



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO  
CURSO DE AGRONOMIA**

**JAMISON MOURA DOS SANTOS**

**DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DO COQUEIRO ANÃO NA  
REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, BAHIA**

**FORTALEZA**

**2018**

JAMISON MOURA DOS SANTOS

**DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DO COQUEIRO ANÃO NA  
REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, BAHIA**

Monografia apresentada ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Ismail Soares.

FORTALEZA

2018

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)

---

S235d Santos, Jamison Moura dos.  
Diagnose do estado nutricional do coqueiro anão na região do Vale do São Francisco, Bahia / Jamison Moura dos Santos. – 2018.  
39 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Ismail Soares.

Coorientação: Prof. Dr. José Aridiano Lima de Deus .

1. Avaliação do estado nutricional. 2. Coqueiro anão. 3. Análise foliar. 4. Nutrição de plantas. I. Título.  
CDD 630

---

JAMISON MOURA DOS SANTOS

**DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DO COQUEIRO ANÃO NA  
REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, BAHIA**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 19/11/2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Ismail Soares (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. José Aridiano Lima de Deus (Co-orientador)  
Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater-PR)

---

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

---

Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

A minha família e amigos, com toda a minha gratidão, por tudo que fazem por mim.

## RESUMO

A avaliação do estado nutricional por meio da análise foliar vem sendo uma ferramenta bastante útil para o diagnóstico nutricional de várias culturas em diversas partes do mundo. Na interpretação das análises foliares são sugeridos diversos métodos, como o Nível Crítico (NC), o Índices Balanceados de Kenworthy (IBKW), o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e o Potencial de Resposta à Adubação (PRA). Esses métodos vêm sendo utilizados para interpretar análises químicas de vegetais, sendo comumente utilizada a folha. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os diferentes métodos para a diagnose nutricional do coqueiro anão no Vale do São Francisco. A área em estudo localiza-se em uma região produtora de coco no estado da Bahia com predomínio de Neossolos. Foram analisadas amostras foliares de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn e B) de 112 talhões comerciais e respectivas produtividades. Na interpretação dos resultados, as classes de diagnose e teores dos nutrientes para a maioria dos métodos são concordantes, exceto para o método nível crítico que diferiu na maioria dos casos dos padrões de referência para a região. Os nutrientes B, N, Mn e Zn estão entre os mais deficientes, enquanto Mg e P apresentaram concentrações excessivas pela maioria dos métodos com base nos valores regionalizados. Os métodos DRIS e IBKW foram igualmente eficientes na interpretação da diagnose foliar do coqueiro anão verde, estabelecendo padrões de referência em ordem de limitação nutricional.

**Palavras-chaves:** Coqueiro anão. Análise foliar. Nutrição de plantas. Avaliação do estado nutricional.

## ABSTRACT

The evaluation of nutritional status through leaf analysis has been a very useful tool for the nutritional diagnosis of several crops in different parts of the world. To interpret the foliar analyzes, several methods are suggested: Critical Level (NC), Kenworthy Balanced Index (IBKW), Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) and Potential Response to Fertilization (PRA). These methods have been used to interpret chemical analyzes of vegetables, and leaf is commonly used. The objective of the present study was to evaluate the different methods for the nutritional diagnosis of dwarf coconut in the San Francisco Valley. The study area is located in a coconut producing region in the state of Bahia, with a predominance of Entisols. Leaf samples of macro and micronutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn and B) were analyzed from 112 commercial fields and their respective productivities. In the interpretation of the results, the diagnostic classes and nutrient contents for most methods are concordant, except for the critical level method that differed in most cases from the reference standards for the region. B, N, Mn and Zn are among the four most deficient nutrients, while Mg and P are in excessive concentrations in most methodologies based on regionalized values. The DRIS and IBKW methods were equally efficient in the interpretation of foliar diagnosis of the green dwarf coconut, establishing reference standards for the crop in order of nutritional limitation with values similar to the means of adequacy of high productivity fields.

**Keywords:** Dwarf coconut. Foliar analysis. Nutrition of plants. Evaluation of nutritional status.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Teores ótimos para macronutrientes na folha de coqueiro anão obtidos pelo IBKW e DRIS .....	29
<b>Figura 2</b> - Teores ótimos para micronutrientes na folha de coqueiro anão obtidos pelo IBKW e DRIS .....	30



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Valores médios das características químicas das análises de solo dos talhões amostrados nas áreas de estudo no período de 2014 a 2017.....	16
<b>Tabela 2</b>	Estatística descritiva da produtividade e dos teores de nutrientes médios, mínimo e máximo, coeficiente de variação das populações de alta e baixa produtividade do coqueiro anão verde no município de Rodelas no período de 2014 a 2017.....	21
<b>Tabela 3</b>	Teores foliares, níveis críticos e faixas de suficiência propostos para coqueiro .....	22
<b>Tabela 4</b>	Teores de nutrientes e suas relações duais (normas) para obtenção dos índices nutricionais pelo método DRIS para o coqueiro anão.....	25
<b>Tabela 5</b>	Frequência de talhões de coqueiro anão para classes de interpretação dos Índices Balanceados de Kenworthy de 2014 a 2017.....	26
<b>Tabela 6</b>	Frequência de talhões de coqueiro anão para classes de interpretação dos Índices DRIS de 2014 a 2017.....	27
<b>Tabela 7</b>	Frequência de talhões de coqueiro-anão para classes do Potencial de Resposta à Adubação 2014 a 2017.....	28
<b>Tabela 8</b>	Modelos de predição para macro e micronutrientes na folha em função dos índices balanceados de Kenworthy e índices DRIS para coqueiro-anão no município de Rodelas-BA .....	29

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Potencial de Resposta à Adubação (PRA) de acordo com índices DRIS e IBNm .....	20
---	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 Coqueiro: Origem e importância socioeconômica</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2 Morfologia do Coqueiro</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3 Exigências Edafoclimáticas</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4 Nutrição mineral e produtividade do coqueiro</b> .....	<b>13</b>
<b>2.5 Diagnose foliar</b> .....	<b>14</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1 Localização</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2 Banco de dados</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3 Diagnose nutricional</b> .....	<b>17</b>
<b>3.3.1 Índices Balanceados de Kenworthy (IBKW)</b> .....	<b>17</b>
<b>3.3.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3.3 Potencial de Resposta à Adubação</b> .....	<b>19</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1 Teores foliares de nutrientes no coqueiro</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2 Relações dos nutrientes na folha do coqueiro anão</b> .....	<b>23</b>
<b>4.3 Limitações nutricionais do coqueiro anão</b> .....	<b>27</b>
<b>4.4 Balanço e equilíbrio nutricional no coqueiro anão</b> .....	<b>29</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera L.*) é uma palmeira tropical amplamente distribuída por todo o mundo, com grande importância socioeconômica (SIQUEIRA *et al.*, 2002). Nos últimos anos houve a expansão acelerada da cultura no Brasil, com o incremento da comercialização de coco verde para atender o crescente mercado da água de coco devido, principalmente, à adoção de hábitos alimentares mais saudáveis (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2011). As diversas utilizações do coco têm proporcionado um crescimento da área plantada na maioria dos estados das regiões Norte e Nordeste.

Apesar de todos esses atributos proporcionados pela cultura do coqueiro anão, existem fatores nutricionais que limitam e influenciam diretamente na produtividade de frutos. Desse modo, a avaliação do estado nutricional do coqueiro, através da análise foliar, como ferramenta complementar à análise de solo, torna-se de fundamental importância no sentido de se obter altas produtividades.

Dentre os principais fatores responsáveis pela produtividade do coqueiro, o equilíbrio nutricional durante o ciclo é de fundamental importância, pois na planta de coqueiro em produção, há ocorrência de todos os estágios de frutificação de forma simultânea. Por isso, é necessário que cada nutriente esteja disponível na solução do solo em quantidades e proporções adequadas. A não observância do desequilíbrio nutricional existente refletirá na produtividade e na qualidade dos frutos.

Para a recomendação adequada de adubação, é necessário identificar qual ou quais nutrientes são mais limitantes à produção. Tradicionalmente, essa identificação é realizada por meio da análise de fertilidade do solo associada, em alguns casos, à análise foliar. Associadas, ambas as ferramentas proporcionam o aprimoramento do diagnóstico do estado nutricional das culturas, uma vez que as plantas são extratores de nutrientes do solo, permitindo uma avaliação mais precisa de seu estado nutricional (BEAUFILS, 1973).

