

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ACURÁCIA DO DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DO
NITROGÊNIO, FÓSFORO E BORO PARA ALGODOEIRO**

Edilaine Istéfani Franklin Traspadini

Engenheira Agrônoma

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ACURÁCIA DO DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DO
NITROGÊNIO, FÓSFORO E BORO PARA ALGODOEIRO**

Edilaine Istéfani Franklin Traspadini

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Guilherme Salvador Wadt

Coorientador: Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)

2019

T775a

Traspadini, Edilaine Istéfani Franklin

Acurácia do diagnóstico nutricional do nitrogênio, fósforo e boro para algodoeiro / Edilaine Istéfani Franklin Traspadini. -- Jaboticabal, 2019

52 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Renato de Mello Prado

Coorientador: Paulo Guilherme Salvador Wadt

1. Produtividade agrícola. 2. Fertilidade do solo. 3. Cultivos agrícolas. 4. Diagnose Foliar. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ACURÁCIA DO DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DO NITROGÊNIO, FÓSFORO E BORO
PARA ALGODOEIRO

AUTORA: EDILAINE ISTÉFANI FRANKLIN TRASPADINI
ORIENTADOR: RENATO DE MELLO PRADO
COORIENTADOR: CID NAUDI SILVA CAMPOS
COORIENTADOR: PAULO GUILHERME SALVADOR WADT

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. AGUNALDO JOSÉ FREITAS LEAL
Curso de Agronomia-UFTM / Iturama/MG

Prof. Dr. MANOEL EVARISTO FERREIRA
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. DANILO RICARDO YAMANE
Universidade de Araraquara-UNIARA / Araraquara/SP

Prof. Dr. ROGÉRIO FALLEIROS CARVALHO
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 01 de outubro de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Edilaine Istéfani Franklin Traspadini, nascida em Rolim de Moura, Rondônia, em 31 de março de 1990. Possui graduação em agronomia (2014) pela Fundação Universidade Federal de Rondônia-UNIR, campus de Rolim de Moura - RO. Possui mestrado em Agronomia, no programa Ciências do Solo na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, na qual é doutoranda no referido programa. Membro do Grupo de estudos em Nutrição de Plantas da Unesp (GENPLANT). Colabora como revisora de revistas científicas. Atua na área de Ciência do Solo, com ênfase em Nutrição de Plantas. Atualmente trabalha como engenheira agrônoma, na gestão de projetos do fundo KfW, no gabinete da Secretaria de Estado de Produção e Agronegócio do Estado do Acre.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado em Agronomia (Ciência do solo).

À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), que auxiliou na realização condução do experimento.

À Fundação Chapadão e a Associação Sul Mato-Grossense dos Produtores de algodão - Ampasul que apoiaram na coleta de dados.

Aos orientadores Dr. Renato de Mello Prado, Dr. Paulo Guilherme Salvador Wadt e Dr. Cid Naudi Silva Campos pela oportunidade de trabalhar com profissionais tão exemplares e por todo aprendizado que me proporcionaram, durante esse período intenso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro para a realização do doutorado, código de financiamento 001.

À todos os professores dos Programas de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo e Produção Vegetal) da UNESP.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Nutrição de Plantas - GENPLANT, pela amizade e ajuda no desenvolvimento da pesquisa.

À minha família que me apoia incondicionalmente.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.2 Objetivo geral.....	2
2.3 Objetivos específicos	2
3 REVISÃO DE LITERATURA	2
3.1 Importância econômica do algodoeiro	2
3.2 Interpretação do Estado Nutricional de Plantas	4
3.2.1 Níveis críticos pela Distribuição Normal Reduzida (DNR).....	5
3.2.2 Faixas de Suficiência pelo método da Chance Matemática.....	7
3.2.3 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação - DRIS	10
3.2.4 Diagnose da Composição Nutricional - CND	13
3.3 Valores de Referência para algodoeiros	15
3.4 Potencial de Resposta da Planta à Adubação - PRA	16
3.5 Método de Análise da Previsão da Diagnose – APD	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Valores de referência.....	24
4.2 Teste de acurácia	25
4.3 Análise Estatística.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6 CONCLUSÃO	33
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

ACURÁCIA DO DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DO NITROGÊNIO, FÓSFORO E BORO PARA ALGODOEIRO

RESUMO - Os valores de referências dos teores de nutrientes foliares de nitrogênio (N), fósforo (P) e boro (B) obtidos por métodos uni, bi e multivariados são publicados sem ter a sua eficiência comprovada. Sendo importante usar o teste de acurácia (APD) de forma integrada para se realizar os ajustes necessários na metodologia para melhorar a eficiência dos diagnósticos, mas isso ainda não é conhecido para cultura do algodão. Diante disso, objetivou-se usar o método APD para disponibilizar valores de referência, pelo método Distribuição Normal Reduzida (DNR), Chance Matemática (CHMAT), Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e Diagnose da Composição Nutricional (CND), eficientes para a diagnose nutricional de N, P e B da cultura do algodão, em Chapadão do Sul - MS. Para obter os valores de referência foram amostradas 144 lavouras comerciais de algodão do município de Chapadão do Sul - MS. No diagnóstico nutricional do DRIS e CND foram usados os fatores 0,5 e 1,0 para ajustar o Índice de balanço Nutricional médio (IBNm). Na mesma região foram realizados três experimentos de calibração, constituídos de quatro doses para cada nutriente (N, P e B), com cinco repetições. Os experimentos foram utilizados para confrontar o diagnóstico obtido pelo método da DNR, CHMAT, DRIS e CND com o Verdadeiro Estado Nutricional (VEN) da planta. O VEN da planta foi definido como deficiente quando a planta apresentava Incremento Real na Produtividade (IRP) acima de 5%, ou 10%, e como suficiente quando o incremento foi inferior. Os ajustes aplicados neste estudo resultaram no acréscimo produtivo de 31%, 98% e 89% para N, P e B, respectivamente. O CND foi o método mais eficiente para a interpretação do estado nutricional da planta em relação ao N, P e B, em função do maior ganho produtivo dado pelos diagnósticos corretos do método. Para a diagnose de N e P, o melhor fator de ajuste do IBSm foi usando $f=1$ e IRP% de 10% e, para o P foi usando fator de ajuste do IBSm de 0,5 e IRP% de 5%.

Palavras-chave: Componentes químicos das plantas, Crescimento, *Gossypium hirsutum*, Produtividade agrícola

NUTRITIONAL DIAGNOSTIC ACCURACY OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND BORO FOR COTTON

ABSTRACT - The leaf nutrient content of nitrogen (N), phosphorus (P) and boron (B) reference values are reproduced by uni, bi and multivariate methods are published without their proven efficacy. It is important to use the accuracy test (APD) in an integrated manner to make the necessary adjustments to the methodology to improve diagnostic efficiency, but this is not yet known for cotton cultivation. Thus, we aim to use the APD method to provide efficient reference values, the Normal Reduced Distribution (DNR), Mathematical Chance (CHMAT), Integrated Diagnostic and Recommendation System (DRIS) and Diagnostic Nutritional Composition (CND) method. nutritional status of cotton crop N, P and B, in Chapadão do Sul - MS. To obtain the reference values, 144 commercial cotton crops in Chapadão do Sul - MS were sampled. No nutritional diagnosis of DRIS and CND was used by factors 0.5 and 1.0 to adjust the mean nutritional balance index (IBNm). In the same region, three calibration experiments were performed, consisting of four doses for each nutrient (N, P and B), with five replications. The experiments were used to compare or diagnose DNR, CHMAT, DRIS and CND methods with the plant's True Nutritional Status (VEN). Plant VEN was defined as deficient when a plant had a Real Productivity Increase (IRP) above 5%, or 10%, and as sufficient when the increase was lower. The adjustments applied in this study result in an increase of 31%, 98% and 89% for N, P and B, respectively. The CND was the most efficient method to interpret the nutritional status of the plant in relation to N, P and B, due to the higher productive gain given by the correct diagnoses of the method. To diagnose N and P, the best IBSm adjustment factor was to use $f = 1$ and 10% IRP and for P to use the $f=0.5$ and 5% IRP.

