

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JAMISON MOURA DOS SANTOS

DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DO COQUEIRO ANÃO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO UTILIZANDO A METODOLOGIA CND

CURITIBA

2020

JAMISON MOURA DOS SANTOS

DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DO COQUEIRO ANÃO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO UTILIZANDO A METODOLOGIA CND

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Setor de Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Eduardo Rozane

Co-Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

CURITIBA

2020

RESUMO

O coqueiro, *Cocos Nucifera* L. (família Arecaceae), é considerado uma das espécies perenes de maior relevância no mundo. A cultura ocorre predominantemente em regiões de clima tropicais, sendo o nordeste brasileiro a principal região produtora do Brasil. Devido ao reduzido número de informações disponíveis na literatura sobre a diagnose do estado nutricional do coqueiro, o desenvolvimento de ferramentas e pesquisas são fundamentais para um manejo nutricional adequado para a cultura. A “Diagnose da Composição Nutricional” ou CND (Compositional Nutrients Diagnosis) constitui-se como uma importante ferramenta para a análise de dados composicionais, utilizando a transformação da razão log centralizada para analisar dados composicionais, como os teores de nutrientes, baseando-se nas relações entre o teor de um nutriente na folha e a média geométrica dos teores dos demais componentes da matéria seca (relações multivariadas), incluindo os teores não determinados analiticamente para fins de expressão do equilíbrio. O objetivo desse trabalho foi avaliar o estado nutricional do coqueiro anão verde irrigado, utilizando a metodologia CND (Composição da Diagnose Nutricional) visando estabelecer valores de referência (normas), hierarquizar as limitações nutricionais e definir dos teores adequados de nutrientes na folha índice para a região do Vale do São Francisco. Foram avaliados 100 talhões comerciais na região do Vale do São Francisco, no município de Rodelas, no estado da Bahia. Pelo uso da distância de Mahalanobis (D^2), foram removidos 34 dados aberrantes (outliers), o que reduziu o banco de dados para 66 talhões. Cálcio, Boro e Cobre são os nutrientes com maior limitação por deficiência, enquanto, Magnésio, Enxofre e Fósforo são nutrientes mais limitantes por excesso, em áreas de baixas produtividade; As faixas de suficiência calculadas pelo CND para a cultura do coqueiro anão irrigado no vale do São Francisco, foram: em g kg⁻¹: N = 20,0 – 21,8, P = 1,3 – 1,4, K = 11,7 – 12,9, Ca = 2,6 – 2,9, Mg = 2,0 – 2,2, S = 1,4 – 1,7, e em mg kg⁻¹: B = 35,2 – 44,0, Zn = 9,3 – 12,0, Mn = 142,8 – 194,1, Fe = 106,5 – 126,0 e Cu = 5,3 – 6,2.

PALAVRAS-CHAVE: *Cocos Nucifera*, Composição Nutricional, Nutrição, Coco, Adubação

ABSTRACT

The coconut tree, *Cocos Nucifera* L. (family Arecaceae), is considered one of the most relevant perennial species in the world. The culture occurs predominantly in tropical regions, with the Northeast of Brazil being the main producing region in Brazil. Due to the small amount of information available in the literature on the diagnosis of the coconut tree's nutritional status, the development of tools and research are fundamental for an adequate nutritional management for the crop. The “Nutritional Composition Diagnosis” or CND (Compositional Nutrients Diagnosis) is an important tool for the analysis of compositional data, using the transformation of the centralized log ratio to analyze compositional data, such as nutrient content, based on relationships between the content of a nutrient in the leaf and the geometric mean of the contents of the other components of the dry matter (multivariate relations), including the levels not analytically determined for the purpose of expression. The objective of this work was to evaluate the nutritional status of the irrigated green dwarf coconut tree, using the CND (Nutritional Diagnosis Composition) methodology to establish reference values (norms), prioritize nutritional limitations and define adequate nutrient levels in the index sheet for the San Francisco Valley region. 100 commercial plots were evaluated in the San Francisco Valley region, in the municipality of Rodelas, in the state of Bahia. Using the Mahalanobis distance (D^2) 34 outliers were removed, which reduced the database to 66 plots. Calcium, Boron and Copper are the nutrients with the greatest limitation for deficiency, while Magnesium, Sulfur and Phosphorus are the most limiting nutrients for excess, in low-yield areas; The sufficiency ranges calculated by the CND for the culture of dwarf coconut palm irrigated in the San Francisco valley, were: in g kg⁻¹: N = 20.0 - 21.8, P = 1.3 - 1.4, K = 11.7 - 12.9, Ca = 2.6 - 2.9, Mg = 2.0 - 2.2, S = 1.4 - 1.7, and in mg kg⁻¹: B = 35.2 - 44.0, Zn = 9.3 - 12.0, Mn = 142.8 - 194.1, Fe = 106.5 - 126.0 and Cu = 5.3 - 6.2.

KEYWORDS: *Cocos nucifera*, Nutritional Composition, Nutrition, Coconut, Fertilization

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	8
1.1 ASPECTOS GERAIS E NUTRIÇÃO DA CULTURA DO COQUEIRO	8
1.2. AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL	9
1.3 OBJETIVO DO TRABALHO	12
2. MATERIAIS E MÉTODOS	13
2.1 LOCAL DE ESTUDO	13
2.2 BANCO DE DADOS	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1. TRATAMENTO DOS DADOS PELA NORMA CND	17
3.3. FAIXAS NORMAIS PELO MÉTODO CND	23
3.4. ORDEM DE LIMITAÇÃO NUTRICIONAL DA POPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE	25
4. CONCLUSÃO	26
5. REFERÊNCIAS	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Filotaxia da cultura do coqueiro. 10

Figura 2. Ponto de inflexão obtido na relação entre produtividade e função cumulativa do banco de dados de coqueiro anão. 20

Figura 3. Índice de equilíbrio nutricional ($CND-r^2$) e a distância de Mahalanobis (D^2) na população de alta produtividade ($n=36$). 22