Para a obtenção de altas produtividades, vem sendo ampliada a utilização da análise foliar para o monitoramento de deficiências e para a determinação da necessidade de adubação, usando-se principalmente as folhas, que é o local onde ocorre a maior atividade fisiológica e para onde se dirige a maior quantidade de nutrientes absorvidos pelas plantas. Assim, há necessidade de se realizar a análise de tecido vegetal para se conhecer o teor de cada nutriente na planta em determinado estágio fenológico para, a partir daí, proceder-se com a interpretação. A diagnose foliar tem mostrado ser útil na quantificação do estado nutricional das culturas, auxiliando nas recomendações de adubação (WALSH; BEATON, 1973), sendo

que o teor de nutriente na planta é a resultante da ação e interação dos fatores que afetam sua disponibilidade no solo e sua absorção pelas plantas (MUNSON; NELSON, 1973).

A diagnose foliar isoladamente não traduz para fins práticos as recomendações de adubação, mas auxilia na interpretação do equilíbrio nutricional da planta. Assim, na tentativa de descobrir a melhor forma de interpretar os teores de nutrientes no tecido vegetal, foram desenvolvidos métodos para interpretação nutricional em complemento à análise de solo, visando entender a relação das quantidades de nutrientes na planta com o seu desempenho produtivo.

Partindo do pressuposto de que altas produtividades estão associadas a um estado nutricional mais equilibrado e não aos altos teores de nutrientes nos tecidos foliares, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o estado nutricional do coqueiro anão verde irrigado, utilizando os métodos Nível Crítico (NC), Índices Balanceados de Kenworthy (IBKW), Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e Potencial de Resposta à Adubação (PRA), visando estabelecer valores de referência (normas), hierarquizar as limitações nutricionais e comparar os métodos de interpretação de análise foliar aplicados às amostras foliares coletadas na região do Vale do São Francisco-BA.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Coqueiro: Origem e importância socioeconômica

O coqueiro tem ampla distribuição territorial no mundo, havendo divergências acerca de sua origem biogeográfica, porém, para a maioria dos autores, o Sudeste Asiático é considerado o principal local de origem. Atualmente, encontram-se cultivos de coqueiro em mais de 200 países, principalmente em regiões localizadas entre as latitudes 23N e 23S (FOALES; HARRIES, 2009).

A planta é considerada uma das espécies perenes de maior relevância no mundo, pois o cultivo comercial detém a capacidade de gerar emprego e renda, seja através da produção para consumo *in natura* ou pela industrialização dos frutos, bem como de outros órgãos da planta (raiz, inflorescência, estirpe, folhas e palmito), originando mais de 100 produtos e subprodutos de valor econômico significativo. Além disso, o coqueiro é considerado uma planta ornamental, compondo a paisagem de diversos espaços públicos e privados (COSTA *et al.*, 2005).

Os maiores produtores mundiais de coco são Indonésia, Filipinas, Índia e Sri Lanka, respectivamente. O Brasil é o quinto maior produtor mundial, com produção aproximada de 2.893,57 milhões de frutos, em uma área plantada de 234 mil hectares de coqueiros (COCONUT STATISTICAL YEAR BOOK, 2016). Esta produção encontra-se distribuída por quase todo o território nacional, com exceção de alguns estados da região Sul do país, em função das suas limitações climáticas, durante parte do ano (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2011).

As regiões Norte e Nordeste possuem as maiores áreas plantadas com 21.468 e 194.872 hectares, respectivamente, sendo a região Centro-oeste e Sudeste as quais apresentam as maiores produtividades médias com 12,6 e 11,7 mil frutos por hectare, respectivamente. Especificamente na região Nordeste, o estado de Pernambuco apresenta-se como o maior produtor, com uma produtividade média de 19,67 mil frutos por hectare, possuindo uma área plantada de 6.602 hectares (IBGE, 2018).

Nos principais países produtores, o coqueiro é explorado, basicamente, para a produção de copra e óleo. Já no Brasil, a produção de coco é empregada quase que exclusivamente para a alimentação humana *in natura* (água-de-coco) ou através de produtos industrializados, como coco ralado, leite de coco e cosméticos (FONTENELE, 2005). Nos últimos anos houve expansão acelerada da cultura no Brasil, devido ao incremento da

comercialização de coco verde para atender o crescente mercado de água, cujo consumo foi estimulado principalmente pela adoção de hábitos saudáveis (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2011).

As diversas utilizações do coco têm promovido um crescimento da área plantada na maioria dos estados das regiões Norte e Nordeste. Entretanto, são regiões de baixa adoção de tecnologias no sistema produtivo da cocoicultura. Embora o Nordeste venha mantendo maior participação na produção de coco, existe uma inversão dessa liderança em termos de produtividade, pois o rendimento nordestino é menor do que em outras regiões. Esse fato decorre, dentre outros, da variedade utilizada e do sistema de produção (FONTES; WANDERLEY, 2006; MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2011).

Enquanto na região Nordeste predomina o sistema de cultivo semiextrativista de coqueiro gigante, destinado à produção de coco seco, nas demais regiões predomina o cultivo de coqueiro anão e seus híbridos, com produção destinada ao coco verde para água (FONTES; WANDERLEY, 2006).

## 2.2 Morfologia do Coqueiro

O coqueiro é uma monocotiledônea, pertencente à família *Arecaceae*, gênero *Cocos*, espécie *Cocos nucifera* L., possuindo duas variedades principais, a *Typica* (coqueiro gigante) e a *Nana* (coqueiro anão). Esta última apresenta três cultivares, anão verde, anão amarelo e anão vermelho. É uma espécie diploide, com 32 cromossomos (CASTRO, 2007).

O coqueiro possui um sistema radicular fasciculado, sendo ausente de raiz principal, uma característica comum das monocotiledôneas (FRÉMOND *et al*, 1975).

O caule é do tipo estipe, não possuindo ramificações, é bastante desenvolvido e apresenta muita resistência às intempéries climáticas. Possui folha do tipo penada, constituída por um pecíolo, seguido de ráquis, onde se inserem os folíolos, estando arrançadas em espiral descendente ao longo da copa do coqueiro (PASSOS, 1998).

A inflorescência é do tipo panicular, axilar, protegida por uma grande bráctea conhecidas por espata. O número de flores femininas é fortemente influenciado pelo estado nutricional e hídrico da planta, podendo não ocorrer desenvolvimento da inflorescência na axila da folha do coqueiro sob condições de deficiência hídrica (PASSOS; SILVA, 1991).

O fruto do coqueiro é considerado, botanicamente, uma drupa. Sendo formado por uma epiderme lisa ou epicarpo, o qual envolve o mesocarpo espesso e fibroso, tendo em seu interior uma camada muito dura conhecida como endocarpo. A semente, envolvida pelo

endocarpo, é constituída por uma camada fina de cor marrom, o tegumento, que fica entre o endocarpo e o albúmen sólido. Este albúmen caracteriza-se como sendo uma amêndoa comestível, branca, muito oleosa, formando uma grande cavidade, no centro da qual está a água-de-coco, ou albúmen líquido. O embrião está envolvido pelo albúmen sólido e está próximo a um dos orifícios do endocarpo (PASSOS, 1998).

### **2.3 Exigências Edafoclimáticas**

O coqueiro é uma planta tropical, encontrando qualidades climáticas favoráveis entre as latitudes 20°N e 20°S, necessitando de clima quente, com baixas variações de temperatura, tendo média anual em torno de 27°C e oscilações diárias de 5°C a 7°C, sendo, assim, consideradas ótimas para o crescimento e produção. Temperaturas superiores à ótima são toleradas, porém tornam-se maléficas quando coincidem com baixa umidade atmosférica e são agravadas por ventos quentes e secos, gerando elevada taxa de transpiração foliar, sendo que esta não pode ser compensada pela absorção de água através das raízes (PASSOS, 1998).

A precipitação anual ideal para a cultura situa-se em torno de 1.500 mm, com valores mensais superiores a 130 mm. Um período de três meses, com precipitação mensal inferior a 50mm, é prejudicial à cultura (HOLANDA *et al.*, 2007 e SOBRAL *et al.*, 2009).

O coqueiro possui alta adaptabilidade aos mais diferentes tipos de solos, porém não suporta solos excessivamente argilosos e que apresentem camadas compactadas que impeçam a penetração do sistema radicular no solo (CHILD, 1964; FRÉMOND, 1975).

O coqueiro se adapta a condições de solos leves e bem drenados, porém que admitam bom suprimento de água para às plantas. A planta é de fácil adaptação aos Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartazosas) e seu habitat está quase sempre associado à presença de lençol freático pouco profundo, compensando assim, sua baixa capacidade de retenção de água. Quando o lençol freático é profundo, como é o caso de algumas áreas da região Nordeste, é necessária utilização de técnicas eficazes de fornecimento de água às plantas, como a irrigação pois o suprimento hídrico adequado é um dos principais fatores de produção do coqueiro (CINTRA, 2007).