Keyword: Agricultural productivity, *Gossypium hirsutum*, Growth, Plant chemical components

LISTA DE ABREVIATURAS

ACC - Acurácia Total

APD - Análise da Previsão da Diagnose

CHMAT - Chance Matemática

CND - Diagnose da Composição Nutricional

DNR - Distribuição Normal Reduzida

FS - Faixas de Suficiência

FDEF - Falsa Deficiência

FSUF - Falsa Suficiência

IRP - Incremento Real na Produtividade

IBNm - Índice de balanço Nutricional médio

LP - Limite Produtivo

Mgeo - Média Geométrica

NC - Níveis Críticos

PRA - Potencial de Resposta da Planta à Adubação

R_{DEF} - Razão de Deficiência

R_{SUF} - Razão de Suficiência

DRIS - Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação

VDEF - Verdadeira Deficiência

VSUF - Verdadeira Suficiência

VEN - Verdadeiro Estado Nutricional

1 INTRODUÇÃO

A diagnose nutricional de plantas é importante para conhecer as deficiências e excessos nutricionais, e com isso, buscar estabelecer o equilíbrio entre os nutrientes na planta.

Para realizar a avaliação adequada do estado nutricional do algodoeiro é preciso ter métodos confiáveis para a correta interpretação da análise química foliar. A interpretação pode ser feita usando valores de referências calibrados que estão disponíveis na literatura (Camacho et al., 2012; Santos et al., 2013). Entretanto, essa prática não é recomendada, tendo em vista que não representam as condições atuais de cultivo. Porém, ainda é usual devido a escassez de valores atualizados, obtidos pela calibração local.

Todavia, métodos alternativos para se obter valores de referência surgiram, como o método da DNR (Maia et al., 2001), da ChMat (Wadt, 1998), do DRIS (Beaufils, 1973) e da CND (Parent e Dafir, 1992). Esses métodos dispensam a calibração local e obtêm os valores de referência pela amostragem de lavouras comerciais, tornando o processo mais rápido e menos oneroso. Portanto, eles foram responsáveis pela atualização dos valores de referência para o algodoeiro no Brasil (Silva et al., 2009; Serra et al., 2010; Souza et al., 2011; Serra et al., 2013; Kurihara et al., 2013).

Entretanto, à medida que novos valores de referência foram sendo desenvolvidos por diagnose nutricional de planta, eles foram comparados, empiricamente, com valores de referência “clássico” da literatura (Camacho et al., 2012; Santos et al., 2013) ou, com valores estabelecidos sob as mesmas condições de cultivo, por metodologias similares (Santos et al., 2013; Matos et al., 2016). A comparação dos métodos entre si, todavia, está longe da situação ideal: esses métodos necessitam ter sua eficiência comprovada com base no verdadeiro estado nutricional da planta (Teixeira et al., 2015), para isto utilizando-se, por exemplo, o método Análise da Previsão da Diagnose – APD (Beverly e Hallmark, 1992).

O método APD consiste em obter o verdadeiro estado nutricional da cultura (VEN) com base na resposta produtiva da planta ao fornecimento do nutriente em análise. Porém, há pouco estudos o tenha utilizado para testar a eficiência dos

métodos de interpretação (Beverly, 1992; Beverly, 1993a; Beverly, 1993b; Teixeira, 2002; Martins, 2015; Traspadini, 2016; Silva, 2016; Morais et al., 2019).

Os resultados desses estudos têm demonstrado, de um modo geral, que o teste de eficiência varia com a condição do estudo, como o nutriente que está em análise (Beverly, 1993a), a metodologia empregada (Morais et al., 2019), ou os fatores de ajustes (fator “f”) que podem ser adotados no método de interpretação, com a adoção do Potencial de Resposta a Adubação, para realizar o diagnóstico nutricional (Martins, 2015; Silva, 2016).

Com base no exposto, tem-se como hipóteses que a adoção do método APD para testar a eficiência dos métodos de interpretação (DNR, ChMat, DRIS e CND) possibilitará indicar qual método é mais adequado para a diagnose nutricional do N, P e B da cultura do algodão a partir de ajuste metodológicos destes métodos.

2 OBJETIVOS

2.2 Objetivo geral

Obter e disponibilizar valores de referência eficientes para a diagnose nutricional de algodoeiro a ser utilizado na região do município de Chapadão do Sul – MS.

2.3 Objetivos específicos

Usar o método da Previsão da Análise da Diagnose para analisar qual o método (DNR, ChMat, DRIS e CND) mais adequado para a diagnose nutricional de algodoeiro e para ajustar o fator “f” empregado pelos métodos DRIS e CND para avaliação do estado nutricional do algodoeiro.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importância econômica do algodoeiro

O algodão está entre as quatro principais culturas produzidas no Brasil, com produção total de 6,81 milhões de toneladas algodão em caroço (Conab, 2019).

A área plantada nesta temporada apresentou aumento de 37,8% em relação aos 1.174,7 mil hectares efetivados na safra passada. Fatores como a taxa de câmbio, redução dos níveis de estoques internacionais, evolução dos preços nas principais praças produtoras e o bom ritmo das exportações, contribuíram para a consolidação desse quadro (Conab, 2019).

O Mato Grosso do Sul é um dos maiores produtores de algodão do país. Na safra 2018/2019, foi o sexto do ranking nacional, com 165,1 mil toneladas do produto em caroço, com incremento de 17% em relação à safra anterior (Conab, 2019). Sendo que, atualmente, 80% desta produção é destinada ao consumo interno, sendo uma parte adquirida por uma usina de esmagamento de óleo de algodão bruto em Chapadão do Sul, outra para produção de ração e a pluma segue para Ivinhema, para uma cooperativa de fiação (Oliveira, 2019).

Destacando que, MS apresenta grande potencial na produção do algodão, considerando que ele obtém produtividade de 4.462 kg ha^{-1} , superior ao Mato Grosso, que atualmente é responsável pela maior produção nacional (50% da produção total) (Conab, 2019). Isto se deve ao clima e solo favoráveis, além dos agricultores serem altamente tecnificados, o que possibilita conseguir uma alta produtividade em menor área (Oliveira, 2019).

A adubação adequada do algodão é um fator muito importante para se obter altas produtividades. Existe uma relação direta, e inversa, entre o balanço dos nutrientes nas plantas e a sua produtividade (Teixeira et al., 2015). Onde, quanto maior for o desequilíbrio entre os nutrientes nas plantas, menor será a produtividade obtida pela planta.

O desbalanço nutricional pode estar associado a diversos fatores seja pela disponibilidade em excesso do nutriente no solo provocando maior absorção pela planta; pela indisponibilidade do nutriente no solo diminuindo sua absorção pela planta; pela interação existente entre os nutrientes.

As interações que se estabelecem entre os nutrientes são de natureza muito complexa e seus efeitos refletem na composição mineral nas plantas (Prado, 2008). É a influência de um nutriente sobre o outro, é a resposta de um nutriente combinado com a aplicação em níveis de outro nutriente aplicado simultaneamente,

podendo essa reação ser antagônica ou sinérgica (Olsen, 1972; Gama, 1977). As diversas interações entre os nutrientes podem ser visualizadas em trabalho publicado por Prado (2008) e por Silva e Trevizan (2015).

Ainda, deve ser considerado que em áreas que recebem adubações pesadas há longa data, como ocorre nas áreas de plantio do algodoeiro, e que, normalmente, o plantio do algodão ocorre após o plantio da soja – onde já houve adubação - problemas relacionados à fertilidade do solo podem ser frequentes, seja pelo excesso, seja pela deficiência de nutrientes, ocasionando desequilíbrios nutricionais com reflexos na produção (Tecchio et al., 2006; Teixeira et al. 2011; Teixeira et al., 2015).

Mediante isto, o uso de ferramentas que auxiliem na identificação do estado nutricional das plantas se faz necessário para corrigir eventuais excessos ou deficiências que podem estar acontecendo na área de plantio.

3.2 Interpretação do Estado Nutricional de Plantas

O diagnóstico nutricional elaborado a partir de resultados de análise de tecido vegetal constitui-se em instrumento importante para auxiliar a análise química dos solos, detectando eventuais deficiências e ajustando a recomendação de fertilizantes (Mccray et al., 2016; Prado e Caione, 2012). Isto porque há forte relação entre a concentração do nutriente na planta e sua produtividade (Bataglia et. al., 1990).

A interpretação do estado nutricional de uma planta pode ser estabelecida comparando-se a concentração foliar do nutriente com seu valor de referência, que é determinado pela concentração foliar do mesmo nutriente, mas oriundo de plantas saudáveis e com elevada produtividade (Kurihara et al., 2005).

Os níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) foram os primeiros métodos a serem utilizados para a diagnose nutricional de plantas, por isso são denominados como “métodos convencionais”, e por obterem os valores de referência mediante ensaios de calibração. Nesse sistema, todos os fatores necessários ao desenvolvimento da planta são mantidos constantes e em quantidades adequadas, exceto o nutriente em estudo.