Figura 4. Ordem de limitação nutricional de nutrientes da população de baixa produtividade pelo índice CND, em amostras foliares de coqueiro anão. 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios das características químicas das análises de solo dos talhões amostrados nas áreas de estudo no período de 2014 a 2017	14
Tabela 2. Matriz de coeficiente de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes e a produtividade em coqueiro anão verde (n=66)	18
Tabela 3. Matriz de coeficiente de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes para alta produtividade, em coqueiro anão verde (n=30).	19
Tabela 4. Matriz de coeficiente de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes para baixa produtividade, em coqueiro anão verde (n=36).	20
Tabela 5. Média e desvio-padrão das variáveis multinutrientes e média geométrica dos constituintes da massa seca (G), em amostras foliares de coqueiro anão verde na população de alta produtividades (população de referência).	21
Tabela 6. Estatística descritiva da produtividade e dos teores de nutrientes médios, mínimo, máximo e desvio padrão das populações de alta e baixa produtividade do coqueiro anão verde no município de Rodelas no período de 2014 a 2017.....	22
Tabela 7. Modelos de predição para macro e micronutrientes na folha em função índices CND para coqueiro-anão no município de Rodelas-BA.....	24
Tabela 8. Teores foliares, níveis críticos e faixas de suficiência propostos para coqueiro. .	24

1. INTRODUÇÃO

1.1 ASPECTOS GERAIS E NUTRIÇÃO DA CULTURA DO COQUEIRO

O coqueiro, *Cocos Nucifera* L. (família Arecaceae), é considerado 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 (raízes, inflorescências, estipes, folhas e palmito), originando mais de 100 produtos e subprodutos de valor econômico significativo, além de ser considerado uma planta ornamental, compondo a paisagem de diversos espaços públicos e privados (COSTA et al., 2005)

Por apresentar uma ampla distribuição geográfica, existem divergências acerca da origem biogeográfica do coqueiro, 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, inclusive em regiões localizadas entre as latitudes 23°N e 23°S (FOALES; HARRIES, 2009).

O coqueiro se adapta a condições de solos leves e bem drenados, mas que admitam bom suprimento de água para às plantas. Essa palmeira 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).

Sendo considerado muito exigente em nutrientes, a cultura do coqueiro apresenta elevada extração de nutrientes 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 (2009), considerando-se a produtividade de 200 frutos⁻¹planta⁻¹ano⁻¹, em kg.ha⁻¹: 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 FERREIRA et al, (2018), os estados nutricional e hídrico da planta exercem forte influência sobre o número de flores femininas, segundo 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.

Vale ressaltar que atualmente, com o incremento do uso de tecnologias aplicadas a cultura do coqueiro, a produtividade aumentou bastante, chegando a ultrapassar os 350 frutos⁻¹planta⁻¹ ano⁻¹. Desse modo, será fundamental uma atualização dos parâmetros técnicos relacionados à nutrição das plantas e ao manejo fitotécnico da cultura.

1.2. AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL

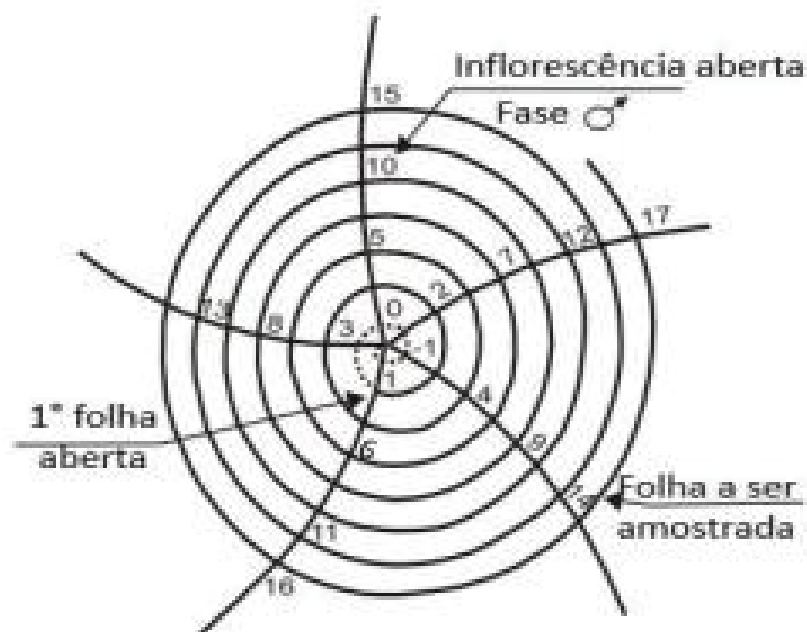
A análise foliar, em associação com análise de solo, constituem importantes subsídios não somente para a diagnose nutricional, como também colaborando na construção de ferramentas de manejo as quais auxiliam na tomada de decisão e melhoram a produtividade da

cultura. A análise foliar é uma análise quantitativa do total de nutrientes do tecido vegetal, baseada no princípio de que a quantidade de um nutriente nas partes diagnósticas da planta está diretamente relacionada ao status desse nutriente no solo (KHAN, 2018), uma medida integrativa entre o solo, a planta e o ambiente.

Para a obtenção de altas produtividades, a análise de tecido vegetal é uma ferramenta utilizada 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 (Natale et al., 2018). Diante disso, a avaliação do estado nutricional das culturas é um importante aliado para maximizar a produtividade, otimizar o uso de fertilizantes e minimizar os custos de produção (Ramos-Miras et al., 2011).

Na cultura do coqueiro, a folha diagnóstica é a folha de nº 14, sendo considerada a que melhor expressa o estado nutricional da planta (Frémond, 1966). Do ponto de vista prático, a folha nº 14 situa-se abaixo da folha nº 09 cuja inflorescência está prestes a abrir e localiza-se do lado oposto da inflorescência recém-aberta (folha nº 10), conforme a figura 1.

Figura 1. Filotaxia da cultura do coqueiro.



Adaptado: Ferreira, J. A., 2018.

Com a análise foliar é possível avaliar excessos e carências de cada nutriente na planta em determinado estágio fenológico e, a partir daí, proceder com a interpretação. Em geral,

diversos métodos podem ser utilizados para a interpretação da análise foliar, dentre eles o nível crítico (NC) e faixa de suficiência (FS), compondo uma abordagem univariada, o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), abordagem bivariada, e a composição da diagnose nutricional (CND) se baseia na abordagem multivariada.

Proposto por Parent e Dafir (1992), o método CND utiliza a transformação log centralizada, na inferência da análise do tecido vegetal, baseando-se nas relações entre o teor de um nutriente e a média geométrica dos teores dos demais componentes da matéria seca, inclusive aqueles não determinados analiticamente – compondo as relações multivariadas e sendo utilizados como forma de expressão do equilíbrio (PARENT e DAFIR, 1992; EGOZCUE e PAWLOWSKY-GLAHN, 2005).