### **2.4 Nutrição mineral e produtividade do coqueiro**

O coqueiro é considerado muito exigente em nutrientes, sendo elevada a quantidade de elementos extraídos do solo, uma vez que a planta se desenvolve de forma contínua, com ocorrência simultânea da floração, da frutificação e maturação dos frutos



(OHLER, 1999). Assim, além da disponibilidade hídrica, o estado nutricional das plantas está entre os principais fatores que afetam a produtividade do coqueiro-anão.

A baixa fertilidade dos solos, associada à remoção de grandes quantidades de nutrientes de forma contínua sem reposição, contribuem para a baixa produtividade do coqueiro na região Nordeste (SOBRAL, 1998 e 2003). Nessas condições é possível incrementar a produtividade de frutos através do monitoramento do estado nutricional do coqueiro, para que seja disponibilizado à planta o nutriente limitante na quantidade e época adequadas.

A extração de nutrientes pelos frutos do coqueiro-anão foi estimada a partir dos dados de Ouvrier (1984) e recalculadas de acordo com Sobral (1998), considerando-se a produtividade de 200 frutos<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, em kg ha<sup>-1</sup>:87,71; 12,44; 169,77; 6,02; 9,48; 7,85; e 92,0, para N, P, K, Ca, Mg, S e Cl respectivamente. Observa-se que o nitrogênio (N), o potássio (K) e o cloro (Cl) são os nutrientes exportados em maiores quantidades. Quanto ao fósforo(P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre(S), as exigências são menores (SOBRAL *et al.*, 2009).

A importância do cloro na nutrição do coqueiro foi demonstrada por Uexkull (1972). Em virtude da quantidade de cloro removida, o autor propõe que esse nutriente seja considerado um macronutriente para o coqueiro.

Segundo Frémond *et al.* (1966), os estados nutricional e hídrico da planta exercem forte influência sobre o número de flores femininas. Conforme os autores, sob condições de deficiência hídrica prolongada e/ou déficit nutricional, ocorrerá interferência direta na emissão de inflorescências, chegando ao ponto, de não haver o desenvolvimento da inflorescência na axila da folha.

As boas condições nutricionais podem aumentar o número de flores femininas por inflorescência. As plantas consideradas mais produtivas de uma população, além de possuir um maior número de inflorescência por ano, possuem maior número de flores femininas por inflorescência (FRÉMOND *et al.*, 1966).

## **2.5 Diagnose foliar**

Para a obtenção de altas produtividades, a análise de tecido vegetal é uma ferramenta que vem sendo utilizada e aperfeiçoada para a determinação da necessidade de adubação, usando-se principalmente as folhas, pois é o órgão onde ocorre a maior atividade fisiológica e para onde se dirige a maior quantidade de nutrientes absorvidos pelas plantas.

Com a análise foliar é possível conhecer o teor de cada nutriente na planta em determinado estágio fenológico e, a partir daí, proceder com a interpretação. O teor de cada nutriente na planta pode ser interpretado por vários métodos de avaliação do estado nutricional.

Uma alternativa para aprimorar o manejo das adubações consiste no monitoramento nutricional dos talhões através dos métodos do nível crítico (NC) ou da faixa de suficiência (FS). Por estes métodos comparam-se teores foliares nutricionais de um talhão comercial com padrões de referências obtidos em plantas com elevada produtividade, normalmente padrões de referências disponibilizados na literatura (KURIHARA *et al.*, 2005). Como exemplo, tem-se os padrões nutricionais disponíveis para talhões de coqueiro híbrido cultivados no estado do Pará (SALDANHA *et al.*, 2015). Entretanto, o método das FS apresenta dependência de calibração local, o que reduz a eficácia do diagnóstico quando se extrapola para condições distintas do local de origem destas referências nutricionais (WADT, 2009).

Apesar desta limitação, estes métodos são os mais largamente utilizados, seja pela sua simplicidade na interpretação do teor do nutriente no tecido vegetal, seja pelo fato de que os valores de referências estão disponíveis em publicações especializadas (WADT, 2009).

É necessário que os nutrientes nas plantas estejam em quantidades e proporções adequadas para a obtenção de altas produtividades. Assim, para uma melhor avaliação é fundamental o uso de métodos que contemplem tanto o balanço como o equilíbrio nutricional (DEUS, 2016). Portanto, o uso de dois ou mais métodos possibilitam melhor diagnóstico, visto a complementariedade que os métodos de diagnose nutricional apresentam (BLANCO-MACÍAS *et al.*, 2010; ALMEIDA *et al.*, 2016).

Com a finalidade de diminuir a dependência da calibração local e melhorar a qualidade dos diagnósticos obtidos foram proposto os Índices Balanceados de Kenworthy (IBKW) (KENWORTHY, 1961) e o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) (BEAUFILS, 1973) que são indicados para a avaliação do balanço e equilíbrio nutricional, respectivamente. Além do Potencial de Resposta à Adubação (PRA) desenvolvido por Wadt (1996) para auxiliar na interpretação dos índices DRIS, classificando o estado nutricional em cinco classes (WADT *et al.*, 2012).

Dentre as variações das funções DRIS existe a utilização de relações multivariadas entre os nutrientes, mais conhecida como método da diagnose da composição nutricional (CND) (PARENT, 2011). Esse método tem sido frequentemente utilizado com sucesso na diagnose do estado nutricional em cultivos comerciais (ANJANEYULU; RAGHUPATHI, 2010; MAGALLANES-QUINTANAR *et al.*, 2004; SERRA *et al.*, 2010).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização

O trabalho foi realizado no município de Rodelas, no Norte do estado da Bahia, que está situado na região semiárida do Nordeste brasileiro, localizado pelas coordenadas 08° 50' de latitude Sul e 38° 46' de longitude Oeste, com altitude de 270 m.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do grupo BSh, ou seja, quente e seco com precipitação pluviométrica bastante irregular, com média anual de 447 mm. A vegetação nativa do município é do tipo caatinga hiperxerófila, com predominância de plantas espinhosas, sendo rica em cactáceas e bromeliáceas.

Os solos dos talhões amostrados são classificados como Neossolos Quartzarênicos, os quais apresentam textura arenosa, ocorrem em relevo plano ou suave ondulado, são profundos, constituídos por mais de 95% de areia, são distróficos e com teores baixos de matéria orgânica, fósforo e micronutrientes. Os valores médios das características químicas das análises de solo estão descritos na tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios das características químicas das análises de solo dos talhões amostrados nas áreas de estudo no período de 2014 a 2017.

Prof. cm	pH H <sub>2</sub> O	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	SB
		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
0-20	5,2	0,3	1,55	0,87	0,09	1,92	0,02	2,74
20-40	5,4	0,32	1,37	0,77	0,11	1,63	0,03	2,49
T	V	P (Mehlich)	B	Cu	Fe	Mn	Zn	MO
----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		----- mg dm <sup>-3</sup> -----						
4,66	58	30	0,7	3,3	71,33	21,34	7,41	6,9
4,12	60	20	0,74	1,53	95,73	14,71	3,59	4,9

Prof. = profundidade; SB = soma de bases; T = CTC total; V% = saturação por bases; M.O = matéria orgânica.

#### 3.2 Banco de dados

Para compor o banco de dados, procedeu-se com a coleta da folha diagnóstica e da produtividade de frutos, em 112 lavouras de coqueiro, variedade anão, com idade de seis a oito anos, em sistema irrigado, no período de 2014 a 2017. Coletaram-se seis folíolos da parte central da folha nº 14, sendo três de cada, retirando-se os 10 cm da parte central. Os folíolos

coletados foram acondicionados em sacos de papel e enviados ao laboratório para as determinações de macronutrientes e micronutrientes, conforme Silva e Faria (2001).

### 3.3 Diagnose nutricional

Para que o produtor tenha um retorno financeiro satisfatório com o coqueiro anão, é necessário obter uma produção média de 300 frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Desse modo, para o estabelecimento dos valores de referências (normas) os dados das análises foliares foram subdivididos em dois grupos: população de alta produtividade ( $\geq 300$  frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e população de baixa produtividade ( $< 300$  frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), considerando-se como padrão de referência a população de alta produtividade. As normas obtidas foram utilizadas para diagnosticar o estado nutricional do coqueiro anão verde, por meio dos métodos de interpretação Índices Balanceados de Kenworthy (IBKW), Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) comparando as normas da população amostrada, em seguida, com os níveis críticos da literatura e com o ponto ótimo obtidos pelos métodos IBKW e DRIS.