Para maior confiabilidade nos valores de referência é necessário montar ensaio de calibração que representem todas as culturas, todos os sistemas produtivos e todas as condições edafoclimáticas, sendo repetido para cada nutriente (Kurihara et al. 2013). Portanto, devido a elevada demanda de tempo e recurso financeiro para realizar ensaios de calibração, tornou a implementação dos métodos convencionais dificultosa e onerosa.

Isto leva à escassez de valores de NC e FS atuais que tenham sido obtidos a partir da calibração local (Mostashari et al., 2018). Sendo, devido a isso, comum usar valores de referências tabelados (obtido pela calibração local) de décadas passadas para a recomendação de lavouras cultivadas atualmente (Atique-ur-rehman et al., 2018). O livro de Sousa e Lobato (2004), um dos materiais mais utilizados para avaliação do estado nutricional na região do Cerrado, os valores de referência são adaptados de experimentos que foram desenvolvidos no Estado de São Paulo, na década de 80 e 90. Portanto, além de estar sujeito ao efeito do tempo, 20 anos entre eles, ainda possui diferentes condições edafoclimáticas entre as regiões.

Assim, muitas metodologias alternativas foram desenvolvidas para suprir as limitações apresentadas acima e, principalmente, devido a necessidade de obter valores de referência atuais e mais eficientes para a correta interpretação do estado nutricional das culturas. Dentre esses métodos tem-se o método DNR, a ChMat, o DRIS e o CND.

3.2.1 Níveis críticos pela Distribuição Normal Reduzida (DNR)

O método da Distribuição Normal Reduzida (DNR), proposto por Maia et al. (2001), permite determinar valores de nível crítico com base em dados oriundos de condições de campo, sem a necessidade de ensaios de calibração (Camacho et al., 2012).

A metodologia recebe essa denominação pois, para calcular o nível crítico é necessário que o conjunto de dados amostrados apresentem distribuição normal, e quando não, é preciso normalizar os dados, seja pela raiz quadrada ou pela transformação logarítmica (Maia et al., 2001).

A metodologia foi desenvolvida seguindo a premissa de que há uma relação direta entre o teor nutricional na planta e sua produtividade (Orlando Filho e Zambello, 1983; Maia et al., 2001). Onde, dentro de alguns limites uma planta que apresente baixas concentrações nutricionais apresentará baixa produtividade. Assim, seguindo essa premissa, o cálculo do cociente Q (Q) consiste em correlacionar a produtividade da planta (P) com o teor foliar do nutriente em análise (Ta) (Equação 1).

$$Q = P/Ta \quad [1]$$

A partir do cociente Q e da produtividade do conjunto de dados amostrados pode ser obtido o NC (equação 2).

$$NC = (1,281552 sp + xp) / (1,281552 sq + xq) \quad [2]$$

Onde, xp e sp é a média e o desvio-padrão da produtividade; e xq e sq é a média e o desvio-padrão do cociente Q, respectivamente.

Devido a simplicidade em aplicar os cálculos, o método já foi utilizado para obter NC foliares para uva (Tonin et al., 2009), laranjeiras (Camacho et al., 2012), cana-de-açúcar (Santos et al., 2013) e palma-de-óleo (Matos et al., 2016). Além de ter sido empregado para ajustar o adequado procedimento de amostragem foliar da uva, para o Estado do Paraná (Tonin et al., 2009) e para caracterizar quais nutrientes têm maior frequência de deficiência em palma-de-óleo (Matos et al., 2016).

De acordo com Matos et al. (2016) o método DNR é adequado para a obtenção de valores de referência nutricionais já que os NC, obtidos em seu estudo, situaram-se dentro do intervalo das faixas nutricionais obtidas por outras metodologias (ChMat, DRIS e CND). Resultado semelhante foi obtido por Santos et al. (2013), usando lavouras comerciais de cana-de-açúcar amostradas no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

Enquanto, Camacho et al. (2012) comparam os NC, obtidos pela amostragem de laranjeiras em Bebedouro – SP, com as faixas de suficiência recomendada pelo Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros. No estudo foi constatado que os valores dos nutrientes N, Fe, Mn e Cu corroboraram com as faixas de suficiência,

enquanto para P, K, Ca, Mg, Zn e B os valores obtidos estiveram distantes da faixa de suficiência recomendada.

3.2.2 Faixas de Suficiência pelo método da Chance Matemática

Assim como no método da DNR, o método da chance matemática (ChMat) obtém os valores de referência a partir do monitoramento de plantas em condições de campo (Wadt et al., 1998; Wadt et al., 2013).

O método ChMat consiste em realizar a distribuição, em classes, das lavouras comerciais amostradas, podendo ser de alta ou de baixa produtividade, e classificá-las conforme o teor nutricional que as amostras apresentam (Wadt et al., 1998). Salienta-se que, dentro de uma amplitude máxima nos teores, variando da primeira até a última classe, haverá amplitudes menores, que varia do teor inferior ao superior dentro de uma mesma classe.

Sendo que, a partir da contagem do número de lavouras de alta e de baixa produtividade presentes em cada classe, uma série de cálculos são realizados para obter a faixa de suficiência, ou seja, é delimitado qual a amplitude nos teores foliares que estão associados com alta produtividade da planta.

O primeiro cálculo consiste em obter a relação entre a frequência das lavouras de alta produtividade na classe (i) pelo total de lavouras de alta produtividade (ChAi/At).

$$\text{ChAi/At} = P_i \times A_i/At \quad [3]$$

Ou seja, o número de lavouras de alta produtividade pertencente a classe(i) (Ai) é dividido pelo total de lavouras de alta produtividade (At), e o resultado é multiplicado pela média da produtividade das lavouras de alta produtividade da classe(i) (Pi), sendo i, o número que representa a classe.

O segundo cálculo consiste em obter a relação entre a frequência das lavouras de alta produtividade na classe(i) pelo total de lavouras totais da classe(i) (ChAi/Ti) (Equação 4).

$$\text{ChAi/Ti} = P_i \times A_i/Ti \quad [4]$$

Ou seja, a frequência de lavouras de alta produtividade na classe (i) (A_i) é dividida pela frequência total de lavouras na classe (i) (T_i), e o resultado é multiplicado pelo valor médio da produtividade das lavouras na classe (i) (P_i) de alta produtividade (A).

Posteriormente, é realizado o cálculo da chance matemática (ChMat), que é a raiz quadrada do produto da multiplicação das relações ChA_i/At e ChA_i/T_i (Equação 5).

$$ChMat_{(i)} = (ChA_i/At \times ChA_i/T_i)^{0,5} \quad [5]$$

A partir da ChMat é calculada a Chance Matemática Relativa $ChMatR(i)$, que é determinada pela relação entre a chance matemática da classe (i) ($ChMat(i)$) pela maior $ChMat$ encontrada dentre todas as classes analisadas ($ChMatM$), sendo expressa em porcentagem (Equação 6).

$$ChMatR(i) = ChMat(i)/ChMatM \times 100 \quad [6]$$

Sendo que o objetivo é encontrar qual classe (amplitude de teores foliares) irá apresentar ChMat de 100% (condição ideal), indicando que a faixa de suficiência ótima para o nutriente deverá estar próxima dessa amplitude de teores (Almeida et al., 2016). Com base nesses resultados é possível estabelecer qual o intervalo de teores mais recomendados para que sejam alcançadas as maiores produtividades.

Na figura 1, por exemplo, a ChMatR de 100% é obtida na classe 5 (teores variando de 11,5 a 14,5 g kg⁻¹), entretanto, na classe 6 e 8 são obtidas as ChMat de 60% e 80%, respectivamente, indicando que nessas concentrações foliares as chances da planta obter alta produtividade é alta, acima de 60%.

Assim, desde que foi desenvolvido, o método da ChMat foi utilizado para obter FS a diversas culturas no Brasil, como para soja (Urano et al., 2007), laranjeiras (Camacho et al., 2012), algodão (Serra et al., 2010; Camacho et al., 2012a e b), amendoim (Deus et al., 2012), cana-de-açúcar (Santos et al., 2013), arroz (Wadt et al., 2013) e Pitáia (Almeida et al., 2016).

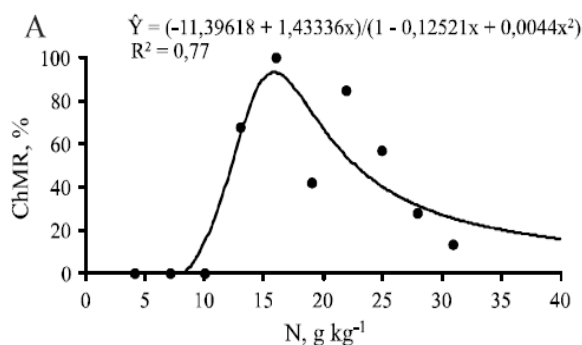


Figura 1. Chance Matemática Relativa (ChMR%) da matéria seca total de pitaia, em função dos teores médios de N na parte aérea da planta - adaptado de Almeida et al. (2016).

