R.; PRESTON, C. M. Carbon and nitrogen dynamics in a forest soil amended with purified tannins from different plant species. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 36, n. 2, p. 309-321, 2004.

KRIAUCIUNIENE, Z.; CEPULIENE, R.; VELICKA, R.; MARCINKEVICIENE, A.; LEKAVICIENE, K.; SARAUKIS, E. Oilseed rape crop residues: decomposition, properties and allelopathic effects. In: LICHTFOUSE, E. (Ed). **Sustainable Agriculture Reviews 32**. Champaign: Springer. 2018. p. 169-205.

KUSVURAN, S. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). **African Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 7, n. 5, p. 775-781, 2012.

LE, N. P.; NGUYEN, T. T. P.; ZHU, D. Understanding the stakeholders' involvement in utilizing municipal solid waste in agriculture through composting: a case study of Hanoi, Vietnam. **Sustainability**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. 2314, 2018.

LEITÃO, R. C.; ARAÚJO, A. M. de; SOUSA, O. L.; FREITAS-NETO, M. de A.; VIANA, M. B.; BRITO, C. R. F. de; SOUSA, A. B. de; ROSA, M. de F.; PINTO, G. A. S.; SANTAELLA, S. T. **Tratamento biológico do líquido da casca do coco-verde**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. 125 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 39).

LEMOS NETO, H. de S.; TORRES, R. de A.; DANTAS, L. L. de G. R.; XAVIER, C. V. V.; GUIMARÃES, M. de A.; TAKANE, R. J. Substrates and containers for the development of *Brassica pekinensis* L. seedlings. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 3, p. 344-350, 2016.

LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. **Classificação e aptidão agrícola dos solos do Campo Experimental de Pacajus, Ceará, para a fruticultura**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 20 p. (Documentos, 53).

LIMA, A. C. A. de; NASCIMENTO, R. F.; SOUSA, F. F. de; MATOS FILHO, J.; OLIVEIRA, A. C. Modified coconut shell fibers: a green and economical sorbent for the removal of anions from aqueous solutions. **Chemical Engineering Journal**, Lausana, v. 185-186, p. 272-284, 2012.

LIMA, B. L. de C. **Respostas fisiológicas e monométricas na produção mudas de coqueiro-anão irrigado com água salina**. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

LIU, M.; JIANG, Y. Genotypic variation in growth and metabolic responses of perennial ryegrass exposed to short-term waterlogging and submergence stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 95, p. 57-64, 2015.

LUCAS, S. D. M.; SAMPAIO, S. C.; URIBE-OPAZO, M. A.; GOMES, S. D.; KESSLER, N. C. H.; PRADO, N. V. Long-term behavior of Cu and Zn in soil and leachate of an intensive no-tillage system under swine wastewater and mineral fertilization. **African Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 8, n. 7, p. 639-647, 2013.

MAGALHÃES, A. G.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. de S., BEZERRA NETO, E.; TABOSA, J. N.; PEDROSA, E. M. R. Desenvolvimento inicial do milho submetido à adubação com manipueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7, p. 675-681, 2014.

MAGALHÃES, V. H. P.; NEVES, M. A. F. Utilização do pericarpo de coco verde (*Cocos nucifera* L. - Arecaceae) para a remoção de resíduos de íons cromo (VI) em soluções aquosas. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, Nilópolis, v. 3, n. 1-2, p. 10-16, 2011.

MAGAT, S. S.; PADRONES, G. D.; ALFORJA, L. M. Residual effects of three chloride fertilizers on yield and leaf nutrient levels of coconuts grown on an inland soil of Davao (Mindanao, Philippines). **Oleagineux**, Paris, v. 48, n. [s. n.], p. 237-242, 1993.

MALHOTRA, S. K.; MAHESWARAPPA, H. P.; SELVAMANI, V.; CHOWDAPPA, P. Diagnosis and management of soil fertility constraints in coconut (*Cocos nucifera*): A review. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, Nova Deli, v. 87, n. 6, p. 711-726, 2017.