#### 3.3.1 Índices Balanceados de Kenworthy (IBKW)

A partir da população de referência foram obtidas a média e a variabilidade dos teores foliares dos nutrientes e coeficiente de variação (CV). A seguir, determinou-se os índices balanceados para cada nutriente, utilizando as equações abaixo (KURIHARA, 2004).

$$P = 100 \frac{Y_i}{\bar{Y}} \quad (1)$$

$$I = \frac{CV(Y_i - \bar{Y})}{\bar{Y}} \quad (2)$$

$$IBKW = P - I \quad (3)$$

Em que,

P = proporção (%) entre o teor do nutriente na amostra ( $Y_i$ ) e o teor padrão ( $\bar{Y}$ );

I = influência da variação (%);

CV = coeficiente de variação (%) do teor do nutriente na população de referência;

IBKW = Índice balanceado de Kenworthy.

Após a determinação do IBKW, os valores foram interpretados considerando os limites das classes de suficiência: deficiente ( $IBKW < 50 \%$ ); tendência a suficiente ( $50 \leq IBKW < 83 \%$ ); suficiente ( $83 \leq IBKW < 100 \%$ ); alta ( $100 \leq IBKW < 117 \%$ ); tendência a excessiva ( $117 \leq IBKW < 150 \%$ ) e excessiva ( $IBKW \geq 150 \%$ ).

Em seguida, determinou-se os pontos ótimos para os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e para os micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn), usando equações de regressão entre os índices IBKW (variáveis independentes) e os teores na folha (variáveis dependentes), após plotar os dados em gráfico de dispersão.

### 3.3.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)

A partir da população de referência foram obtidas as médias e o desvio-padrão dos teores dos nutrientes, bem como as relações binárias entre os nutrientes, transformando-as em normais reduzidas ( $z$ ), conforme Jones (1981), sendo utilizada a seguinte equação:

$$z(A/B) = \frac{[(A/B) - (a/b)]}{s} \quad (4)$$

Em que,

$A/B$  = relação dual entre os teores dos nutrientes A e B no talhão sob diagnose;

$a/b$  = média das relações duais entre os teores dos nutrientes A e B na população de referência;

$s$  = desvio-padrão das relações duais dos nutrientes A e B na população de referência;

$z(A/B)$  = afastamento estudentizado entre o valor da relação dual dos nutrientes A e B na lavoura sob diagnose ( $A/B$ ) e a média do valor da relação dual entre os nutrientes A e B da população de referência ( $a/b$ ), expressa em unidades de desvio padrão.

O índice DRIS para cada nutriente foi obtido por meio da média aritmética dos afastamentos estudentizados nas suas formas direta ( $A/B$ ) e inversa ( $B/A$ ), conforme Silva *et al.* (2005):

$$IA = \frac{[z(A/B) - z(B/A) + z(A/C) - z(C/A) + \dots + z(A/N) - z(N/A)]}{n} \quad (5)$$

Em que,

IA = índice DRIS para o nutriente A;

z = média dos afastamentos estudentizados nas formas direta [z(A/B)] e inversa [z(B/A)];

n = número de afastamentos estudentizados considerados.

Em seguida, foi determinado o Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm) que consiste no somatório dos valores absolutos dos índices DRIS dividido pelo número de nutrientes avaliados, conforme equação abaixo:

$$IBNm = \frac{(|A| + |B| + |C| + \dots + |N|)}{n} \quad (6)$$

Em que,

|A| + |B| + |C| + ... + |N| = valores dos índices DRIS para cada nutriente, em módulo;

n = número de nutrientes avaliados.

Após a determinação dos índices DRIS, os valores foram interpretados considerando os limites das classes de suficiência: deficiente (DRIS < -1,33); tendência a suficiente (-1,33 ≤ DRIS < -0,66); suficiente (-0,66 ≤ DRIS < 0); alto (0 ≤ DRIS < 0,66); tendência a excessivo (0,66 ≤ DRIS < 1,33) e excessivo (DRIS ≥ 1,33).

Em seguida, determinou-se os pontos ótimos para os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e para os micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn), usando equações de regressão entre os índices DRIS (variáveis independentes) e os teores na folha (variáveis dependentes), após plotar os dados em gráfico de dispersão.

### ***3.3.3 Potencial de Resposta à Adubação***

Procedeu-se com a interpretação dos índices DRIS por meio do Potencial de Resposta à Adubação, conforme método proposto por Wadt (1996), que estabeleceu seis classes de probabilidade de resposta à adubação (Quadro 1), comparando o índice DRIS calculado para um dado nutriente e o Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm).

**Quadro 1.** Potencial de Resposta à Adubação (PRA) de acordo com índices DRIS e IBNm

PRA	Resposta	Índice DRIS	Módulo índice DRIS
	+ LD		
Positiva (p)	Sim	< 0	>IBNm
Positiva ou nula (pz)	Não	<0	>IBNm
Nula (z)	Indiferente	≤ 0	≤ IBNm
	+ LE		
Nula (z)	Indiferente	≤ 0	>IBNm
Negativa ou nula (nz)	Não	> 0	>IBNm
Negativa (n)	Sim	> 0	≤ IBNm

+ LD: mais limitante por deficiência; + LE: mais limitante por excesso. Classe 1: Resposta Positiva (P) – tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente mais negativo for maior, em módulo, que o IBNm. Classe 2: Resposta Positiva ou Nula (PZ) – tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente for maior em módulo que o IBNm e não for o mais negativo. Classe 3: Resposta Nula (Z) – tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente em módulo for menor ou igual ao IBNm. Classe 4: Resposta Negativa ou Nula (NZ) – tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente for maior em módulo que o IBNm, porém sem ser o índice DRIS de maior valor. Classe 5: Resposta Negativa (N) – tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente for maior que o IBNm e maior que todos os índices DRIS. Fonte: Adaptado de Lana *et al*, 2010.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teores foliares de nutrientes no coqueiro

Os teores de nutrientes na folha 14 e produtividades (média, mínima, e máxima) das populações de alta e baixa produtividade de coqueiro anão encontram-se na tabela 2. Os teores médios dos nutrientes divergem dos níveis críticos definidos por Magat (1991) e por Holanda *et al.* (2007) apud Sobral *et al.* (2009) e, aos considerados adequados para coqueiro anão de alta produtividade encontrados por Santos *et al.* (2004) (Tabela 3). Tal fato evidencia a necessidade de padrões de referências nutricionais locais, visto que, os teores de nutrientes nas folhas são influenciados por condições edafoclimáticas e manejo da cultura.

**Tabela 2.** Estatística descritiva da produtividade e dos teores de nutrientes médios, mínimo e máximo, coeficiente de variação das populações de alta e baixa produtividade do coqueiro anão verde no município de Rodelas no período de 2014 a 2017

Variáveis	Alta produtividade <sup>1</sup>				Baixa produtividade <sup>2</sup>			
	Média	Mínimo	Máximo	C.V (%)	Médi a	Mínimo	Máximo	C.V (%)
Frutos planta <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	346	302	445	11,70	247	178	299	11,65
N (g kg <sup>-1</sup> )	19,68	14,97	23,10	11,91	16,43	4,32	25,00	36,78
P (g kg <sup>-1</sup> )	1,35	1,89	1,00	14,54	1,35	0,90	2,29	17,21
K (g kg <sup>-1</sup> )	12,05	9,04	16,00	14,95	11,61	5,00	16,00	17,30
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	2,65	2,00	3,25	12,86	2,56	1,02	4,20	21,78
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1,91	1,38	2,30	13,23	2,29	1,19	4,50	28,37
S (g kg <sup>-1</sup> )	1,50	0,90	2,40	28,75	1,51	0,60	3,90	30,62
B (mg kg <sup>-1</sup> )	39,14	16,57	65,30	33,26	27,66	13,53	60,72	43,43
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	9,82	5,00	16,00	34,09	10,22	3,62	55,5	73,48
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	150,69	80,00	260,00	33,96	139,99	28,79	379,00	60,21
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	112,47	69,00	155,00	26,25	126,74	6,50	405,46	42,98
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	5,41	3,00	9,00	28,06	4,89	3,00	15,50	37,47

<sup>1</sup>Teores de nutrientes de 24 talhões com produtividade superior a 300 frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, <sup>2</sup>Teores de nutrientes de 88 talhões com produtividade inferior a 300 frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>