Utilizando a ChMat, Deus et al. (2012) avaliou o estado nutricional de N, P e K, na cultura do amendoim, em Fortaleza, Ceará. Os autores constataram que a cultura apresenta as maiores chances matemáticas para obtenção de altas produtividades quando apresentam teores de N nas folhas na faixa de 31,11 a 40,23 g kg⁻¹, para P, de 1,66 a 2,11 g kg⁻¹ e para K entre 13,42 a 18,15 g kg⁻¹. Segundo os autores a metodologia se mostra uma ferramenta promissora na cultura para determinar a faixa de suficiência.

Por sua vez, Almeida et al. (2016), utilizaram os métodos ChMat para avaliar estado nutricional da pitáia, submetida a combinações de doses de nitrogênio-potássio (N-K) e fósforo-zinco (P-Zn). Os autores concluíram que, a utilização do método pode ser adotada para o diagnóstico nutricional e a calibração de teores ótimos para a cultura, a partir do monitoramento de lavouras comerciais.

Na cultura do arroz foi obtido que a maior chance matemática da planta obter alta produtividade é quando ela apresenta teores foliares de 23 a 28 g kg⁻¹, para N; de 11 a 14 g kg⁻¹, para K; de 1,4 a 2,0 g kg⁻¹, para S; e de 70 a 200 mg kg⁻¹, para Fe, para as condições de cultivo do Rio Grande do Sul (Wadt et al., 2013). Ocorre que os autores observaram que os valores obtidos das faixas de suficiência pelos métodos utilizados apresentavam pouca concordância com os valores indicados na literatura.

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2013), que observaram que as FS, obtidas pelo método da ChMat, apresentaram menor amplitude das classes de teores nutricionais, em relação às faixas de suficiência indicadas na literatura para cana-de-açúcar. Por outro lado, Camacho et al. (2012a)

e Camacho et al. (2012b) verificaram que a FS, obtidas para os micronutrientes, foram parecidas às encontradas na literatura para a diagnose do algodoeiro.

3.2.3 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação - DRIS

O método DRIS foi desenvolvido por Beaufils (1973), diferente dos métodos apresentados até o momento, ele se sobressai por ser bivariado, ou seja, correlaciona um nutriente com os demais, par a par, a partir dessa correlação é possível fazer o balanço nutricional da planta por meio do índice do balanço nutricional (IBN) da planta.

Portanto, primeiramente é realizado a correlação entre os nutrientes, de modo direto (A/B) e inverso f(B/A). Sendo que, pode ser realizada a transformação logarítmica dessa correlação, para melhorar os padrões de distribuição das razões de concentrações dos nutrientes (Beverly, 1987). Adotando essa medida, automaticamente os valores da relação direta se torna igual ao valor da relação inversa, em que $\log(X/Y) = -\log(Y/X)$ (Aitchison, 1990).

Em seguida, é obtido a média e o desvio-padrão das funções DRIS obtidas em amostras de lavoura que apresentam alta produtividade (Beaufils, 1973). O cálculo da função DRIS {f(A/B)} poder ser realizado de duas maneiras (Equações 7 e 8), conforme descrito por Jones (1981).

Se $A/B < a/b$

$$f(A/B) = ((A/B - a/b) / \sigma) \times ((a/b)/(A/B)) \quad [7]$$

Se $A/B > a/b$

$$f(A/B) = ((A/B - a/b) / \sigma) \quad [8]$$

Onde: A/B = quociente entre as concentrações de dois nutrientes, A e B, em uma amostra foliar; a/b = média da relação entre as concentrações dos nutrientes A e B na população de referência; σ = desvio padrão da relação entre as concentrações dos nutrientes A e B na população de referência.

Os índices DRIS são alcançados pela soma das $f(A/B)$ diretas dos nutrientes, dividido pelo número de funções de relações que entraram no somatório (n) (Equação 9).

$$\text{Índice DRIS} = [F_i(A/B) + \dots + F_i(A/Z)]/n \quad [9]$$

Sempre que o valor do Índice DRIS de uma amostra for muito baixo ou muito alto, a produtividade será afetada diretamente. Porém, mesmo que o valor se aproxime de zero, ainda podem obter baixos rendimentos, devido a um fator desconhecido (Jones, 1981).

De acordo com a revisão de literatura, levantada por Savita et al. (2016), o DRIS é uma ferramenta promissora e eficaz para o diagnóstico nutricional em frutíferas. Exceto por poucos estudos, a maioria dos trabalhos de pesquisa desenvolvidos esclarecem amplamente que o DRIS é mais eficiente do que os métodos convencionais de diagnose nutricional (valor crítico e faixa de suficiência) com a vantagem adicional de estabelecer uma ordem na deficiência nutricional ou excesso, de acordo com sua importância e quantificando o balanço de nutrientes na planta.

Portanto, o DRIS está entre os métodos mais utilizados para a diagnose e interpretação do estado nutricional de plantas, já foi usado para obter normas de referência para diversas culturas e países, como para trigo no Egito (Abdel-Hady, 2015), para beterraba na Polônia (Grzebisz et al., 2010), para soja na Ásia (Gaspar et al., 2015), na maçã (Sofi et al., 2017) e no dendezeiro (Behera et al., 2017), visando atender a vários objetivos.

De acordo com Abdel-Hady (2015), o estabelecimento de normas de referências para o trigo é um passo essencial em direção a altos rendimentos da cultura. As normas DRIS foram usadas para analisar o equilíbrio nutricional dos nutrientes na planta e determinar quais nutrientes mais limitantes, que neste estudo, o N e o P foram os nutrientes mais limitantes por deficiência na planta.

O método DRIS também foi empregado para avaliar qualitativamente o estado nutricional da cultura da beterraba em estádios iniciais de crescimento, para determinar a produtividade dos tubérculos e açúcar recuperável, em resposta à aplicação foliar de fertilizantes (Grzebisz, 2010). Neste estudo, foi observado que a

diagnose de N se mostra como medida muito útil no início do desenvolvimento das plantas de beterraba sacarina. Além disto, o autor verificou que houve fornecimento insuficiente de micronutrientes às plantas nos estágios críticos de crescimento.

Outro estudo utilizando o DRIS foi realizado por Gaspar et al. (2015), no qual os autores analisaram o efeito de variações nas proporções de cálcio em relação aos conteúdos de magnésio e potássio na capacidade de troca catiônica (CTC) do solo paralelo à variação química do solo. Os autores avaliaram se o equilíbrio adequado no solo poderia apresentar um bom estado nutricional nas plantas e condições para resistir ao ataque da ferrugem asiática. Constatando que houve interação direta entre IBN e a curva de progresso da doença, severidade, rendimento e área foliar apresentando, onde, com a diminuição do IBN também diminuiu a severidade da doença.

Na cultura da maçã Sofi et al. (2017) utilizaram o sistema DRIS para avaliar as exigências nutricionais no estágio inicial da cultura e na fase posterior aos 40-50 anos. Os autores observaram que na fase inicial a ordem de exigência nutricional na cultura foi: Mg > N > S > P > Cu > Zn > Fe > Mn > B > Ca > K, já na fase posterior aos 40-50 anos, as necessidades de nutrientes foram: S > Cu > Mg > Fe > P > N > Ca > Mn > K > Zn > B. Portanto, os autores concluíram que para a macieira há a necessidade de aplicação foliar de magnésio e ureia em grandes quantidades na fase inicial, não sendo tão exigido na fase final.

Na cultura do dendezeiro cultivado na Índia, Behera et al. (2017) utilizaram o sistema DRIS para avaliar a fertilidade do solo, a concentração de nutrientes foliares e para encontrar quais os nutrientes limitantes da produtividade. Nesse trabalho foi observado que a ordem de exigência de nutrientes foi B > K > Mg > P > N e que as faixas ótimas de nutrientes foliares variaram de 1,91% a 2,95%, 0,46% a 0,65%, 0,63% a 1,00%, 0,48% a 0,88% e 9,41 a 31,0 mg kg⁻¹ para N, P, K, Mg e B, respectivamente. Com base nas faixas ótimas derivadas do DRIS, esses autores observaram que 32%, 9%, 27%, 12% e 12% das amostras foliares apresentaram concentrações de N, P, K, Mg e B inferiores à ótima, respectivamente. Os autores inferiram que as faixas ótimas desenvolvidas podem ser usadas como um guia para fins de diagnóstico e consultoria de rotina para aplicação eficiente de fertilizantes.