MANTOVANI, J. R.; CORRÊA, M. C. de M.; CRUZ, M. C. P. da; FERREIRA, M. E.;

NATALE, W. Uso fertilizante de resíduo da indústria processadora de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 339-342, 2004.

MARINHO, F. J. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Germinação e formação de mudas de coqueiro irrigadas com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 334-340, 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3. ed. Londres: Academic Press, 2012. 651 p.

MARTINS, C. R.; JESUS JÚNIOR, L. A. **Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014. 51 p.

MATOS, A. T. de; GARIGLIO, H. A. de A.; MONACO, P. A. V. Deslocamento miscível de cátions provenientes da vinhaça em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 743-749, 2013.

MATOS, A. T. de; PINTO, A. B.; PEREIRA, O. G.; BARROS, F. M. Alteração de atributos químicos no solo de rampas utilizadas no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 406-412, 2005.

MATTOS, A. L. A.; ROSA, M. de F.; CRISÓSTOMO, L. A.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; VERAS, L. de G. C. **Beneficiamento da casca de coco verde**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2014. 38 p.

MIRANDA, F. R. de; GOMES, A. R. M. **Manejo da irrigação do coqueiro-anão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 8 p. (Circular Técnica, 25).

MIRANDA, F. R. de; GOMES, A. R. M.; OLIVEIRA, C. H. C. de; MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 129-135, 2007.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S. do; MELO, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: [s. n.], 2009. p. 191-234.

MONTEIRO, C. M.; CARON, E. S.; SILVEIRA, S. F. da; ALMEIDA, A. M.; SOUZA-FILHO, G. R.; SOUZA, A. L. de. Control of foliar diseases by the axillary application of systemic fungicides in Brazilian coconut palms. **Crop Protection**, Guildford, v. 52, n. [s. n.], p. 78-83, 2013.

MONTEZANO, Z. F.; CORAZZA, E. J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 839-847, 2006.

MORAN-SALAZAR, R. G.; SANCHEZ-LIZARRAGA, A. L.; RODRIGUEZ-CAMPOS, J.; DAVILA-VAZQUEZ, G.; MARINO-MARMOLEJO, E. N.; DENDOOVEN, L.; CONTRERAS-RAMOS, S. M. Utilization of vinasses as soil amendment: consequences and perspectives. **SpringerPlus**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 1007, 2016.

- NARAMABUYE, F. X.; HAYNES, R. J. THE liming effect of five organic manures when incubated with an acid soil. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [S. l.], v. 170, n. 5, p. 615-622, 2007.
- NASCIMENTO, D. M. do; DIAS, A. F.; ARAÚJO JUNIOR, C. P. de, ROSA, M. de F.; MORAIS, J. P. S.; FIGUEIRÊDO, M. C. B. de. A comprehensive approach for obtaining cellulose nanocrystal from coconut fiber. Part II: Environmental assessment of technological pathways. **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 93, n. [s. n.], p. 58-65, 2016.
- NASCIMENTO, H. H. C. do; Nogueira, R. J. M. C.; SILVA, E. C. da; SILVA, M. A. da. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.
- OHLER, J. G. **Coconut, tree of life**. Roma: FAO, 1984. 446 p.
- OLIVEIRA, E. P.; COUTO, C. M. D.; SANTOS, M. S. S. dos; SANTOS, L. G. dos S.; BEBÉ, F. V. Mineralização de nitrogênio em Latossolo Amarelo adubado com composto orgânico alternativo. **Agropecuária Científica do Semiárido**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 287-290, 2019.
- OLIVEIRA, F. de A.; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, F. R. A. de; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. da S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 279-287, 2012.
- OLIVOTO, T.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; SZARESKI, V. J.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J. de; SOUZA, V. Q. de. Plant secondary metabolites and its dynamical systems of induction in response to environmental factors: A review. **African Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 71-84, 2017.
- PASSOS, E. E. M. Ecofisiologia do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. ed. Aracaju: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1998. p. 65-72.
- PATIL, U.; BENJAKUL, S. Coconut milk and coconut oil: their manufacture associated with protein functionality. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 83, n. 8, p. 2019-2017, 2018.
- PELUCO, R. G.; MARQUES JUNIOR, J.; SIQUEIRA, D. S.; PEREIRA, G. T.; BARBOSA, R. S.; TEXEIRA, D. B.; ADAME, C. R.; CORTEZ, L. A. Suscetibilidade magnética do solo e estimação da capacidade de suporte à aplicação de vinhaça. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 661-672, 2013.
- PEREIRA, D. G. C.; SANTANA, I. A.; MEGDA, M. M. MEGDA, M. X. V. Potassium chloride: impacts on soil microbial activity and nitrogen mineralization. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 49, n. 5, p. e20180556, 2019.
- PEREIRA, M. de O.; AZEVEDO, C. A. V. de; ARAÚJO, N. C. de; RAMOS, J. G.; GUIMARÃES, R. F. B.; BORGES, V. E.; SOBRINHO, T. G.; LIMA, V. L. A. de. Growth and formation of bean phytomass (*Vigna unguiculata* L.) fertilized with mineral fertilizer and