Atualmente o método CND tem evoluído como um sistema de avaliação do estado nutricional das plantas. Seu uso tem se mostrado um método útil em um grande número de culturas com objetivos de estabelecer padrões de referências (normas CND) e avaliação do estado nutricional das culturas, como no morangueiro (ROCHA, 2018), atemonia (SANTOS, 2016), uva (ROZANE et al., 2015), manga (ROZANE et al.,2013b), entre outras. No entanto, apesar da importância econômica da cultura do coqueiro para o nordeste brasileiro, esta ferramenta ainda não está disponível para ser utilizada como método de avaliação do estado nutricional da cultura.

OBJETIVO DO TRABALHO

Objetivo Geral

Avaliar o estado nutricional do coqueiro anão verde irrigado, utilizando a metodologia CND (Composição da Diagnose Nutricional) visando estabelecer valores de referência (normas), hierarquizar as limitações nutricionais e definir as faixas de teores adequados de nutrientes na folha diagnóstica para a região do Vale do São Francisco.

Objetivos Específicos

- a. Definição das normas CND para a cultura do coqueiro anão;
- b. Definição dos teores adequados e faixas de suficiência associados às altas produtividades;
- c. Definir os nutrientes mais limitantes para a cultura do coqueiro no Vale do São Francisco.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Rodelas, na região 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.

2.2 BANCO DE DADOS

Para compor o banco de dados, as avaliações foram realizadas entre o período de 2014 a 2017 em um total de 100 talhões comerciais de coqueiro, variedade anão, com idade de seis a oito anos, irrigado por microaspersão, sendo a produtividade determinada pelo volume total produzido de cocos comercializáveis no período de 12 meses. Em cada talhão comercial de no máximo 10 hectares, foram escolhidas 25 plantas aleatórias para coleta das folhas diagnósticas, a fim de compor o banco de dados. A folha diagnóstica amostrada foi a folha nº 14, conforme indicada por Sobral et al. (2009). Assim, foram coletados seis folíolos da parte central da folha índice, sendo três de cada lado da folha, retirando os 10 cm da parte central. Os folíolos (limbo+nervura central) coletados foram acondicionados em sacos de papel e enviados ao laboratório para as determinações de nutrientes, como indicado por Silva (2009).

Os solos dos talhões amostrados são classificados como Neossolos Quartzarênicos (Embrapa, 2013), 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. Os valores médios das características químicas das análises de solo, analisados segundo Silva (2009), 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.	pH	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	SB
cm	H ₂ O	----- cmolc dm ⁻³ -----						
0-20	5,4	0,3	1,55	0,87	0,09	1,92	0,02	2,74
20-40	5,2	0,32	1,37	0,77	0,11	1,63	0,03	2,49
T	V	P (Mehlich-1)	B	Cu	Fe	Mn	Zn	MO
cmolc dm ⁻³	%	----- mg dm ⁻³ -----						g dm ⁻³
4,66	59	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.

Os cálculos do CND seguiram as metodologias descritas por Parent e Dafir (1992) as quais se apresentam como uma das mais recentes técnicas de avaliação do estado nutricional das plantas. Para verificação de dados excepcionais (outliers) na avaliação do banco de dados, utilizou-se a distância de Mahalanobis (D^2), descrita por Parent et al. (2009).

Como indicado por Parent e Dafir (1992), a composição do tecido vegetal forma um arranjo dimensional de nutrientes (d), representado por d+1 proporções de nutrientes, isto é, um simplex (conjunto de teores nutricionais e o respectivo complemento a 100%, representado por Sd, onde é incluído nutrientes d e um valor de enchimento definido conforme a equação 1:

$$S^d = \left\{ \begin{array}{l} N > 0; P > 0; K > 0; Ca > 0, [...]; \\ N + P + K + Ca + [...] + R = 100 \end{array} \right\} \quad (1)$$

O número 100 representa o valor total de matéria seca (%); N, P, K, [...] (Xi) são as proporções de nutrientes (%) e Rd é o valor de enchimento as proporções de nutrientes para a obtenção de 100%, sendo calculado da seguinte forma (KHIARI et al., 2001; PARENT et al., 2009):

$$Rd = 100 - \sum_{i=1}^d X_i \quad (2)$$

As proporções de nutrientes tornam-se invariante de escala depois de serem divididos pela média geométrica (G) do d+1 componentes, incluindo Rd (AITCHISON, 1986; PARENT et al., 2009) como segue:

$$G = (\prod_{i=1}^d X_i)^{\frac{1}{(d+1)}} = (N \times P \times K \times [...] \times Rd)^{\frac{1}{(d+1)}} \quad (3)$$

As equações logarítmicas (ln), ou razões log centradas (clr) são estabelecidas conforme a equação 4:

$$V_N = \ln \frac{N}{G}, V_P = \ln \frac{P}{G}, V_K = \ln \frac{K}{G}, [...], V_{Rd} = \ln \frac{Rd}{G} \quad (4)$$

A somatória dos valores de ln dos nutrientes, incluindo para o Rd, deve satisfazer a seguinte equação:

$$V_N + V_P + V_K + V_{Ca} + V_{Mg} + [...] + V_{Rd} = 0 \quad (5)$$

As variáveis multinutrientes (Vnutriente) consistiram do logaritmo neperiano (ln) do quociente entre a concentração de cada nutriente (mg kg⁻¹) e a média geométrica das concentrações dos constituintes da massa da matéria seca (G). Por definição (KHIARI et al., 2001), a soma dos componentes do tecido é 100% (Equação 1), e a soma da razão logarítmica, incluindo o valor de enchimento deve ser zero. Os índices CND são calculados pela diferença entre as variáveis multinutrientes das amostras avaliadas (Vnutriente) e na média da população de referência ($\bar{V}$ nutriente), dividido pelo desvio-padrão (σ nutriente) desta variável na população de referência:

$$I_N = \frac{(V_N - \bar{V}_N)}{\sigma_N}; I_P = \frac{(V_P - \bar{V}_P)}{\sigma_P}; I_K = \frac{(V_K - \bar{V}_K)}{\sigma_K}; [...]; I_{Rd} = \frac{(V_{Rd} - \bar{V}_{Rd})}{\sigma_{Rd}} \quad (6)$$

Os valores de IN, IP, IK, [...], IRd são índices de balanço para determinar o CND. A aditividade ou a independência entre os dados compositivos é verificada usando uma

transformação logarítmica da razão computada (AITCHISON, 1986). Os índices CND são normalizados e as variáveis tornadas lineares como dimensões de um círculo ($d + 1 = 2$), uma esfera ($d + 1 = 3$), ou uma hiperesfera ($d + 1 > 3$) em um espaço tridimensional. Os índices de balanço dos nutrientes para determinar o índice geral de equilíbrio de uma amostra diagnosticada é o CND- r^2 , que é calculado conforme:

$$CND - r^2 = I^2_N + I^2_P + I^2_K + [...] + I^2_{Rd} \quad (7)$$

Cada amostra caracteriza-se por seu raio, r , calculado a partir dos índices de nutrientes CND. A soma de um quadrado independente $d+1$ com variáveis normais produzem uma nova variável com uma distribuição qui-quadrado (χ^2) com $d+1$ graus de liberdade (ROSS, 1987). Os índices de CND são independentes, e o valor de CND- r^2 deve ter a distribuição o qui-quadrado (χ^2).