**Tabela 3.** Teores foliares, níveis críticos e faixas de suficiência propostos para coqueiro

Nutrientes	Santos <i>et al.</i> (2004) <sup>1</sup>	Sobral <i>et al.</i> (2009) <sup>2</sup>	Magat (1991) <sup>3</sup>	Holanda <i>et al.</i> (2007) <sup>4</sup>
	----- g kg <sup>-1</sup> -----			
N	20,00	22,0	18,0 – 20,0	18,7 – 19,3
P	1,41	1,4	1,1 – 1,2	1,1 – 1,45
K	9,50	15,0	6,0 – 8,0	9,0 – 10,0
Ca	4,32	3,5	1,5 – 2,0	2,7 – 3,2
Mg	2,91	3,3	2,50	2,5 – 2,6
S	1,78	1,5	-	-
Na	-	1,3	-	2,2 – 2,9
Cl	7,57	7,5	-	5,0 – 5,5
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
B	19,60	20,0	8,0	24,0 – 36,0
Zn	8,86	15,0	-	11,0 – 12,0
Mn	118,0	65,0	60,0	30,0 – 55,0
Fe	158,0	40,0	40,0 – 45,0	90,0 – 100,0
Cu	3,31	5,0	-	4,5 – 5,0

<sup>1</sup> Valores médios encontrados em coqueiro anão de alta produtividade (227 frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>); <sup>2</sup> Níveis críticos (NC) obtidos pelos autores baseados em modelo analítico para coqueiro anão, sem produtividade informada na literatura; <sup>3</sup> Faixas de suficiência (FS) e níveis críticos (NC) definidos para coqueiro sem produtividade informada; <sup>4</sup> Teores foliares considerados ótimos (faixas de suficiência) para o coqueiro anão verde de Jiqui.

O teor de nitrogênio considerado ideal (Sobral, 2003), na folha 14, se situa na faixa de 18 a 20 g kg<sup>-1</sup> de N, para as variedades gigantes e de 18 a 22 g kg<sup>-1</sup> para os híbridos. Contudo, no presente trabalho o teor de N associado à população de alta produtividade de coqueiro-anão foi de 19,68 g kg<sup>-1</sup>, entretanto, tal valor situa-se abaixo do nível crítico proposto por Sobral (2009) e acima da faixa de suficiência definida por Holanda *et al.* (2007). Avaliando a influência da aplicação de N e K via fertirrigação em coqueiro anão, Sobral e Nogueira (2008) observaram que o ponto ótimo do teor de N na folha 14 associado à ótima produtividade foi de 20,5 g kg<sup>-1</sup>.

Estabelecendo normas DRIS para a cultura do coqueiro anão no estado do Rio de Janeiro, Santos *et al.* (2004) encontrou em plantas de alta produtividade teores foliares de K em torno de 9,55 g kg<sup>-1</sup>, situando-se bem abaixo do NC definido por Sobral (2009). No presente estudo a média dos teores de K da população de alta produtividade foi de 12,05 g kg<sup>-1</sup>, também ficando abaixo do NC proposto por Sobral *et al.* (2009).

Avaliando a aplicação de K via axila foliar e solo em plantas de coqueiro anão (Ribeiro *et al.* 2016) não constatarem sintomas visuais de deficiência de K embora as plantas estivessem com teor foliar abaixo de 5 g kg<sup>-1</sup>, embora Sobral (2003) afirme que sintomas de deficiência surgem quando o teor foliar de K estiver abaixo de 6 g kg<sup>-1</sup>.

Os teores de cálcio na folha 14 associados às máximas produtividades de coqueiro anão verde, estão no intervalo de 2,70 a 3,20 g kg<sup>-1</sup> segundo Sobral (2003). No presente

estudo o teor de cálcio médio da população de alta produtividade foi de 2,65 g kg<sup>-1</sup>, enquanto que a população de baixa produtividade apresentou 2,56 g kg<sup>-1</sup>, ambos valores bem próximos a faixa considerada ótima por Sobral (2003) e Holanda *et al.* (2007).

Os teores foliares de Fe considerado adequados em plantas de alta produtividade situa-se de duas a três vezes maiores do que os valores considerados críticos para coqueiros híbridos e gigantes (SOBRAL, 2003). No presente estudo, tal fato também pode ser levado em consideração, uma vez que os teores ótimos da população de referência situaram-se aproximadamente duas vezes maior ao nível crítico proposto por Sobral *et al.* (2009) e ficaram próximo à faixa de suficiência proposta por Holanda *et al.* (2007).

Em folhas de plantas com altas produtividades o teor adequado de Mn foliar segundo Sobral (2003) varia de 30 a 50 mg kg<sup>-1</sup> para coco verde, sendo acima de 500 mg kg<sup>-1</sup> considerado tóxico e abaixo de 20 mg kg<sup>-1</sup> considerado deficiente. No presente estudo a média do teor de Mn associado a população de alta produtividade é aproximadamente 140 mg kg<sup>-1</sup>, tendo como base uma média do ponto ótimo obtido pelo IBKW e DRIS, onde tal corresponde a, aproximadamente, duas vezes o nível crítico proposto por Sobral *et al.* (2009).

Avaliando a deficiência e as formas de aplicação de B em coqueiro anão verde, Pinho (2004, 2008) conseguiu aumentar os teores de B da folha 14 e elevar a produtividade de plantas adultas fornecendo ácido bórico via axila foliar da folha 10 em solos arenosos. Sobral *et al.* (2009), considera o teor na folha associada à alta produção de coqueiro anão verde, tida como adequada, corresponde de duas a três vezes maior ao valor do nível crítico proposto por (MAGAT, 1991). Resultados semelhantes foram encontrados no presente estudo, sendo o teor de B na folha 14 associado a população de alta produtividade em média 39,14 mg kg<sup>-1</sup>.

#### **4.2 Relações dos nutrientes na folha do coqueiro anão**

Durante a análise e quantificação dos teores de cada nutriente no tecido foliar, podem ocorrer efeitos de diluição e de concentração nas amostras. Isso pode ser amenizado se tais resultados de análise de tecido vegetal forem submetidos ao método Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), pois este se baseia no equilíbrio das relações entre nutrientes, realizando comparação dos índices gerados a partir de relações duais entre os teores dos nutrientes, conforme metodologia explicada no tópico 3.3.2 deste trabalho.

Assim, após submeter os teores de vegetal ao método DRIS, constatou-se que as relações duais apresentaram coeficiente de variação (CV) de 11,84 a 55,61 %, as quais correspondem às relações (N/Mg) e (Mn/Zn), respectivamente. De modo geral, as relações

que envolveram os micronutrientes apresentaram CV acima de 30 %, o que também foi observado por SALDANHA *et al.*, (2015) em coqueiro híbrido, em que os micronutrientes Fe, B e Cu apresentaram maiores valores de CV das relações. Desta feita, os autores sugerem a utilização de normas com CV abaixo de 30 % com a finalidade de obter maior acurácia da diagnose a partir das relações duais.

Resultados semelhantes foram observados para outras culturas perenes, bananeira (DEUS, 2016), coqueiro anão (SANTOS *et al.* 2004), maçã (NACTHIGALL; DECHEN, 2007) e cupuaçu (DIAS *et al.* 2010). Apesar da variação obtida ocorrer numa amplitude de 7,35 a 93,97 %, que são referentes às relações N/P e Mn/B, respectivamente, Deus (2016) afirma, no caso da cultura da banana, ser comum os micronutrientes proporcionarem valores mais elevados do CV nas relações duais.

O conhecimento da variabilidade da relação binária na população de referência, é um fator relevante a ser considerado, pois, se a variabilidade for oriunda de resultados obtidos sob condições controladas (ensaios de calibração local), certamente, não representará toda a variabilidade que pode haver nas condições de campo e fará com que os valores de cada função dos índices DRIS sejam estimados de forma inadequada, conduzindo à superestimação e/ou subestimação dos desequilíbrios nutricionais.



Norma = teores e relações binárias da população de referência, os teores de N, P, K, Ca, Mg e S são expressos em g/kg, e Cu, Fe, Zn, Mn e B em mg/kg;  $\bar{y}$  = média de teores e relações duais de nutrientes na folha diagnóstico; s = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Dados extraídos de 24 talhões de coqueiro anão de alta produtividade ( $\geq 300$  frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) denominado de população de referência.

### 4.3 Limitações nutricionais do coqueiro anão

A limitação de cada nutriente numa população amostrada pode se aferida quando comparamos os teores do tecido vegetal com valores padrão de uma população de referência, principalmente se as normas forem específicas da região a ser avaliada, conforme indica Wadt *et al.* (2005). A interpretação é feita pelo IBKW, a partir do coeficiente de variação dos teores absolutos dos nutrientes no tecido vegetal, ou seja, do afastamento desses com a média da população de referência.