manipueira. **Australian Journal of Crop Science**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 210-216, 2018.

PEREIRA, T. de A.; SOUTO, L. S.; SÁ, F. V. da S.; DUTRA FILHO, J. A.; SOUZA, T. M. A. de; PAIVA, E. P. de. Growth and production of dwarf coconut in saline-sodic soil under doses of potassium sulfate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 7, p. 454-458, 2017.

PEREIRA, L.; BAUDOUIN, L.; MACKAY, I. SSR markers indicate a common origin of self-pollinating dwarf coconut in South-East Asia under domestication. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 211, n. [s. n.], p. 255-262, 2016.

PINO, G. H.; MESQUITA, L. M. S. de; TOREM, M. L.; PINTO, G. A. S. Biosorption of cadmium by green coconut shell powder. **Minerals Engineering**, Oxford, v. 19, n. 5, p. 380-387, 2006.

POTYSZ, A.; GRYBOS, M.; KIERCZAK, J.; GUIBAUD, G.; FONDANECHÉ, P.; LENS, P. N. L.; HULLEBUSCH, E. D. V. Metal mobilization from metallurgical wastes by soil organic acids. **Chemosphere**, Oxford, v. 178, n. [s. n.], p. 197-211, 2017.

PRADO, R. de M.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S. Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. **Soil Management for Sustainable Agriculture**, [S. l.], v. 2013, n. [s. n.], p. 1-8, 2013.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTsal, 2010, p.147-164.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAJ, S.; MOHAMMAD, S.; DAS, R.; SAHA, S. Cement-reinforced blocks reinforced with coconut fiber cement. **World Journal of Engineering**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 208-216, 2017.

RAMEGOWDA, V.; KUMAR, S. M. The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: Mechanistic understanding from drought and pathogen combination. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 176, n. [s. n.], p. 47-54, 2015.

RAMOS, A. R. P.; DIAS, R. de C. S.; ARAGÃO, C. A.; MENDES, A. M. S. Mudanças de melancia produzidas com substrato à base de pó de coco e soluções nutritivas, **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 339-344, 2012.

REN, Z.; TELLA, M.; BRAVIN, M.; COMANS, R. N. J.; DAI, J.; GARNIER, J.; SIVRY, Y.; DOELSCH, E.; STRAATHOF, A.; BENEDETTI, M. F. Effect of dissolved organic matter composition on metal speciation in soil solutions. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 398, n. [s. n.], p. 61-69, 2015.

ROBERTS, T. L. World reserves and production of potash. *In*: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 2005. p. 1-20.

RODRIGUES, G. S.; MARTINS, C. R.; BARROS, I. Sustainability assessment of ecological intensification practices in coconut production. **Agricultural Systems**, Essex, v. 165, n. [s. n.], p. 71-84, 2018.