A Distância de Mahalanobis (D^2) é calculada pela equação 8. COV- é a matriz de covariância inversa dos valores de clr para todos os nutrientes, e T é a indicação de que a matriz deve ser transposta (Parent, 2011). O teste de χ^2 foi calculado com base na distância D^2 , sendo excluídas as amostras cujo valor foi inferior a 1% ($p < 0,05$).

$$D^2 = \sum (clr_i - \bar{clr}_i)^T COV^{-1} (clr_i - \bar{clr}_i) \quad (8)$$

A análise multivariada utilizada nos cálculos proposto por Parent e Dafir (1992), é necessário para que a distância de Mahalanobis elimine os dados considerados anormais, ou seja, dados que gerem uma inconstância nos resultados. Logo, quanto maior a distância (D^2), maior é o desequilíbrio nutricional (CND- r^2) (ROZANE et al, 2013). A distância de Mahalanobis, que indica os casos anômalos em conjuntos de dados de composição, possuem uma distribuição de χ^2 . Segundo Parent et al. (2009), o CND oferece um índice de desequilíbrio de nutrientes de plantas (CND- r^2), considerando uma distribuição χ^2 . Para contribuir com o processo foi empregado o teste F.

Organizando a produtividade do conjunto amostral de maneira decrescente, foi estabelecida a função cúbica pela relação entre a produtividade (frutos planta-1 ano-1) do conjunto amostral e a variância acumulada (função cumulativa) dos valores de D^2 , em que a determinação da derivada segunda (ponto de inflexão) permitiu separar as subpopulações de baixa e alta produtividade (KHIARI et al., 2001b).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os 100 talhões comerciais de coqueiro, variedade anão, com idade de seis a oito anos, em sistema irrigado, observou-se que o banco de dados composto pela produtividade e teores foliares, apresentaram variações de produtividade entre 445 e 178 frutos⁻¹planta⁻¹ ano⁻¹, com média de 277 frutos⁻¹planta⁻¹ ano⁻¹, e desvio padrão de 57,1 frutos⁻¹planta⁻¹ ano⁻¹.

Previamente a elaboração das normas CND, realizou-se a distribuição gaussiana dos dados dos 100 talhões comerciais e, observou-se para a variável produtividade (frutos⁻¹planta⁻¹ ano⁻¹) a anormalidade pelo teste de Shapiro Wilk com valor de $W = 0,96119$ e $p = 0,01$.

3.1. TRATAMENTO DOS DADOS PELA NORMA CND

Submetendo os dados dos 100 talhões à distância de Mahalanobis (Parent et al., 2009), observou-se que havia 34 dados aberrantes (outliers), os quais foram eliminados. Desse modo, a distribuição normal dos 66 talhões, apresentou para a variável produtividade (frutos⁻¹planta⁻¹ ano⁻¹) melhor ajuste à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, com $W = 0,95691$ e $p = 0,02$, constando a distribuição normal após a exclusão dos outliers.

Na exploração inicial do banco de dados a fim de verificar a existência de correlações significativas entre pares de variáveis, ou seja, relação linear, aplicou-se a matriz de correlação de Pearson (Tabela 2), além do coeficiente de determinação entre os teores de nutrientes e produtividade do coqueiro anão.

Tabela 2. Matriz de coeficiente de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes e a produtividade (Prod) em coqueiro anão verde (n=66).

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn	Prod
N		0,02	0,58**	-0,34**	0,00	0,26*	0,00	-0,34**	0,29*	-0,36**	-0,28*	-0,01
P			-0,29*	0,35**	-0,02	-0,14	0,37**	0,46**	-0,16	0,51**	0,24*	-0,04
K				-0,50**	-0,20	0,30*	-0,16	-0,47**	0,48**	-0,58**	-0,52**	-0,09
Ca					0,11	-0,20	0,45**	0,45**	-0,07	0,57**	0,36**	0,14
Mg						-0,03	-0,38**	-0,37**	-0,29	-0,04	-0,06	-0,30*
S							0,07	0,02	0,23	-0,22*	-0,23*	-0,14
B								0,45**	0,29	0,36**	0,26*	0,27*
Cu									-0,22	0,67**	0,47**	0,29*
Mn										-0,36**	-0,39**	-0,03
Fe											0,49**	0,14
Zn												0,10

, **, *, não significativo (ns), significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ pelo teste de significância, respectivamente.

Com o intuito de apresentar uma classificação para a interpretação do coeficiente de correlação linear de Pearson, Dencey e Reidy (2006) definem como: (0,10 – 0,30) uma correlação fraca; (0,40 -0,60) correlação moderada e (0,70 – 1,0) como sendo forte. Desse modo observamos que não houve forte correlação entre nenhuma das variáveis e a produtividade, como também entre as variáveis (Tabela 2). Entretanto, das 37 correlações significativas, 13 delas tiveram correlação moderada, sendo Cu-Fe(0,67), N-K e Fe-K (0,58), e Fe-Ca(0,57) as quais apresentaram maiores valores positivos com moderada correlação linear, de tal modo que, à medida que o teor do nutriente se altera, o outro se altera na mesma proporção.

A metodologia de Khiari et al. (2001a) foi empregada para realizar a divisão da população amostrada (Figura 1) e obter as subpopulações de alta e baixa produtividades. Desse modo, a diagnose da composição nutricional dos 66 talhões comerciais de coqueiro anão apresentou função cumulativa com ponto médio de inflexão em $277 \text{ frutos}^{-1}\text{planta}^{-1}\text{ano}^{-1}$, sendo este valor adotado para dividir as subpopulações de alta ($> 277 \text{ frutos}^{-1}\text{planta}^{-1}\text{ano}^{-1}$) e baixa ($< 277 \text{ frutos}^{-1}\text{planta}^{-1}\text{ano}^{-1}$) produtividade.