Nesse tocante, utilizando o IBKW e considerando o somatório das frequências das classes de deficiência e tendência a deficiência (Tabela 5), o B, Mn e N foram os nutrientes mais limitantes por deficiência, com 55,0%, 42,0% e 23,0 % de ocorrências, respectivamente, enquanto pelo DRIS (Tabela 6), a ordem de limitação por deficiência foi B, N e Mn, com 53,0 %, 36,0 % e 35,0 % de ocorrências, respectivamente.

**Tabela 5.** Frequência de talhões de coqueiro-anão para classes de interpretação dos Índices Balanceados de Kenworthy de 2014 a 2017

IBKW <sup>1</sup>	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Mn	Fe	Cu
	----- Frequência <sup>2</sup> (%) -----										
D	10,0	0	0	2	0	0	0	0	3	1	0
TS	13,0	7	10	14	5	21	55	29	39	23	20
S	29,0	48	47	41	30	40	16	34	25	22	47
A	35,0	32	35	30	38	16	16	20	12	23	22
TE	13,0	12	8	12	20	22	13	8	13	22	7
E	0,0	1	0	1	6	1	0	9	8	8	4
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

<sup>1</sup>IBKW = classes de suficiência para Índice Balanceado de Kenworthy (D = deficiente, IBKW < 50 %; TS = tendência a suficiente, 50 ≤ IBKW < 83 %; S = suficiente, 83 ≤ IBKW < 100 %; A = alto, 100 ≤ IBKW < 117 %; TE = tendência a excessivo, 117 ≤ IBKW < 150 %; E = excessivo, IBKW ≥ 150 %); <sup>2</sup>Frequência = frequência de talhões em percentagem para cada classe, sendo os dados extraídos de uma população de 112 talhões comerciais de coqueiro-anão no período de 2014 a 2017.

Considerando o somatório das frequências das classes com tendência a excessivo e excessivo pelo método IBKW, os nutrientes mais limitantes por excesso foram Fe, Mg e S, com 30,0 %, 26,0 % e 23,0 % de ocorrência, respectivamente (Tabela 5), enquanto pelo DRIS (Tabela 6), a ordem de limitação por excesso foi Mg, Fe e S, com 48,0 %, 39,0 % e 28,0 %, respectivamente. Avaliando o estado nutricional de coqueiro-anão pelo DRIS no estado do

Rio de Janeiro (SANTOS *et al*, 2004; MIRISOLA FILHO,1997) observaram alto teores de magnésio na folha, atribuído ao desbalanço na relação Ca/Mg do solo.

**Tabela 6.** Frequência de talhões de coqueiro-anão para classes de interpretação dos Índices DRIS de 2014 a 2017

DRIS <sup>1</sup>	----- Frequência <sup>2</sup> (%) -----										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Mn	Fe	Cu
D	24	0	3	7	4	4	35	10	17	6	5
TS	12	4	13	15	5	11	18	13	18	12	16
S	25	38	26	39	21	21	20	31	23	20	47
A	24	36	29	22	22	36	18	21	20	23	19
TE	12	16	24	13	8,0	21	9	12	9,0	15	7
E	4	6	4	4	40	7	1	13	13	24	5
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

<sup>1</sup>DRIS = classes de suficiência para Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (D = deficiente, DRIS < -1,33; TS = tendência a suficiente,  $-1,33 \leq \text{DRIS} < -0,66$ ; S = suficiente,  $-0,66 \leq \text{DRIS} < 0$ ; A = Alto,  $0 \leq \text{DRIS} < 0,66$ ; TE = tendência a excessivo,  $0,66 \leq \text{DRIS} < 1,33$ ; E = excessivo, DRIS  $\geq 1,33$ );  
<sup>2</sup>Frequência = frequência de talhões em percentagem para cada classe, sendo os dados extraídos de uma população de 112 talhões comerciais de coqueiro-anão no período de 2014 a 2017.

Com a finalidade de avaliar a resposta à adubação de cada nutriente, submeteram-se os resultados obtidos às classes do Potencial de Resposta à Adubação (PRA), considerando o somatório das frequências das classes “positiva” e “positiva a nula” e o somatório das classes “nula a negativa” e “negativa”. Assim, os nutrientes mais limitantes por deficiência, com elevada resposta à adubação, foram B, N e Mn, com 45,4%, 41,1% e 37,5 %, respectivamente, e os nutrientes mais limitantes por excesso, com baixa resposta à adubação, foram Mg, Fe e S, com 53,5 %, 42,9 % e 30,3 %, respectivamente. As respostas podem ser verificadas na tabela 7, a seguir:

**Tabela 7.** Frequência de talhões de coqueiro-anão para classes do Potencial de Resposta à Adubação 2014 a 2017

PRA <sup>1</sup>	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Mn	Fe	Cu
-----Frequência <sup>2</sup> (%) -----											
P	23,2	0,0	8,9	2,7	4,5	5,4	18,8	8,0	20,5	4,5	3,6
PZ	17,9	7,1	13,4	21,4	7,1	12,5	36,6	17,9	17,0	13,4	16,1
Z	39,3	69,6	52,7	60,7	34,8	51,8	33,9	49,1	38,4	39,3	65,2
NZ	17,0	19,6	21,4	12,5	21,4	23,2	6,3	16,1	9,8	29,5	8,0
N	2,7	3,6	3,6	2,7	32,1	7,1	4,5	8,9	14,3	13,4	7,1
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

<sup>1</sup>PRA = Potencial de Resposta à Adubação (P = positiva; PZ = positiva a nula; Z = nula; NZ = nula a negativa; N = negativa); <sup>2</sup>Frequência = frequência de talhões em porcentagem para cada classe do Potencial de Resposta à Adubação, sendo os dados extraídos de uma população de 112 talhões comerciais de coqueiro-anão, no período de 2014 a 2017.

Esses resultados evidenciam a necessidade de utilização de mais de um método de interpretação dos resultados de análise foliar, para melhorar a precisão na diagnose foliar. Os índices balanceados de Kenworthy corrigem o efeito de variações que ocorrem na população de referência, o DRIS diminui a influência de efeitos de diluição e concentrações nas amostras e o PRA avalia a possibilidade de resposta a adubação, utilizando os índices DRIS e IBKW. Como se sabe, a interpretação de resultados de análise foliar por este método é feita para cada nutriente em particular, já o DRIS avalia o equilíbrio nutricional.

#### 4.4 Balanço e equilíbrio nutricional no coqueiro anão

Os modelos de estimativa do ponto ótimo para o balanço nutricional dos teores de macro e micronutrientes na folha variaram quanto à capacidade preditiva para IBKW e DRIS, observando-se melhores ajustes dos dados as equações para o IBKW (Tabela 8).

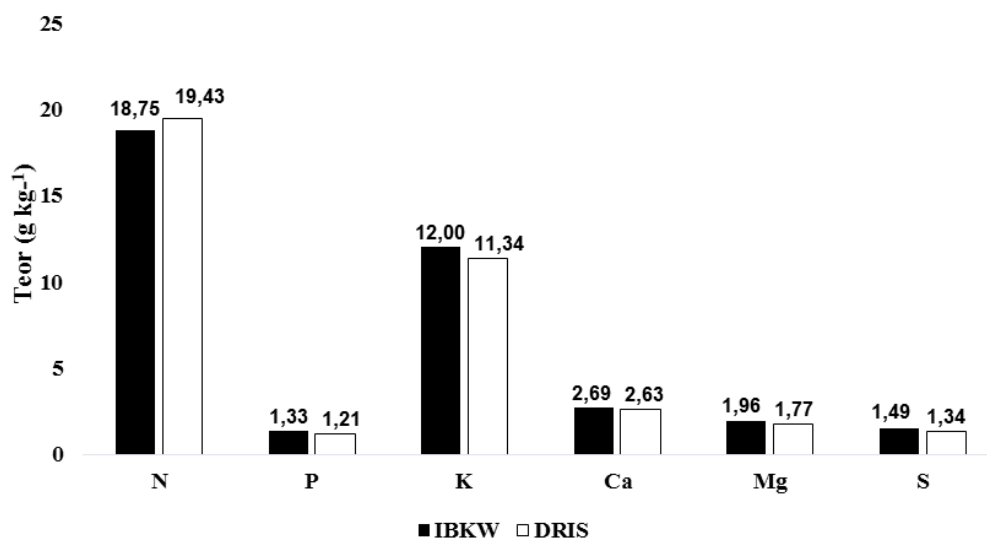


**Tabela 8.** Modelos de predição para macro e micronutrientes na folha em função dos índices balanceados de Kenworthy e índices DRIS para coqueiro-anão no município de Rodelas-BA