RODSAMRAN, P.; SOTHORNVIT, R. Physicochemical and functional properties of protein concentrate from by-product of coconut processing. **Food Chemistry**, Londres, v. 241, n. [s. n.], p. 364-371, 2018.

ROSADO, A. W. C.; MACHADO, A. R.; FREIRE, F. das D. C. O.; PEREIRA, O. L. Phylogeny, identification, and pathogenicity of *lasiodiplodia* associated with postharvest stem-end rot of coconut in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 100, n. 3, p. 561-568, 2016.

ROSOLEM, C. A.; ALMEIDA, D. S.; ROCHA, K. F.; BACCO, G. H. Potassium fertilisation with humic acid coated KCl in a sandy clay loam tropical soil. **Soil Research**, Roma, v. 56, n. 3, p. 244-251, 2017.

ROSOLEM, C. A.; STEINER, F. Effects of soil texture and rates of K input on potassium balance in tropical soil. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 68, n. 5, p. 658-666, 2017.

ROZANE, D. E.; TORRES, M. H.; SOUZA, H. A. de; NATALE, W.; SILVA, S. H. M. G. da. Application of a byproduct of guava processing in an Ultisol, in the presence and absence of mineral fertilization, **Idesia**, Arica, v. 31, n. 3, p. 89-96, 2013.

RUBEN, G. B.; ZHANG, K.; BAO, H.; MA, X. Application and sensitivity analysis of artificial neural network for prediction of chemical oxygen demand. **Water Resources Management**, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 273-283, 2018.

RUKSHANA, F.; BUTTERLY, C. R.; BALDOCK, J. A.; TANG, C. Model organic compounds differ in their effects on pH changes of two soils differing in initial pH. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v. 47, n. [s. n.], p. 51-62, 2011.

RUKSHANA, F.; BUTTERLY, C. R.; BALDOCK, J. A.; XU, J. M.; TANG, C. Model organic compounds differ in priming effects on alkalinity release in soils through carbon and nitrogen mineralisation. **Soil Biology and Biochemistry**, Berlim, v. 51, n. [s. n.], p. 35-43, 2012.

SADEGHI, S. H.; HAZBAVI, Z.; HARCHEGANI, M. K. Controllability of runoff and soil loss from small plots treated by vinasse-produced biochar. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 541, n. [s. n.], p. 483-490, 2016.

SANTOS, A. L. dos; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. de. Estabelecimento de normas DRIS para o diagnóstico nutricional do coqueiro-anão verde na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 330-334, 2004.

SANTOS, M. H. V. dos; ARAÚJO, A. C. de; SANTOS, D. M. R. dos; LIMA, N. da S.; LIMA, C. L. C. de; SANTIAGO, A. D. Uso da manipeira como fonte de potássio na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em casa-de-vegetação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá v. 32, n. 4, p. 729-733, 2010.

SANTOS, M. J. M. **Aproveitamento do líquido da casca do coco verde (LCCV) na**

**produção de mudas de tomateiro.** 2019. 25 f. Graduação (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

SANTOS, P. H. A. D.; VENÂNCIO, T. M.; SANTOS, P. H. D. dos; RAMOS, H. C. C.; ARÊDES, F. A. S.; AZEVEDO, A. O. N.; BOECHAT, M. S. B.; SOUZA FILHO, G. A. de; RAMOS, S. R. R.; MIRISOLA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; PEREIRA, M. G. Genotyping-by-sequencing technology reveals directions for coconut (*Cocos nucifera* L.) breeding strategies for water production. **Euphytica**, Wageningen, v. 216, n. 3, p. 1-9, 2020.

SARTORI, E. O. F. **Desenvolvimento de bioinseticida de extrato de folhas desidratadas de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) e líquido da casca de cocos verdes (*Cocos nucifera* L.).** 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia em Saúde Humana e Animal) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2017.

SCHULTEN, H. R.; SCHNITZER, M. The chemistry of soil organic nitrogen: a review. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v. 26, n. 1, p. 1-15, 1997.