3.2.4 Diagnose da Composição Nutricional - CND

O método CND, proposto por Parent e Dafir (1992), é usado para diagnose e interpretação do estado nutricional das plantas. Diferentemente das demais metodologias, esse método se caracteriza por ter natureza multivariada (Tolosana-Delgadiz e Van, 2011), ou seja, cada nutriente deve ser correlacionado com a média geométrica dos demais componentes, no momento da interpretação.

O método foi proposto com base nos estudos de Aitchison (1982). O tecido foliar é considerado um sistema fechado, formado por componentes quantificados (nutrientes) e por componentes não quantificados ou não determinados. Estes últimos são representados por um termo denominado R (Equação 10) (Parent e Dafir, 1992). É necessário utilizar a mesma unidade de medida entre os componentes analisados para não haver erros de desproporção entre os nutrientes e sua representatividade no conteúdo total.

$$R = 1.000 - (tN + tP + tK + tCa + tMg + tS + tB + tCu + tFe + tMn + tZn) \quad [10]$$

Nesta equação, R representa todos os componentes não quantificados na matéria seca e o número 1000 representa a quantidade total, em gramas de matéria seca. Este elemento é necessário porque o teor de cada nutriente (t) deve estar na unidade $g\ Kg^{-1}$ (Parent e Dafir, 1992).

Posteriormente, a média geométrica (Mgeo) é definida pela raiz de ordem n do produto dos teores nutricionais e do valor R, em que n é o número de componentes avaliados, incluindo R (Equação 11). A equação garante que todos os componentes sejam contabilizados na análise de uma amostra, relacionando cada componente com todos os demais componentes de uma amostra (Parent e Dafir, 1992).

$$mGeo = (tN \times tP \times tK \times tCa \times tMg \times tS \times tB \times tCu \times tFe \times tMn \times tZn \times R)^{1/(n+1)} \quad [11]$$

Esta equação revela que há dependência entre os dados relativos da composição, pois qualquer variação, em qualquer uma das partes de um todo, deve afetar os valores relativos de outras partes do conjunto (Aitchison, 1982).

Em seguida é calculada a relação multivariada entre os nutrientes, pelo logaritmo natural do quociente entre os teores de cada nutriente e a média

geométrica da composição nutricional na amostragem foliar. Este processo é chamado de log-transformação da linha centralizada (Equação 12).

$$zNutrij = \ln(vNutrj / mGeo) \text{ para } j = 1 \dots n \quad [12]$$

Em que $zNutrij$ é o logaritmo natural do quociente entre os teores de cada nutriente e a média geométrica da composição nutricional da amostra foliar, $vNutrj$ é o teor do nutriente e $mGeo$ é a média geométrica dos nutrientes na amostra foliar (Parent e Dafir, 1992).

Emprega-se nessa etapa a transformação logarítmica desses valores para corrigir a dispersão dos dados e reduzir as correlações não verdadeiras entre os componentes do tecido vegetal. De acordo com Beverly (1987), a transformação logarítmica dos dados tende a gerar melhor distribuição desses dados. Semelhantemente, Holland (1966) observou que o uso da transformação logarítmica para linearizar as funções de dados originais pode melhorar a compreensão da composição da folha, em comparação com as ferramentas de diagnóstico uni e bivariado.

O método CND, comparado aos demais métodos, vem sendo amplamente estudado em pesquisas internacionais (Wairegi e Asten, 2011; Yousuf et al., 2013) e nacionais (Silva et al., 2017; Dias et al., 2017), nas mais diversas culturas, devido a facilidade de se realizar os cálculos do (Wairegi e Asten, 2011).

A metodologia foi usada por Yousuf et al. (2013) para avaliar a diferença existente entre a concentração nutricional de N, P, K, S, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Fe e B em plantas de alta e baixa produtividade. Os autores observaram que o Zn foi o nutriente mais limitante para a produção de bulbos de cebola, e recomendaram o aumento da adubação de N, P, S, B e Zn para maior rendimento da cebola na região de Bangladesh, Ásia.

Enquanto Marchand et al. (2013) usaram o método para obter padrões imparciais para o perfil nutritivo de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Zn, Mn e Fe para mirtilo-vermelho, cultivada em Québec, Canadá. Os autores observaram que, algumas áreas de cultivo parecem ser mais adubadas com K, Mg ou Fe ou sub-adubadas com Mn, apresentando um desequilíbrio de K/Ca, K/Mg e Mn/Fe.

Dentre os estudos realizados no Brasil, tem-se o realizado para cenoura (Silva et al., 2017) e para laranjeiras (Dias et al., 2017). Sendo que, Silva et al. (2017) analisaram os índices nutricionais e as normas CND em três fases fenológicas da cultura, aos 40 e 70 dias após a semeadura (DAS) e no momento da colheita. Foi observado que, o Mg e o Mn foram os nutrientes mais limitantes por deficiência aos 70 DAS e na fase de colheita; o Zn foi o mais limitante por excesso aos 70 DAS; e o P e Ca foram os mais limitantes, por excesso, na colheita.

Enquanto, Dias et al. (2017) determinaram normas CND para avaliação do estado nutricional de laranjeiras 'Pêra' em diferentes estágios de frutificação. Os autores constataram que a época de amostragem foliar interferiu no estado nutricional da laranjeira 'Pêra'. Além disso, os autores observaram que o Zn, Ca e Fe são os que mais limitam a produção da laranja 'Pêra' na região, em comparação aos demais nutrientes analisados (P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn).

Outros trabalhos podem ser encontrados na literatura que utilizaram o método de diagnose da composição nutricional (CND) em culturas de valor econômico como: maçã (Parent, 2011), manga (Parent et al., 2013); laranja (Parent et al., 2013a; Rozane et al., 2015), mirtilo-vermelho (Parent et al., 2013a), goiaba (Souza et al., 2016; Hernandez, 2012; Parent et al., 2012; Parent et al., 2013a), arroz (Wadt et al., 2013), cupuaçu (Wadt et al., 2012) e milho (Modesto et al., 2014).

3.3 Valores de Referência para algodoeiros

Valores de referência para a diagnose nutricional do algodoeiro foram apresentados por alguns estudos (Silva et al., 2009; Serra et al., 2010 e 2013; Souza et al., 2011; Kurihara et al., 2013).

Usando o método DRIS e CND, Serra et al. (2010) utilizaram os teores foliares e a produtividade de 65 talhões comerciais, safra 2004/2005, para obter valores de referência de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Ao comparar os diagnósticos obtidos por ambos, observaram que eles chegaram a diagnósticos semelhantes, em relação ao estado nutricional do algodoeiro. Exceto para N, que apresentou o baixo grau de concordância entre os diagnósticos obtidos pelas metodologias, havendo mais casos de deficiência dadas pelo método DRIS.

Enquanto, Silva et al. (2009) utilizaram 152 dados de lavouras comerciais amostradas nos Estados do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul, nas safras 2000/2001 e 2002/2003 para analisar qual critério adotar para selecionar as relações bivariadas, dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, que comporiam os índices DRIS. Concluíram que o critério fator F não é indicada, pois a diferença entre os coeficientes de correlação entre a relação direta e inversa foram significativas.

Por outro lado, Kurihara et al. (2013), usaram os teores foliares e a produtividade de 447 lavouras comerciais amostradas em MT e MS, nas safras 1997/1998 e 2005/2006, para publicar valores de referência para os macros e micronutrientes, em algodoeiro. Além disso, o autor discute o uso inconsciente de valores de referência, datados na década de 70, 80 e 90, que são adaptados e indicados para diagnose nutricional, em publicações recentes.

Apesar da importância desses estudos, vale ressaltar que em nenhum desses trabalhos (Silva et al., 2009; Serra et al., 2010 e 2012; Souza et al., 2011; Kurihara et al., 2013) foram realizados o teste adequado para averiguar a eficiência dos métodos em realizar a interpretação do estado nutricional de plantas.

Como mencionado anteriormente, existe apenas comparações empíricas do método com outras metodologias. Quando o indicado é usar o método da Análise da Previsão da Diagnose - APD (Beverly e Hallmark, 1992).

3.4 Potencial de Resposta da Planta à Adubação - PRA

Existem diversos métodos para a interpretação dos índices de balanço nutricional, dentre os quais, um dos mais utilizados no Brasil é o método do Potencial de Resposta da Planta à Adubação (PRA) (Wadt, 2005). Isto, porque, de acordo com diversos autores (Beaufils, 1973; Bataglia e Santos, 1990; Wadt, 2005), apenas avaliar os índices nutricionais como indicador para determinar o estado nutricional de uma amostra pode não ser suficiente, resultando em falsos diagnósticos de desequilíbrio, pois é raro encontrar casos de índices com valores exatamente iguais a zero, resultando esta abordagem em poucos diagnósticos de equilíbrio nutricional.