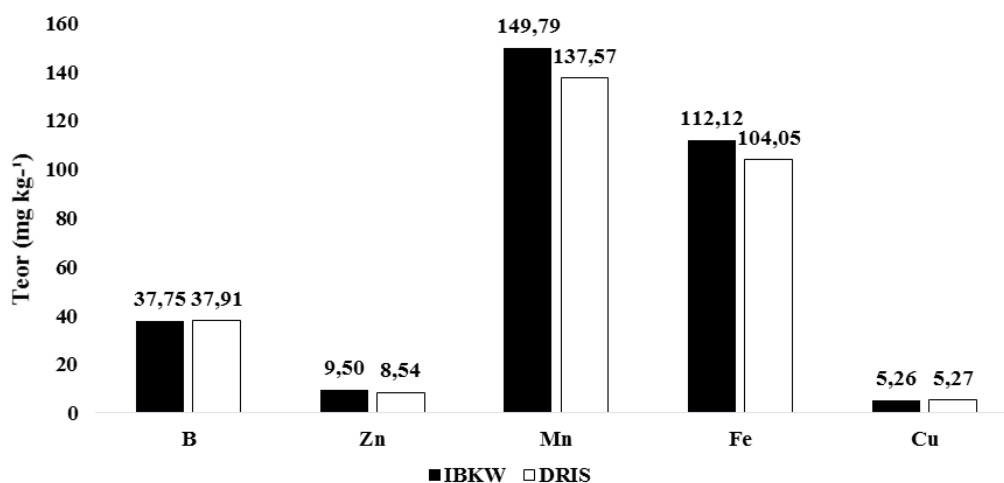
		Modelo	R <sup>2</sup>
N	IBKW	$\hat{y} = 4,2009x + 21,223$	0,99
	DRIS	$\hat{y} = 5,7578\ln(x) - 16,987$	0,93
P	IBKW	$\hat{y} = 64,019x + 14,658$	0,99
	DRIS	$\hat{y} = 1,8282x - 2,2126$	0,33
K	IBKW	$\hat{y} = 7,1149x + 14,632$	0,99
	DRIS	$\hat{y} = 4,3703\ln(x) - 10,611$	0,61
Ca	IBKW	$\hat{y} = 32,017x + 13,776$	0,99
	DRIS	$\hat{y} = 4,4898\ln(x) - 4,3448$	0,70
Mg	IBKW	$\hat{y} = 43,285x + 15,111$	0,99
	DRIS	$\hat{y} = 4,9338\ln(x) - 2,8234$	0,70
S	IBKW	$\hat{y} = 48,266x + 27,991$	0,99
	DRIS	$\hat{y} = 2,6828\ln(x) - 0,7785$	0,72
B	IBKW	$\hat{y} = 1,7072x + 35,561$	0,99
	DRIS	$\hat{y} = 2,4395\ln(x) - 8,8679$	0,85
Zn	IBKW	$\hat{y} = 6,7056x + 36,287$	0,99
	DRIS	$\hat{y} = 2,7713\ln(x) - 5,9434$	0,87
Mn	IBKW	$\hat{y} = 0,4472x + 33,014$	0,99
	DRIS	$\hat{y} = 2,8434\ln(x) - 13,978$	0,94
Fe	IBKW	$\hat{y} = 0,6643x + 25,521$	0,99
	DRIS	$\hat{y} = 4,2851\ln(x) - 19,784$	0,90
Cu	IBKW	$\hat{y} = 13,411x + 29,477$	0,99
	DRIS	$\hat{y} = 0,4468x - 2,3528$	0,66

$\hat{y}$  = Índice do método de diagnose;  $x$  = teor do nutriente em  $\text{g kg}^{-1}$  para macronutrientes e em  $\text{mg kg}^{-1}$  para micronutrientes.

Apesar dessas diferenças, os teores ótimos estimados por ambos modelos para cada nutriente, apresentaram valores similares (Figuras 1 e 2).



**Figura 01.** Teores ótimos para macronutrientes na folha de coqueiro anão obtidos pelo IBKW e DRIS.



**Figura 02.** Teores ótimos para micronutrientes na folha de coqueiro anão obtidos pelo IBKW e DRIS.

Para todos os nutrientes foi observado um padrão dos teores ótimos estimados por meio do índice DRIS quando comparados ao ponto ótimo dos IBKW, sendo o valor desses teores levemente inferiores, em alguns nutrientes, ao estimado pelo IBKW (Figuras 1 e 2).

Dessa forma, tem-se um intervalo nos teores ótimos foliares quanto ao balanço (IBKW) e equilíbrio nutricional (DRIS), respectivamente, sendo para os macronutrientes: 18,8 e 19,4; 1,2 e 1,3; 11,3 e 12,0; 2,6 e 2,7; 1,8 e 2,0 e 1,3 e 1,5 g kg<sup>-1</sup> para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e para os micronutrientes: 37,8 e 37,9; 8,5 e 9,5; 137,6 e 149,8; 104,1 e 112,1 e 5,3 e 5,3 mg kg<sup>-1</sup> para B; Zn; Mn; Fe e Cu, respectivamente.

Os teores ótimos de N e P obtidos por meio do IBKW e do DRIS, encontram-se dentro das faixas de suficiência estabelecidas por Holanda *et al* (2007) para coqueiro anão, enquanto os de K, Ca, Mg, B, Zn, Fe, Mn e Cu encontram-se fora, porém próximo à faixa, com exceção do Mn. Para enxofre, Holanda *et al.* (2007) não cita valor de referência, entretanto o mesmo autor, no ano de 2004, estabeleceu que o nível crítico para S é de 1,5 g kg<sup>-1</sup> em coqueiro anão, valor aproximado à faixa estipulada pelo presente trabalho.

Observou-se que houve uma tendência de aumento do teor de Mn na folha do coqueiro com o incremento nas doses de N no solo na forma de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), fato esse atribuído a acidificação da rizosfera após a reação de nitrificação do amônio no solo, favorecendo a absorção de Mn pela planta. O pH médio do solo dos talhões de coqueiro anão do presente estudo, apresentam caráter ácido, favorecendo a absorção de micronutrientes metálicos como o Mn.

## **5 CONCLUSÕES**

1. Estabeleceu-se os teores adequados de nutrientes para a diagnose nutricional do coqueiro anão no vale do São Francisco;
2. Boro, nitrogênio, manganês e zinco são os mais limitantes por deficiência, enquanto, magnésio e fósforo são os mais limitantes por excesso;
3. Os nutrientes com maior probabilidade de resposta positiva à adubação no coqueiro anão no vale do São Francisco foram: boro, manganês e nitrogênio.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. I. B., DEUS, J. A. L., CORRÊA, M. C. M., CRISÓSTOMO, L. A., NEVES, J. C. L., 2016. Linha de fronteira e chance matemática na determinação do estado nutricional de pitaia. **Revista Ciência Agronômica**, 47(4), 744-754.

ALVAREZ, V., V. H., LEITE, R. A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculos dos índices DRIS. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1999, Vol. 24(1), p. 20-25.

ANJANEYULU, K.; RAGHUPATHI, H. B. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in rose grown under open and protected conditions using compositional nutrient diagnosis and principal component analysis. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 80, n. 12, p. 1068-1061, 2010.

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. Bloemfontein: University of Natal, 1973. 132 p.

BLANCO-MACÍAS, F., MAGALLANES-QUINTANAR, R., VALDEZ-CEPEDA, R. D., VÁZQUEZ-ALVARADO, R., OLIVARES-SÁENZ, E., GUTIÉRREZ-ORNELAS, E., VIDALES-CONTRERAS, J. A., MURILLO-AMADOR, B., 2010. Nutritional reference values for *Opuntia ficus indica* determined by means of the boundary-line approach. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 173(6), 927–934.  
doi:10.1002/jpln.200900147

CASTRO, C. P. **Comportamento de cultivares de coqueiro anão (*cocos nucifera* L.) nos tabuleiros costeiros do norte de Sergipe**. Dissertação mestrado. (Pós-Graduação em Recursos Naturais- Universidade Federal de Sergipe) Mestre em Agroecossistemas. São Cristóvão, Sergipe, p. 74, 2007

CHILD, R. **Coconuts**. London: Longman, 1964.

CINTRA, F. L. D. **A cultura do coqueiro, Embrapa Tabuleiros Costeiros**, versão eletrônica, 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>> acesso em: 25/09/2018.