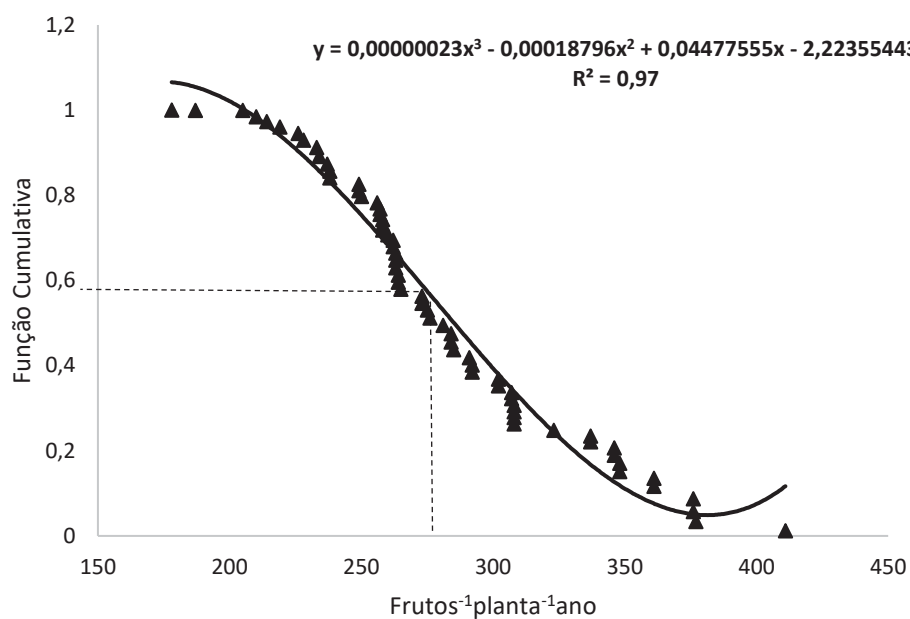


Figura 2. Ponto de inflexão obtido na relação entre produtividade e função cumulativa do banco de dados de coqueiro anão.

Sendo a população de alta produtividade composta por 45% das observações (n=30) e 55% (n=36) correspondente a subpopulação de baixa produtividade. Os valores de máximos, mínimos, as médias e desvio-padrão para os teores foliares de nutrientes, bem como a produtividade de ambas subpopulações, são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Matriz de coeficiente de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes para alta produtividade (Prod), em coqueiro anão verde (n=30).

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn	Prod
N		0,02	0,64**	-0,22	-0,01	-0,07	0,08	-0,32*	0,32*	-0,21	-0,33*	0,02
P			-0,30*	0,47**	0,04	-0,04	0,47**	0,44*	-0,19	0,66**	0,19	0,33*
K				-0,54**	0,10	0,08	-0,26	-0,55**	0,15	-0,58**	-0,47**	-0,21
Ca					0,18	0,02	0,55**	0,45*	-0,01	0,72**	0,50**	0,03
Mg						-0,17	-0,12	-0,44*	0,16	-0,25	-0,14	-0,15
S							0,26	0,27	0,23	-0,04	-0,14	-0,03
B								0,33*	0,17	0,63**	0,26	0,23
Cu									-0,25	0,76**	0,49**	0,26
Mn										-0,16	-0,30	0,01
Fe											0,56**	0,27
Zn												-0,08

, **, *, não significativo (ns), significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ pelo teste de significância, respectivamente.

Tabela 4. Matriz de coeficiente de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes para baixa produtividade, em coqueiro anão verde (n=36).

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn	Prod
N	0,03	0,54**	-0,41*	0,01	0,56**	-0,06	-0,38*	0,29*	-0,46**	-0,25	-0,05
P		-0,31	0,34*	-0,11	-0,29*	0,36*	0,57**	-0,19	0,42*	0,33*	-0,16
K			-0,47**	-0,43*	0,53**	-0,04	-0,39*	0,64**	-0,59**	-0,55**	0,16
Ca				0,14	-0,35*	0,35*	0,44**	-0,07	0,47**	0,23	-0,08
Mg					0,03	-0,51**	-0,28	-0,49**	0,11	0,04	-0,32*
S						-0,07	-0,27	0,25	-0,47**	-0,30*	-0,05
B							0,55**	0,42*	0,11	0,22	0,16
Cu								-0,21	0,60**	0,43**	0,15
Mn									-0,46**	-0,42**	0,16
Fe										0,43**	-0,03
Zn											0,05

, **, *, não significativo (ns), significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ pelo teste de significância, respectivamente.

Entre os nutrientes, para a população de alta produtividade (Tabela 3) foram encontradas duas correlações lineares positivas fortes, sendo elas: Ca-Fe (0,72) e Cu-Fe (0,76). Também foram encontradas 12 correlações lineares moderadas. Já na população de baixa produtividade (Tabela 4) não foram encontradas correlações lineares fortes, contudo 25 correlações lineares moderadas foram encontradas, representando 37% do total de correlações.

Vale ressaltar que em ambas as populações, há correlação linear moderada positiva significativa para os nutrientes N e K. Avaliando o efeito de doses N e K via fertirrigação, Ferreira Neto et al. (2005) observaram que a produtividade e qualidade dos frutos do coqueiro anão verde são fortemente influenciadas por esses nutrientes.

Na tabela 5 são apresentados os valores das médias e desvio padrão dos constituintes da matéria seca (G) e dos logaritmos naturais das relações multivariadas das amostras foliares, para a população de alta produtividade utilizada no estabelecimento da norma. Todas as variáveis, exceto VFe apresentaram distribuição normal a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Média e desvio-padrão das variáveis multinutrientes e média geométrica dos constituintes da massa seca (G), em amostras foliares de coqueiro anão verde na população de alta produtividades (população de referência).