SCHULTZ, N.; LIMA, E.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E. Efeitos residuais de nitrogênio, potássio e vinhaça, adubação em cana e soqueira colhidas com e sem queima da palha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 811-820, 2010.

SEKAR, A.; KANDASAMY, G. Optimization of coconut fiber in coconut shell concrete and its mechanical and bond properties. **Materials**, [S. l.], v. 11, n. 9, p. 1-14, 2018.

SHI, R.; LIU, Z.; LI, Y.; JIANG, T.; XU, M.; LI, J.; XU, R. Mechanisms for increasing soil resistance to acidification by long-term manure application. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 185, n. [s. n.], p. 77-84, 2019.

SIBAGATULLIN, F.; KHALIULLINA, Z.; PETROV, A.; SINYASHIN, K.; MAGIZOVA, A. Prospects for the use of poultry and drilling waste in agriculture. **BIO Web of Conferences**, [S. l.], v. 17, n. [s. n.], p. 00238, 2020.

SILVA JÚNIOR, C. D.; PASSOS, E. E. M.; GHEYI, H. R. Aplicação de água salina no desenvolvimento e comportamento fisiológico do coqueiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 39-44, 2002.

SILVA, A. P. M. da; BONO, J. A. M.; PEREIRA, F. de A. R. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 38-43, 2014.

SILVA, A. R. A. da. **Respostas e adaptações de plantas de coqueiro “anão verde” às interações entre deficiência hídrica e salinidade do solo.** 2015. 239 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SILVA, A. R. A. da; BEZZERA, F. M. L.; LACERDA, C. F. de; ARAÚJO, M. E. B. de; LIMA, R. M. M. de; SOUZA, C. H. C. Establishment of young “dwarf green” coconut plants in soil affected by salts and under water deficit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 3, p. e-206, 2016.

SILVA, F. C.; ABREU, M. F.; PÉREZ, D. V.; EIRA, P. A.; ABREU, C. A.; RAIJ, B. V.;

- GIANELLO, C.; COELHO, A. M.; QUAGGIO, J. A.; TEDESCO, M. J.; SILVA, C. A.; CANTARELLA, H.; BARRETO, W. O. Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. In: SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA, 2009. p. 107-189.
- SILVA, R. A. da; CAVALCANTE, L. F.; HOLANDA, J. S. de; PAES, R. de A.; MADALENA, J. A. da S. Crescimento e produção do coqueiro anão verde fertirrigado com nitrogênio e potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 161-167, 2009.
- SINGH, K. Microbial and enzyme activities of saline and sodic soils. **Land Degradation & Development**, Chichester, v. 27, n. 3, p. 706-718, 2016.
- SMOLANDER, A.; KANERVA, S.; ADAMCZYK, B.; KITUNEN, V. Nitrogen transformations in boreal forest soils – does composition of plant secondary compounds give any explanations?. **Plant and Soil**, Haia, v. 350, n. 1-2, p. 1-26, 2012.
- SOBRAL, L. F. Nutrição e adubação do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa-SPI, 1998. p. 129-157.
- SOBRAL, L. F.; FREITAS, J. A. D.; HOLANDA, J. S.; FONTES, H. R.; CUENCA, M. A. G.; RESENDE, R. S. Coqueiro anão-verde. In: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. (Ed.). **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009, p. 89-101.
- SOBRAL, L. F.; LEAL, M. L. S. Resposta do coqueiro à adubação com uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio em dois solos do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 85-89, 1999.
- SOBRAL, L. F.; NOGUEIRA, L. C. Influência de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, em atributos do solo, níveis críticos foliares e produção do coqueiro-anão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1675-1682, 2008.
- SOUSA, F. W.; SOUSA, M. J.; OLIVEIRA, I. R. N.; OLIVEIRA, A. G.; OLIVEIRA, R. M.; CAVALCANTE, P. B. A.; FECHINE, V. O. S.; KEUKELEIRE-NETO, D.; NASCIMENTO, R. F. Evaluation of a low-cost adsorbent for removal of toxic metal ions from wastewater. **Journal of Environmental Management**, Londres, v. 90, n. 11, p. 3340-3344, 2009.
- SOUSA, I. F.; NETTO, A. A. O.; CAMPECHE, L. F. M. S.; BARROS, A. C.; SILVA, V. de P. R. da; AZEVEDO, P. V. de. Lisímetro de pesagem de grande porte. Parte II: consumo hídrico do coqueiro anão verde irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 526-532, 2011.
- SOUSA, O. L. **Tratamento do líquido gerado no beneficiamento da casca de coco verde em sistema de lodos ativados**. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- SOUZA, H. A. de; AMORIM, D. A. de; ROZANE, D. E.; NATALE, W. Quantificação de nutrientes nos frutos de goiabeiras adubadas com subproduto da agroindústria processadora de goiabas. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 2, p. 390-395, 2017.