Na diagnose nutricional, segundo o método PRA, o IBNm fornece uma medida adequada do grau de desequilíbrio nutricional da planta. O PRA apresenta três classes de interpretação: equilibrado, deficiente e em excesso (Wadt, 2005); o nutriente está em equilíbrio quando o índice CND, em módulo, é menor ou igual ao IBNm; o nutriente é considerado deficiente, quando seu índice CND é negativo e, em módulo, é maior que o IBNm; o nutriente está em excesso quando seu índice CND é positivo e, em módulo, é maior que o IBNm.

Esse método tem sido amplamente utilizado na literatura para interpretação de índices DRIS e CND de diversas culturas (Wadt e Dias, 2012; Politi et al., 2013; Scucuglia e Creste, 2014; Partelli et al., 2014; Martins, 2015).

Dentre esses estudos, Martins (2015) e Silva (2016) usaram o teste de acurácia (APD) para avaliar os critérios de interpretação do estado nutricional adotados pelo método PRA. Em estudo com feijão-caupi, foi obtido que o uso do fator $f=0$ promoveu incrementos de até 40 kg ha^{-1} na produtividade (Martins, 2015). De modo semelhante, em estudo realizado com cana-de-açúcar, Silva (2016) obteve menores perdas de produtividade de colmo com a utilização do fator $f=0$ para os limites-respostas de produtividade de até 15% e 25%, mas não foi suficiente para obter respostas positivas, enquanto rendimentos positivos, de até 6 t ha^{-1} , foram alcançados nos limites-respostas de 20% e acima de 30%.

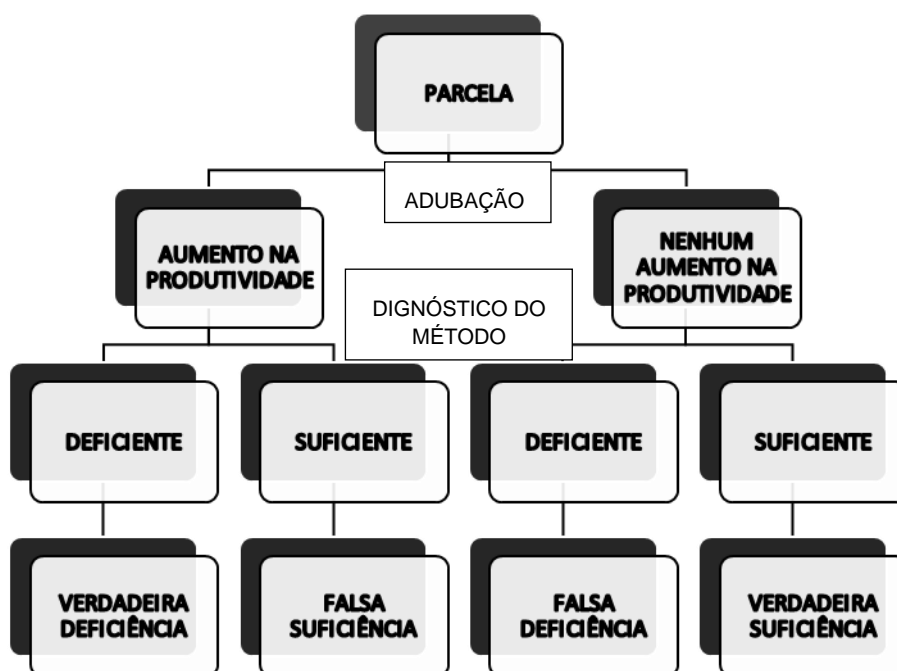
De acordo com Silva (2016) esses resultados apontam para o fato de que a forma como o método PRA vem sendo adotado pode resultar em baixa eficiência dos diagnósticos nutricionais, levando à situação de não se recomendar ajustes na adubação de plantas em estado de deficiência nutricional. Isso demonstra a necessidade de ajuste na forma de interpretação do estado nutricional, adequando para a situação de cada condição experimental.

3.5 Método de Análise da Previsão da Diagnose – APD

O método APD, desenvolvido por Beverly e Hallmark (1992), consiste em avaliar a eficiência do método de interpretação do estado nutricional por meio da contagem da frequência de caso de diagnósticos corretos (verdadeiros) e incorretos (falsos) obtidos pelo método de interpretação do estado nutricional de plantas. Isso é possível se for conhecido o verdadeiro estado nutricional (VEN) da planta.

O VEN é obtido quando se analisa a resposta produtiva da planta ao fornecimento do nutriente que está em análise, enquanto os demais são mantidos constantes e de forma suficiente (Beverly e Hallmark, 1992). A planta pode ser responsiva (em estado de deficiência) ou não responsiva (em estado de suficiência), quando ocorre o aumento ou a redução da produtividade, respectivamente.

Seguindo a metodologia proposta por Beverly (1992), uma planta será considerada como em estado de deficiência verdadeira (responsivo) quando o fornecimento do nutriente resultar em acréscimo na produtividade, em relação a uma situação controle. Neste caso, o diagnóstico do método de deficiência será considerado verdadeiro se houver aumento da produtividade com a adição do nutriente (V_{DEF}) e falsos quando não houver aumento da produtividade (F_{DEF}) (Fluxograma 1).



Fluxograma 1. Análise entre o diagnóstico e o verdadeiro estado nutricional da planta - VEN

Por outro lado, quando a planta não aumentar a produtividade com a aplicação do nutriente, essa será considerada como em estado de suficiência verdadeira (não responsivo). Neste caso, o diagnóstico do método de suficiência será considerado como verdadeiro se a aplicação de B não aumentar a

produtividade (V_{SUF}) e será considerado falso se houver aumento da produtividade (F_{SUF}) (Fluxograma 1).

A partir da contagem dos casos de V_{SUF} , V_{DEF} , F_{DEF} E F_{SUF} foi realizado o cálculo da acurácia total - ACC, razão de deficiência - R_{DEF} , razão de suficiência - R_{SUF} e o incremento líquido da produtividade - ILP (Beverly, 1992; Beverly e Hallmark, 1992).

Acrescenta-se, ainda, que para a recomendação de qualquer método de interpretação do estado nutricional, além de realizar a acurácia dos diagnósticos, é preciso que os diagnósticos nutricionais obtidos tenham eficiência de, pelo menos, 50% e valor de razão de deficiência acima de 1 (Teixeira et al., 2002) e que os na totalidade dos diagnósticos realizados se verifique acréscimos na produtividade do conjunto de lavouras com os diagnósticos realizados.

Apesar da importância de aferir a eficiência dos métodos de interpretação do estado nutricional, há poucos estudos que tenham empregado a APD (Bervely, 1992 e Beverly, 1993a; Teixeira et al., 2002; Silva, 2016; Traspadini, 2016; Moraes et al., 2019). Porém, os resultados desses estudos têm-se mostrado bastante variado.

Em estudo, Bervely (1992) avaliando a eficiência dos métodos da FS e DRIS, através dos diagnósticos dos nutrientes N, P e K, em citros, obteve maior eficiência para o método da FS, que proporcionou incremento de 120 kg de laranja por planta, ao contrário do método DRIS, que se mostrou insatisfatório acarretando decréscimo produtivo de aproximadamente 90 kg por planta para os diagnósticos de N e P.

Enquanto, Teixeira (2002), avaliando os diagnósticos nutricionais de N e K, interpretados pelos métodos NC e DRIS para a bananeira, verificaram que o método DRIS mostrou-se mais eficiente em diagnosticar N, mas, os métodos apresentaram o mesmo desempenho para diagnosticar K. Beverly (1992) obteve resultados semelhantes para K, em que os métodos DRIS e FS resultaram no acréscimo produtivo de 500 kg em citros.

Por outro lado, Beverly (1993a), avaliando a eficiência da FS e DRIS na cultura do milho, trigo e alfafa, concluiu que ambos os métodos foram inaceitáveis para diagnose nutricional de N, P, K e S, pois levaram a decréscimo na

produtividade em todas as variáveis analisadas, e, quando não, o acréscimo foi insignificante.

Esses estudos demonstraram que os métodos devem ser ajustados para melhorar a eficiência na diagnose nutricional. Sendo que, para o método DRIS, já foram realizadas algumas alterações na metodologia, como o processo de seleção das relações que compõem o índice nutricional (Jones, 1981), a transformação logarítmica das relações bivariadas (Beverly, 1987).

Com base nisso, Traspadini (2016) usou a transformação logarítmica como princípio para selecionar as relações bivariadas para compor os índices DRIS, e foi o procedimento que resultou no maior incremento produtivo da cultura, em comparação ao procedimento normalmente adotado (usar todas as relações).