COCONUT STATISTICAL YEAR BOOK, Jakarta: APCC, 2016. Annual. ISSN 0855-235X.

COSTA, R.S.C DA; NASCENTE, A.S.; RIBEIRO, G.D., FERREIRA, M.DAS.G.R. (2005). **Cultivo do Coqueiro em Rondônia**. Ed. Téc. NASCENTE, A.S. EMBRAPA Rondônia. Versão Eletrônica: ISSN 1807-1805. Porto Velho, Rondônia.

DEUS, J. A. L. de. **Demanda, participação de nutrientes e recomendação de adubação para bananeira com base em análise de solo, diagnose foliar e produtividade**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2016. (Tese de doutorado).

DIAS, J. R. M., PEREZ, D. V., SILVA, L. M., LEMOS, C. O., WADT, P. G. S., 2010. **Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45(1), 64-71.

FOALES, M., HARRIES, H. (2009) Farm and forestry production and marketing profile for coconut (*Cocos nucifera*). In: Elevitch, C. R. (Ed.). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry**, Holualoa, Hawaii: Permanent Agriculture Resources (PAR). Disponível em: <<http://agroforestry.net/scps>>. Acesso em: set/2018.

FONTENELE, R. E. S. (2005) Cultura do Coco no Brasil: Caracterização do Mercado Atual e Perspectivas Futuras. In: **XLIII congresso da SOBER**, Ribeirão Preto. Instituições, eficiência, gestão e contratos no sistema agroindustrial: *Anais*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, p. 1-20.

FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. **Situação atual e perspectivas para a cultura do coqueiro no Brasil**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 16 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. (Documentos, 94)

FRÉMOND, Y.; ZILLER, R. e NUCÉ DE LAMOTHE, M. de. (1966) The coconut palm. Berna: Instituto Internacional do Potássio, 222p. (1975) Ecologia. In: Frémond, Y.; Ziller, R.; Nucé de Lamothe, M. **El cocotero: técnicas agrícolas y producciones tropicales**. Barcelona: Editorial Blume. p. 51-64.

HOLANDA, J. S.; FERREIRA NETO, M.; SILVA, R. A.; CHAGAS, M. C. M.; SOBRAL, L. F.; GHEY, H. R. **Tecnologias para a produção intensiva de coco anão verde**. Natal: EMPARN, 2007. 40 p. (Boletim da Pesquisa, n. 34).

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613ez=peo=26ei=P>> Acesso em: ago. 2018.

JONES, C. A., 1981. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 12(8), 785–794.

KENWORTHY, A. L., 1961. Interpreting the balance of nutrient-elements in leaves of fruit trees. In: Reuther, W. (Ed.), Plant analysis and fertilizers problems. **American Institute of Biological Science**, Washington, pp. 28-43.

KENWORTHY, A.L. Plant analysis and interpretation of analysis for horticulture crops. In: **Soil Science of American**. Soil testing; plant analysis. Plant analysis part II. Madison, 1967.p.59-75. (SSSA Special publication, 2).

KURIHARA, C. H.; MAEDA S.; ALVAREZ V., V. H. Interpretação de resultados de análise foliar. **Documentos nº 74**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Colombo: Embrapa Floresta, 2005. 42 p.

KURIHARA, C.H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 101p. (Tese de Doutorado).

LANA, R.M.Q.; OLIVEIRA, S.A; LANA, Â.M.Q.; FARIA, M.V. Levantamento do estado nutricional de plantas de Coffe arábica L. pelo DRIS, na região do Alto Paranaíba – Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1147-1156, 2010.

- MAGALLANES-QUINTANAR, R. *et al.* Compositional Nutrient Diagnosis in Nopal (*Opuntia ficus indica*). **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 6, n. 1 p. 78-89, 2004.
- MAGAT, S. S. Fertilizer recommendations for coconut based on soil and leaf analyses. **Philippine Journal of Coconut Studies**, v.16, n.2, p. 25-29, 1991.
- MARTINS, C. R.; JESUS JUNIOR, L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 28 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 164).
- MIRISOLA FILHO, L. A. **Avaliação do estado nutricional do coqueiro-anão (*Cocos nucifera* L.) na região Norte Fluminense**. 1997. 57f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 1997.
- MUNSON, R.D.; NELSON W. L. Principles and practices in plant analysis. In: WALSH, L. M; BEATON, J. D. Soil testing and plant analysis. Madison, **Soil Sci. Amer. Soc.**, 1973. p. 223-48.
- NACHTIGALL, G. R., DECHEN, A. R., 2007. DRIS norms for evaluating the nutritional state of apple tree. **Scientia Agricola**, 64(3), 282-287.
- OHLER, J. G. **Modern coconut management: palm cultivations and products**. London:FAO, 1999. 458 p.
- OUVRIER, M. Exportation par la récolte du cocotier en fonction de la fumure potassique et magnésienne. **Oléagineux**, 1984. N° 39: 263-271.
- PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 321-334, 2011.
- PASSOS, E. E. M. **Ecofisiologia do coqueiro**. In: FERREIRA, J.M S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. (Eds.). A cultura do coqueiro no Brasil. 2. ed. Aracaju: Embrapa-SPI, p. 65-72, 1998.
- PASSOS, E. E. M.; SILVA, J. V. **Détermination de l'état hydrique du cocotier par le méthode dentrométrique**. *Oléagineux*, Montpellier, v.46, p.233-237, 1991.
- PINHO L.G. da R. **Controle da mancha anelar dos frutos de coqueiro-anão verde no nordeste do Estado do Rio de Janeiro: efeitos de aplicação de ácido bórico**. 2004, 44f. Dissertação de (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes.
- PINHO L.G. da R. **Deficiências e formas de aplicação de boro em coqueiro-anão verde**. 2008. 128f. – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes.
- RIBEIRO, G, MONNERAT, P. H., CAMPANHARO, M. RABELLO, W. S. **Adubação potássica aplicada na axila foliar e no solo em coqueiro anão verde**. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 63, n.1, p. 068-075, jan/fev, 2016.

SALDANHA, E. C. M., SILVA JÚNIOR, M. L., OKUMURA, R. S., WADT, P. G. S., 2015. Normas DRIS para a cultura do coqueiro híbrido no estado do Pará. **Revista Caatinga**, 28(4), 99-109.

SANTOS, A. L.; MONNERAT, P. H.; CARVALO, A. J. C. Estabelecimento de normas DRIS para o diagnóstico nutricional do coqueiro-anão verde na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 330-334, 2004.

SERRA, A. P. *et al.* Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos CHM, CND e DRIS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 105-113, 2010.

SILVA, D. J.; FARIA, C. M. B. de. **Amostragem foliar de coqueiro e distribuição de fertilizantes**. Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido nº 47. ISSN 1415-5095.

SILVA, G. G. C.; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ, V. H.; LEITE, F. P. **Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, nº 29: 755-761, 2005.

SIQUEIRA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. **A introdução do coqueiro no Brasil**: importância histórica e agrônômica. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 24 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 47). Disponível em: Acesso em: 18 julho 2018.

SOBRAL, L. F. *et al.* Coqueiro anão verde. In: **Adubando para alta produtividade e qualidade**: fruteiras tropicais do Brasil /organizadores, Lindbergue Araújo Crisóstomo, Alexey Naumov; tradução Lindbergue Araújo Crisóstomo. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. p. 89-103.

SOBRAL, L.F. Nutrição e adubação de coqueiro. In: FERREIRA, J.M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2.ed. Aracaju: Embrapa CPATC, 1998.p.129-157.

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**, 32: 1675 – 1682, 2008.

SOBRAL, L.F; Nutrição e adubação. In: FONTES, H.R; RIBEIRO, F.E; FRENANDES, M.F. **Coco produção**: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa – SPI; Aracaju: Embrapa – CTATC, Cap. 8, p. 44-52. 2003.

UEXKULL, H.R. von. 1972. **Response of coconuts to (potassium) chloride in the Philippines**. *Oléagineux*2:13-19.

WADT, P.G.S.; DIAS, J.R.M.; PEREZ, D.V.; LEMOS, C. de O. Interpretação de índices DRIS para a cultura do cupuaçu. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.125-135, 2012

WADT, P.G.S. **Análise foliar como ferramenta para a recomendação de adubação.** XXXIIC Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2009. 50 p.

WADT, P. G. S. **Os métodos da Chance Matemática e do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 99p. (Tese de doutorado).

WALSH, L.M.; BEATON, J.D. Soil testing and plant analysis. **Soil Science Society American**, Madison, WI, 1973.