Variável	Média	Desvio Padrão	Teste de Shapiro-Wilk	
G	791,07	79,40	W = 0,98	p = 0,90
VN	3,22	0,16	W = 0,96	p= 0,41
VP	0,51	0,11	W = 0,98	p = 0,87
VK	2,72	0,21	W = 0,93	p= 0,08
VCa	1,21	0,09	W =0,96	p=0,39
VMg	0,92	0,18	W =0,98	p=0,82
VS	0,58	0,28	W =0,97	p=0,70
VB	-3,11	0,31	W =0,97	p=0,56
VCu	-5,02	0,22	W =0,96	p=0,35
VMn	-1,69	0,31	W =0,97	p=0,61
VFe	-1,99	0,21	W =0,89	p=0,005
VZn	-4,44	0,33	W =0,98	p=0,95

A relação entre a distância de Mahalanobis (D^2) e o índice de desequilíbrio nutricional (CND- r^2) na população de alta produtividade (Figura 2.), evidenciou que quanto maior a distância dos dados em relação à reta de tendência central, maior é o desequilíbrio nutricional. Para a cultura do coqueiro foi obtido $r^2 = 0,29$. Resultados próximos ao do presente estudo também foram encontrados por Rocha (2018) e Santos (2016) para as culturas do morango e atemoia, com $r^2 = 0,31$, $0,35$, respectivamente. Entretanto, Rozane et al., (2016, 2017) encontraram resultados com maiores r^2 para as culturas da pera e videira $0,73$ e $0,42$, respectivamente. Contudo, são frutíferas com uma fisiologia totalmente diferente do coqueiro anão o qual possui produção contínua a partir do terceiro ano, sem intervalo entre as safras.

Em relação aos teores máximo, mínimo, média e desvio-padrão dos nutrientes avaliados nas populações de alta e baixa produtividade (Tabela 6), os nutrientes divergem dos níveis críticos definidos por Magat (1991) e por Holanda et al. (2007), Sobral et al. (2009) e, aos considerados adequados para coqueiro anão de alta produtividade encontrados por Santos et al. (2004). 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.

Figura 3. Índice de equilíbrio nutricional (CND-r²) e a distância de Mahalanobis (D²) na população de alta produtividade (n=36).

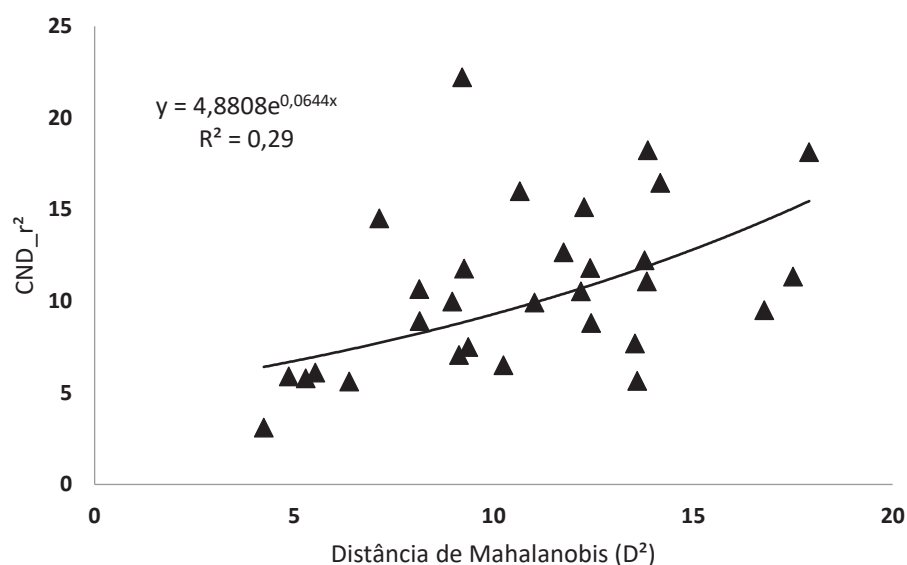


Tabela 6. Estatística descritiva da produtividade e dos teores de nutrientes médios, mínimo, máximo e desvio padrão das populações de alta e baixa produtividade do coqueiro anão verde no município de Rodelas no período de 2014 a 2017.

Variáveis	Alta produtividade (n=30)				Baixa produtividade (n=36)			
	Média	Mínimo	Máximo	s	Média	Mínimo	Máximo	s
Prod ¹	333	281	445	44,39	238	178	264	25,63
N (g kg ⁻¹)	19,84	14,64	24,00	2,44	20,05	14,19	25,00	2,93
P (g kg ⁻¹)	1,31	1,00	1,72	0,16	1,37	1,00	1,70	0,16
K (g kg ⁻¹)	12,03	9,04	16,00	1,78	12,30	9,13	16,00	1,77
Ca (g kg ⁻¹)	2,65	2,00	3,25	0,33	2,48	1,70	3,46	0,43
Mg (g kg ⁻¹)	1,98	1,55	2,78	0,28	2,18	1,36	2,85	0,38
S (g kg ⁻¹)	1,47	0,80	2,40	0,43	1,58	1,00	2,10	0,31
B (mg kg ⁻¹)	37,44	16,00	65,30	13,26	30,47	16,00	37,25	11,35
Zn (mg kg ⁻¹)	9,97	5,00	21,00	3,81	8,69	5,00	21,00	3,90
Mn (mg kg ⁻¹)	152,2	80,00	260,00	48,87	153,70	43,35	367,0	85,12
Fe (mg kg ⁻¹)	111,4	69,00	155,00	28,43	109,86	43,35	173,19	30,03
Cu (mg kg ⁻¹)	5,39	3,00	9,00	1,53	4,78	3,00	8,00	1,15

¹Prod = frutos⁻¹planta⁻¹ ano⁻¹

3.3. FAIXAS NORMAIS PELO MÉTODO CND

Os níveis críticos obtidos pelos índices correspondem aos teores adequados para cada nutriente no tecido vegetal e foram obtidos igualando os índices de cada equação à zero (Tabela 7). Os resultados dos modelos logarítmicos e polinomiais foram adicionados a 2/3 do desvio padrão dos teores dos nutrientes de cada amostra o que possibilitou estabelecer as faixas de suficiência para cada nutriente e compará-las a valores já estabelecidos na literatura (Tabela 8).

A relação do índice CND- r^2 de todos os talhões com a produtividade apresentou equação polinomial com coeficiente de determinação $R^2 = 0,19$ e $r = -0,43$, apresentando assim coeficiente de correlação moderado. (DANCEY e REIDY, 2006). O CND forneceu índices para cada nutriente que apresentam relações com os seus respectivos teores. Os modelos matemáticos, pela análise de regressão para os nutrientes N, K, Mg, S, B, Cu, Zn, Mn e Fe, (Tabela 7) obtiveram coeficientes de determinação correspondente a forte correlação $r > 0,70$.