Também foi realizado estudos testando a eficiência do método CND por Martins (2015) e Silva (2016) para a cultura do feijão caupi e cana-de-açúcar, respectivamente. Martins apenas comparou o método CND com o NC recomendado por Malavolta et al. (1997) para os nutrientes P e K em plantas de feijoeiro e obteve incrementos negativos para todos os casos, excetuando apenas os diagnósticos de P pelo CND.

De modo diferente, Silva (2016) verificou se a forma de selecionar as lavouras de referência, para obter a norma CND, influenciaria nos diagnósticos nutricionais do método. Obteve que usar a produtividade média das lavouras amostradas foi a que proporcionou o melhor desempenho, mesmo que tenha ocasionado incrementos negativos para a cultura.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida com algodoeiro cultivado na região de Chapadão do Sul, no Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, em Latossolo Vermelho distrófico, em áreas de lavouras comerciais e experimentais, sendo como segundo cultivo, após o plantio da soja.

O monitoramento das lavouras constitui de 144 áreas comerciais, cultivadas durante a safra 2017/2018. Em cada área foi delimitado perímetro de um hectare, no qual foi realizada a amostragem foliar e avaliada a produtividade em kg ha⁻¹ do

caroço de algodão. Essas áreas tinham as cultivares FM 975, TMG 81 e FM 983, FM983 GLt.

Durante o período de condução do experimento houve picos de precipitação nos dois primeiros meses, e temperatura média de 22,5°C, correspondendo a situação comum deste período do ano (Figura 2).

Na área experimental, pertencente à Fundação Chapadão foi instalado um ensaio de calibração de doses de nitrogênio, fósforo e boro. Os tratamentos foram constituídos por doses de N (23, 63, 125 e 250 kg de ha⁻¹), P₂O₅ (0, 30, 57, 114 kg ha⁻¹) e B (0, 1, 2 e 4 kg de ha⁻¹) disposto em blocos casualizados e cinco repetições. Estas doses dos nutrientes foram estabelecidas seguindo indicação em torno da dose recomendada para o algodoeiro cultivado na região do Cerrado (Sousa e Lobato, 2004).

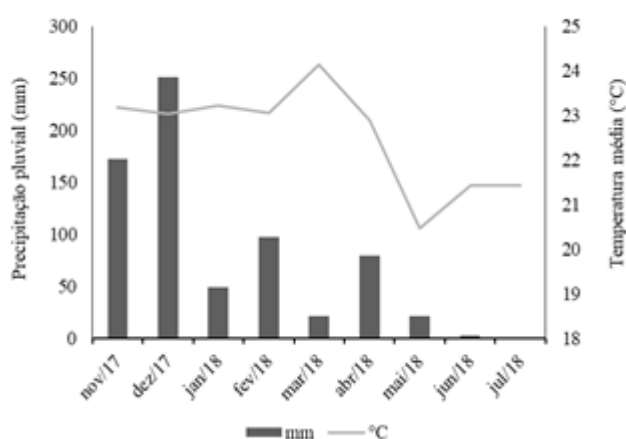


Figura 2. Precipitação mensal e temperatura média no período de condução do experimento.

Antes do plantio foi realizada a aplicação a lanço de 2000 kg ha⁻¹ de calcário, em agosto de 2017, e aplicação a lanço de 1000 kg ha⁻¹, de gesso, em setembro de 2017.

No ensaio foi utilizado a cultivar FM983 GLt, o plantio foi realizado no dia 7 de fevereiro de 2018, em solo com alto teor de P e baixo teor de B (Tabela 1), segundo indicação de Sousa e Lobato (2004). Cada parcela experimental possui 5,5 metros de comprimento por 4,5 metros de largura, espaçamento entre linhas de 0,9 metros com cinco linhas de plantio. A área total do experimento foi de 1485 m².

Tabela 1. Resultados das análises química da área experimental cultivada com algodão, SAFRA 2017/2018, Chapadão do Sul - MS.

pH		P-Melich	P-Resina	S	MO	K	Ca	Mg
CaCl ₂	Água	-----mg dm ⁻³ -----			g dm ⁻³	cmol dm ⁻³		
4,88	5,86	60,02	55,80	13,10	30,98	0,20	3,10	0,60
Al	H	Al+H	Micronutrientes (mg dm ⁻³)					
-----cmol dm ⁻³ -----			Fe	Mn	Zn	Cu	B	
0,08	4,95	5,65	142,67	13,40	4,10	0,50	0,08	

Aos 47 dias após a emergência da cultura foi aplicado o potássio na dose de 69 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio. As doses de N na forma de ureia foram aplicadas a lanço subdivididas em duas aplicações, sendo 0, 13, 25 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicado aos 14 dias após a emergência, e de 0, 50, 100 e 200 kg de N ha⁻¹ aplicado aos 54 dias após a emergência. As doses de fósforo na forma de superfosfato simples foram aplicadas, a lanço, aos 31 dias após a emergência, usando o sulfato de cálcio para balancear o S nos tratamentos. As doses de B, na forma de ácido bórico, foram realizadas via pulverização, aos 27 após a emergência da cultura.

As pulverizações para aplicar o B foram realizadas no período da manhã em temperatura próxima a 25°C, a umidade relativa do ar próximo a 80%, e a velocidade do vento próximo de 7 km h⁻¹. Foi utilizado pulverizador costal, com cilindro de alumínio com capacidade para 2 kg de CO₂, regulador de pressão, manômetro, de 0 a 100 psi, válvula de segurança, engate rápido e uma barra de aplicação com 6 bicos, espaçados com 0,45 metro entre bicos e calibrado para uma vazão de 150 L ha⁻¹, utilizando uma pressão de 2,5 bar e pontas AXI ISSO 110-02.

No manejo fitossanitário da cultura foi realizada a dessecação das plantas daninhas com Glifosato 792,5 g kg⁻¹ (2,5 kg ha⁻¹), aplicação de S-Metalocloro 960 g L⁻¹ (1,2 L ha⁻¹) em pré - emergência e Glufosinato-sal de amônio 200 g L⁻¹ (1,2 L ha⁻¹) em pós-emergência. Os inseticidas utilizados foram Carbofentato 700 g L⁻¹ (1 L ha⁻¹), Flubendiamida 480 g L⁻¹ (150 ml ha⁻¹), Etiprole 200 g L⁻¹ (1 L ha⁻¹), Tiametoxam 141 g L⁻¹ + Lambda-Cialotrina 106 g L⁻¹ (300 ml ha⁻¹), Fipronil 800 g kg⁻¹ (100 ml ha⁻¹), Tiodicarbe 800 g kg⁻¹ (500 g ha⁻¹), Malationa 100 g L⁻¹ (1,8 L ha⁻¹), Clorantrolilprole 100 g L⁻¹ + Lambda-Cialotrina 50g L⁻¹ (400 ml ha⁻¹), Indoxacarbe 150g L⁻¹ (600 ml ha⁻¹), Metoxifenoazida 240g L⁻¹ + Espinetoram 120g L⁻¹ (300 ml ha⁻¹), Teflubenzurom 150g L⁻¹ (200 ml ha⁻¹), Espiromesifeno 240g L⁻¹ (500 ml ha⁻¹),

Clorfenapir 240g L⁻¹ (1,5 L ha⁻¹), Diafenturon 500g L⁻¹ (800 ml ha⁻¹) e Novalurom 100g L⁻¹ (400 ml ha⁻¹).

Realizou-se, também, tratamento com fungicidas Fluxaproxade 167 g L⁻¹ + Piraclostrobina 333 g L⁻¹ (350 ml ha⁻¹), Hidróxido de fentina 400 g L⁻¹ (500 ml ha⁻¹), Clorotalonil 720 g L⁻¹ (1,5 L ha⁻¹) e Difenconazol 250 g L⁻¹ (500 ml ha⁻¹). Iniciou-se a utilização de reguladores de crescimento no dia 6 de março de 2018 com aplicações semanais de Cloreto de Mepiquate 250 g L⁻¹ (200 ml ha⁻¹) para manter uma média de crescimento diária de aproximadamente 1,1 cm e finalizando no dia 15 de abril de 2018 com Cloreto de Cloromequate 100 g L⁻¹ (3 L ha⁻¹).

Em 144 áreas comerciais e nas 60 parcelas experimentais, foi realizada a amostragem foliar no pleno florescimento da cultura, da quinta folha a partir do ápice da planta (Ribeiro et al. 1999), coletando-se 30 folhas em talhões homogêneos de um hectare. No experimento de calibração, por apresentar parcelas pequenas, foram coletadas apenas 10 folhas na área útil da parcela, correspondendo as três linhas de plantio centrais.