SOUZA, H. A. de; ROZANE, D. E.; AMORIM, D. A. de; MODESTO, V. C.; NATALE, W. Nitrogen nutrition of guava trees in response to byproduct of fruit processing. **Journal of Plant Nutrition**, Nova York, v. 39, n. 2, p. 235-243, 2015.

SOUZA, H. A. de; ROZANE, D. E.; AMORIM, D. A. de; MODESTO, V. C.; NATALE, W. Uso fertilizante do subproduto da agroindústria processadora de goiabas II – Estado nutricional e produção de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 725-730, 2014.

SPARKS, D. L. Bioavailability of soil potassium. *In*: SUMNER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil Science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 38-52.

STANFORD, G.; SMITH, S. J. Nitrogen mineralization potentials of soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 36, n. 3, p. 465-472, 1972.

STARÓN, P.; CHWASTOWSKI, J.; BANACH, M. Sorption and desorption studies on silver ions from aqueous solution by coconut fiber. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 149, n. [s. n.], p. 290-301, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1985. 176 p.

TEIXEIRA, N. S.; TORREZAN, R.; FREITAS-SÁ, D. de G. C.; PONTES, S. M.; RIBEIRO, L. de O.; CABRAL, L. M. C.; MATTA, V. M. da. Development of a fruit smoothie with solid albumen of green coconut. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 49, n. 1, p. e20180110, 2019.

TEIXEIRA, R. B. **Fermentação alcoólica utilizando líquido de casca de coco verde como fonte de nutrientes**. 2007. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

TRIEBWASSER, D. J.; THARAYIL, N.; PRESTON, C. M.; GERARD, P. D. The susceptibility of soil enzymes to inhibition by leaf litter tannins is dependent on the tannin chemistry, enzyme class and vegetation history. **New Phytologist**, Cambridge, v. 196, n. [s. n.], p. 1122-1132, 2012.

TRUONG, T. H. H.; MARSCHNER, P. Addition of residues with different C/N ratio in soil over time individually or as mixes-effect on nutrient availability and microbial biomass depends on amendment rate and frequency. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 18, n. 4, p. 1157-1172, 2018.

VALICHESKI, R. R.; MARCIANO, C. R.; PEÇANHA, A. L.; BERNARDES, R. S.; MONNERAT, P. H. Estado nutricional do coqueiro cultivado em solos submetidos a diferentes níveis de compactação e umidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 11, p. 1152-1160, 2011.

YAN, N.; MARSCHNER, P.; CAO, W.; ZUO, C. QUIN, W. Influence of salinity and water

content on soil microorganisms. **International Soil and Water Conservation Research**, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 316-323, 2015.

YUE, X. H.; MIAO, L. F.; YANG, F.; NAWAZ, M. Morphological and physiological responses of *Dalbergia odorifera* T. Chen seedlings to different culture substances. **Plos One**, [S. l.], v. 15, n. 5, p. 1-16, 2020.

ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L. de; FOLEGATTI, M. V. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. I. Características do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 22-28, 2011.