Para os macronutrientes, as faixas normais encontradas pelas normas CND foram próximos aos níveis críticos proposto por Sobral et al., (2009) e Holanda et al., (2007). Estabelecendo normas DRIS para a cultura do coqueiro híbrido no estado do Pará, Saldanha et al. (2015), encontraram resultados semelhantes, exceto para potássio e boro. Um fato que pode ter proporcionado esse resultado, é o fato de que o coqueiro híbrido é derivado do cruzamento entre uma variedade anã com uma variedade gigante. Entretanto, estudos futuros devem ser conduzidos para uma melhor explicação de tal evento.

Tabela 7. Modelos de predição para macro e micronutrientes na folha em função índices CND para coqueiro-anão no município de Rodelas-BA.

Nutrientes	ModelosI	R ²	NCII
N	$IN = 0,017N^2 - 0,3423N + 0,0143$	0,72	20,0 g.kg ⁻¹
P	$IP = 5,5383\ln(P) - 1,3038$	0,46	1,3 g.kg ⁻¹
K	$IK = -0,0325K^2 + 1,261K - 10,309$	0,77	11,7 g.kg ⁻¹
Ca	$ICa = 6,7232\ln(Ca) - 6,512$	0,62	2,6 g.kg ⁻¹
Mg	$IMg = -0,5455Mg^2 + 5,4539Mg - 8,4854$	0,80	2,0 g.kg ⁻¹
S	$IS = -0,2068S^2 + 1,7357S - 2,0318$	0,88	1,4 g.kg ⁻¹
B	$IB = 2,5572\ln(B) - 9,1029$	0,97	35,2 mg.kg ⁻¹
Zn	$IZn = 2,6724\ln(Zn) - 5,9506$	0,94	9,3 mg.kg ⁻¹
Mn	$IMn = 2,9093\ln(Mn) - 14,434$	0,95	142,8 mg.kg ⁻¹
Fe	$IFe = 3,9606\ln(Fe) - 18,488$	0,89	106,5 mg.kg ⁻¹
Cu	$ICu = -0,0193Cu^2 + 0,8807Cu - 4,1293$	0,89	5,3 mg.kg ⁻¹

I Modelo estatístico da análise de regressão dos teores de nutrientes com seus respectivos índices CND.

II Valores de nível crítico (NC), ou ponto de equilíbrio, obtidos ao atribuir valor nulo aos índices CND das equações de cada nutriente.

Tabela 8. Teores foliares, níveis críticos e faixas de suficiência propostos para coqueiro.

Nutrientes	Santos et al. (2004) ¹	Sobral et al. (2009) ²	Magat (1991) ³	Holanda et al. (2007) ⁴	CND Coqueiro
	----- g kg ⁻¹ -----				
N	20,00	22,0	18,0 – 20,0	18,7 – 19,3	20,0 – 21,8
P	1,41	1,4	1,1 – 1,2	1,1 – 1,45	1,3 – 1,4
K	9,50	15,0	6,0 – 8,0	9,0 – 10,0	11,7 – 12,9
Ca	4,32	3,5	1,5 - 2,0	2,7 – 3,2	2,6 – 2,9
Mg	2,91	3,3	2,50	2,5 – 2,6	2,0 – 2,2
S	1,78	1,5	-	-	1,4 – 1,7
Na	-	1,3	-	2,2 – 2,9	-
Cl	7,57	7,5	-	5,0 – 5,5	-
	----- mg kg ⁻¹ -----				
B	19,60	20,0	8,0	24,0 – 36,0	35,2 – 44,0
Zn	8,86	15,0	-	11,0 – 12,0	9,3 – 12,0
Mn	118,0	65,0	60,0	30,0 – 55,0	142,8 – 194,1
Fe	158,0	40,0	40,0 – 45,0	90,0 – 100,0	106,5 – 126,0
Cu	3,31	5,0	-	4,5 – 5,0	5,3 – 6,2

¹ Valores médios encontrados em coqueiro anão de alta produtividade (227 frutos⁻¹ planta⁻¹ ano⁻¹); ²

Níveis críticos (NC) obtidos pelos autores baseados em modelo analítico para coqueiro anão, sem produtividade informada na literatura; ³ Faixas de suficiência (FS) e níveis críticos (NC) definidos para coqueiro sem produtividade informada; ⁴ Teores foliares considerados ótimos (faixas de suficiência) para o coqueiro anão verde de Jiqui.

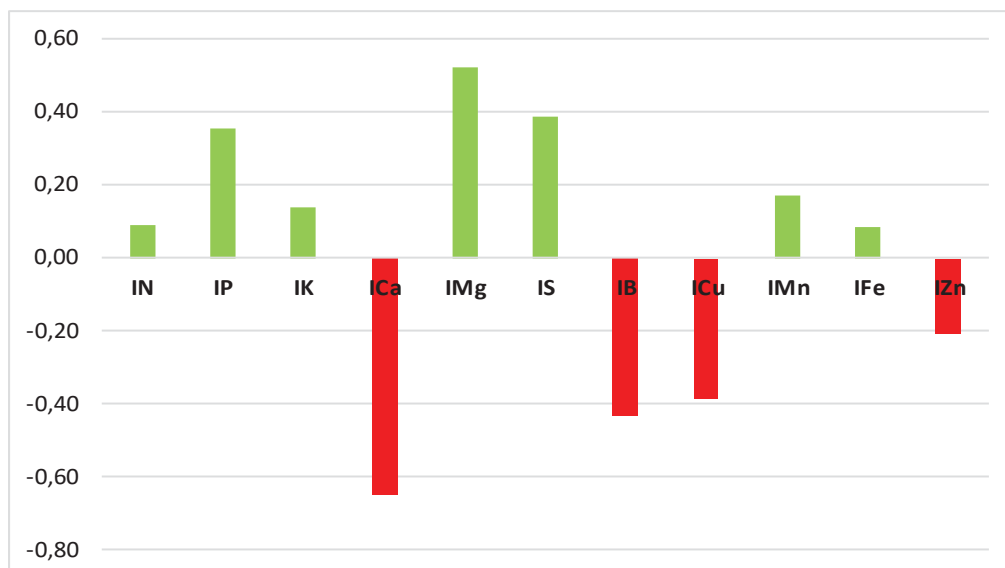
3.4. ORDEM DE LIMITAÇÃO NUTRICIONAL DA POPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE

Com base nos teores médios obtidos para a população de baixa produtividade, realizou-se a comparação com os índices CND de referência chegando a seguinte ordem de limitação nutricional, expostos na figura 4. Os nutrientes mais limitantes por excesso foram $Mg > S > P > Mn > K > N > Fe$, enquanto os mais limitantes por deficiência foram $Ca > B > Cu > Zn$.

A principal limitação da população de baixa produtividade foi a deficiência de cálcio e o excesso de magnésio quando comparando com a população de referência. Segundo Marschner et al., 2012, na absorção de Ca e Mg, há uma competição entre esses nutrientes podendo resultar na diminuição da absorção de um caso ocorra excesso do outro. Observando a média dos valores de pH dos talhões e a saturação por bases (tabela 1) abaixo do intervalo considerado ideal para a cultura do coqueiro estabelecida por Sobral et al., (2009) que seria entre 60 a 70%, infere-se que uma simples prática de calagem possa equilibrar esse desbalanço da relação Ca/Mg tanto no solo quanto na planta.

Na avaliação o estado nutricional de coqueiros híbridos no estado do Pará, Saldanha (2015) observou desbalanço nos teores de Mg e sugere que a relação K/Mg seja uma forte influenciadora no desbalanço nutricional quando correlacionada aos teores de Mg e, destaca a ausência de trabalhos com relações iônicas na cultura do coqueiro. No presente estudo, a relação K/Mg e Ca/Mg dos teores foliares médios da população de alta produtividade foram superiores às de baixa produtividade.

Figura 4. Ordem de limitação nutricional de nutrientes da população de baixa produtividade pelo índice CND, em amostras foliares de coqueiro anão.



4. CONCLUSÕES

1. As faixas de suficiência calculadas pelo CND para a cultura do coqueiro anão foram: em g kg⁻¹: N = 20,0 – 21,8, P = 1,3 – 1,4, K = 11,7 – 12,9, Ca = 2,6 – 2,9, Mg = 2,0 – 2,2, S = 1,4 – 1,7, e em mg kg⁻¹: B = 35,2 – 44,0, Zn = 9,3 – 12,0, Mn = 142,8 – 194,1, Fe = 106,5 – 126,0 e Cu = 5,3 – 6,2.

2. Cálcio, Boro e Cobre são os nutrientes com maior limitação por deficiência, enquanto, Magnésio, Enxofre e Fósforo são nutrientes mais limitantes por excesso, em áreas de baixas produtividade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITCHISON, J. Statistical analysis of compositional data. *Journal of the Royal Statistical Society*. v. 44, p. 139-177, 1986. Disponível em: Acesso em: 19 de abril. 2020.

CINTRA, F. L. D. A cultura do coqueiro, Embrapa Tabuleiros Costeiros, versão eletrônica, 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>> acesso em: 28/01/2020.

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.

DANCEY, C.P.; REIDY, J. Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows. Porto Alegre: Artmed, 2006.

EGOZCUE, J.J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. Groups of parts and their balances in compositional data analysis. *Mathematical Geology*. v. 37, p. 795–828, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11004-005-7381-9>. Acesso em 10 abr. de 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p

FERREIRA NETO, MIGUEL. Doses de N e K aplicadas via fertirrigação na cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Piracicaba, 2005. Tese de doutorado. 105 p.

FERREIRA, J. A. Desenvolvimento de métodos analíticos para determinação de agrotóxicos em estipe de coqueiros (*Cocos nucifera* L.), água-de-coco e albúmen sólido por UHPLC-MS/MS e avaliação da translocação por endoterapia. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de química. 2016. Tese de doutorado. 242p

FERREIRA, J. M. S; WARWICK, D. R. N; SIQUEIRA, L. A. A cultura do coqueiro no Brasil. 3.ed. Brasília, DF- Embrapa, 2018.p.91-100.

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.

KHAN H.H, KRISHNAKUMAR, V. (2018) Soil productivity and nutrition. In: The coconut palm (*Cocos nucifera* L.) research and development perspectives. Springer, Singapore, p. 323–442. Hawaii: Permanent Agriculture Resources (PAR). Disponível em: <<http://agroforestry.net/scps>>. Acesso em: jan/2020.

KHIARI, L.; PARENT, L.E.; TREMBLAY, N. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. *Agronomy Journal*, v. 93, p. 809-814, 2001a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2001.934809x> acesso em 01 abril de 2020.

KHIARI L, PARENT LÉ, TREMBLAY N. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agronomy Journal* 2001b; 93:802-808.

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).

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.

PETRA MARSCHNER (2012) Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. 3st edition. p. 219.

NATALE, W.; ROZANE, D.E. Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas. Registo: UNESP, Campus Experimental de Registo, 2018. 124 p.

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.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *Journal of the American Society for Horticultural Science* v. 117, p. 239-242, 1992. Disponível em: <http://journal.ashspublications.org/content/117/2/239.full.pdf+html>. Acesso em: 08 fev. 2020.

PARENT, L.É. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, p. 321-334, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000100041>. Acesso em: 29 março 2020.

PARENT, L.É.; NATALE, W.; ZIADI, N. Compositional nutrient diagnosis of corn using the Mahalanobis distance as nutrient imbalance index. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 89, p. 383-390, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/cjss08050>. Acesso em: 06 fev. 2020.

RAMOS-MIRAS, J.J., L. ROCA-PEREZ, M. GUZMÁN-PALOMINO, R. BOLUDA, AND C. GIL. 2011. Back-ground levels and baseline values of available heavy metals in Mediterranean greenhouse soils (Spain). *J. Geochem. Explor.* 110:186-192

ROSS, S.M. Introduction to probability and statistics for engineers and scientists. New York: John Wiley and Sons, 1987.

ROZANE, E.; NATALE, W.; BRUNETTO, G.; CIOTTA, M.N.; NOWAKI, R.H.D.; MELO, G.W.B. Diagnose da Composição Nutricional (CND) como critério de predição do estado nutricional de pereiras. In: CIOTTA, M.N.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.; PASA, M.S.; SETE, P.B (Orgs.). I Workshop sobre frutificação e adubação de pereiras. Epagri, 2017, p.120.

ROZANE, D.E.; PARENT, L.E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. *Científica*, v. 44, p. 102-112, 2016b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n1p102-112>.

ROZANE, D.E. MATTOS D. PARENT SÉ, NATALE W. PARENT LÉ. Meta-analysis in the selection of groups in varieties of citrus. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2015; 46:1948-1959.

ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PARENT, L.E.; PARENT, S.E.; SANTOS, E.M.H. CND-Manga. Universidade Estadual Paulista; Université Laval. BR5120130003806. 2013b.

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.

SANTOS, E.M.H. Diagnose da composição nutricional para a cultura da atemoia. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SILVA, F. C. (Ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

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.

UEXKULL, H.R. von. 1972. Response of coconuts to (potassium) chloride in the Philippines. Oléagineux