As folhas amostradas nas parcelas do ensaio de calibração e nos talhões definidos para as lavouras comerciais, foram descontaminadas em água deionizada, após, em solução detergente (0,1%), em seguida com solução ácido clorídrico (0,3%) e novamente em água deionizada (Carmo et al. 2000). Posteriormente, foram secas em estufa de circulação forçada a 60 a 70 °C até atingir massa constante e moídas. A seguir, as análises químicas das amostras foliares foram realizadas pelos métodos descritos por Carmo et al. (2000).

A colheita do algodão foi realizada entre os meses de julho e agosto de 2018. A produtividade de fibra de algodão foi determinada pela massa de fibra colhida na área útil da parcela, após a remoção das sementes, com conversão para kg ha⁻¹. Sendo, para as lavouras comerciais coletado a pluma e caroço de dez plantas em cada ponto demarcado, e no experimento de calibração foi colhido em duas linhas da parcela do tratamento (área útil).

4.1 Valores de referência

Os teores foliares dos nutrientes e a produtividade das amostras comerciais foram usados para os cálculos dos valores de referências. A definir as lavouras de alta produtividade foi calculado o limite produtivo (LP), sendo a média mais 0,5 x desvio-padrão da produtividade (Serra et al., 2013), sendo definido que apenas as lavouras com produtividade acima do LP seriam consideradas como de alta produtividade.

Os cálculos para obter os níveis críticos foi seguindo a metodologia da Distribuição Normal Reduzida (Maia et al., 2001) e para obter as faixas de suficiência foi usando a método da Chance Matemática (Wadt et al., 1998).

As funções intermediárias para gerar os índices nutricionais para o DRIS foram calculadas seguindo a fórmula de Beaufils (1973) usando a transformação logarítmica dos dados (Beverly, 1987). O cálculo do método CND foi seguindo a metodologia de Parent e Dafir (1992).

O IBN foi calculado pela soma do índice nutricional (IN), em absoluto, obtido pela função direta dos nutrientes log-transformadas - para a interpretação usando o DRIS - e pela soma IN, em absoluto, de todos os nutrientes - para a interpretação usando o CND.

O valor do IBN é dividido pelo número de nutrientes para se obter o IBNm, cujo é adotado para a interpretação do estado nutricional da amostra, através do critério do Potencial de Resposta à Adubação - PRA (Wadt, 2005) pelos métodos DRIS e CND.

Em que, plantas de algodão que apresentaram IN positivos ou, em módulo, menor que $f \times \text{BNm}$ ($\text{IN} < f \times \text{BNm} = \text{EQ}$), foram consideradas equilibradas e, deficientes as plantas que apresentaram índice nutricional negativo e, em módulo, maior que $f \times \text{IBNm}$ ($-\text{IN}$ e $|\text{IN}| > f \times \text{BNm} = \text{DF}$), sendo f o fator de 0,5 ou 1, para ajustar qual resultaria em maior acurácia na interpretação do estado nutricional das plantas.

4.2 Teste de acurácia

Para realizar-se o teste de acurácia dos métodos de interpretação do estado nutricional das plantas. Os diagnósticos de deficiência e suficiência obtidos pelo método de interpretação foram confrontados com o verdadeiro estado nutricional da planta (VEN). O VEN foi obtido com base na resposta produtiva da planta, com o fornecimento do nutriente em análise (N, P e B). Assim, o VEN foi definido como deficiente quando a planta apresentou aumento na produtividade acima ou igual a 10% (Beverly, 1992) ou a 5% (responsivo), e como suficiente quando não houve incremento ou foi inferior a isto (não responsivo).

Resultando em quatro situações: verdadeira deficiência (V_{DEF}), verdadeira suficiência (V_{SUF}), falsa deficiência (F_{DEF}) e falsa suficiência (F_{SUF}), conforme Beverly (1992). A partir da contagem dos casos de V_{SUF} , V_{DEF} , F_{DEF} e F_{SUF} foi realizado o cálculo da acurácia total - ACC, razão de deficiência - R_{DEF} , razão de suficiência - R_{SUF} e o incremento líquido da produtividade - ILP (Beverly, 1992; Beverly e Hallmark, 1992).

A Acc é a soma dos casos de verdadeiro diagnóstico [$Acc = 100 * (V_{DEF}/n + V_{SUF}/n)$], a R_{DEF} é a correlação entre os número de casos que o método acertou a diagnose de deficiência pelo número total de casos de deficiência [$R_{DEF} = V_{DEF}/(V_{DEF} + F_{DEF})$]; a R_{SUF} é a correlação entre os número de casos que o método acertou a diagnose de suficiência pelo número total de casos de suficiência [$R_{SUF} = V_{SUF}/(V_{SUF} + F_{SUF})$]. O incremento líquido da produtividade foi obtido pela equação: $IPL = |P_{V_{DEF}}| + |P_{V_{SUF}}| - |P_{F_{DEF}}| - |P_{F_{SUF}}|$. Onde, soma ou subtrai a produtividade (P) atribuída aos verdadeiros e aos falsos diagnósticos realizados pelos métodos de interpretação, respectivamente (Beverly, 1992).

4.3 Análise Estatística

Foi aplicado o teste F, a 10% de probabilidade, para analisar a variância entre os teores foliares das lavouras de baixa e alta produtividade. Foi aplicado o teste t, a 1% de probabilidade, de uma amostra, para avaliar se os teores médios dos nutrientes, do total de lavouras amostradas, eram iguais aos valores de referência da literatura. Foi aplicado teste t, a 5% de probabilidade, de duas amostras, para avaliar se os teores médios das lavouras de baixa produtividade eram iguais aos

teores médios das lavouras de alta produtividade. Foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk, para avaliar a normalidade da distribuição dos dados das lavouras comerciais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do conjunto de 144 lavouras comerciais, 22% apresentaram alta produtividade (acima do LP de 5.163 kg ha⁻¹) e distribuição normal, de acordo com o teste de Shapiro-Wilk.

As lavouras amostradas apresentaram produtividade média de acima da estimativa nacional (4.210 kg ha⁻¹) e da estimativa para o estado de Mato Grosso do Sul (4.462 kg ha⁻¹) para algodão em caroço (Conab, 2019) (Tabela 2), dado que na região de estudo, prevalecem ótimas condições edafoclimáticas e alto nível tecnológico.

Tabela 2. Valores médios, mínimo e máximo e desvio-padrão (DP) dos teores dos nutrientes e da produtividade do algodoeiro na população de baixa e alta produtividade e total de lavouras amostradas em áreas comerciais de algodão, Chapadão do Sul, Brasil.

Valor	Baixa produtividade		Alta produtividade		Total de Lavouras		Teste F (10%)	FS ²
	médio	DP	médio	DP	médio	DP		
N	34,5a	4,7	33,9a	6,8	34,4 ^D	6,8	0,69ns	39,1 - 43,2
P	5,8a	1,5	5,5b	1,6	5,7 ^D	1,6	0,93ns	2,3 - 2,8
K	13,9a	1,7	14,1a	2,2	14,0 ^D	2,2	0,76ns	13,7 - 18,2
Ca	34,3a	7,1	32,4b	7,0	33,9 ^D	7,0	1,02ns	16,9 - 20,8
Mg	3,9b	0,7	4,0a	0,9	3,9 ^D	0,9	0,74ns	2,7 - 3,7
S	4,9a	0,8	4,7b	0,8	4,9 ^D	0,8	1,01ns	3,8 - 5,4
B	50,0a	14,5	49,3b	14,2	49,9 ^D	14,2	1,02ns	28,0 - 38,0
Cu	5,3a	2,7	4,2b	3,0	5,1 ^D	3,0	0,92ns	7,0 - 11,0
Fe	287,2a	150,6	246,6b	112,4	278,7 ^D	112,4	1,34*	50,0 - 70,0
Mn	89,5a	51,0	106,0a	72,1	92,9 ^D	72,1	0,71ns	44,0 - 65,0
Zn	39,8a	35,2	34,7b	27,8	38,7 ^D	27,8	1,27*	17,0 - 27,0
Produtividade média	4182,9	661,8	6166,2	1162,3	4599,0	1162,3	-	-

¹ lavouras de alta e baixa produtividade e total de lavouras ² FS recomendada para algodoeiro, obtida a partir de 447 amostras foliares de lavouras comerciais amostradas em MT e MS, nas safras 1997/1998 e 2005/2006 (Kurihara et al. 2013). Letras distintas entre a média das lavouras de alta e baixa produtividade indica diferença significativa pelo teste t (p=0,10), ns: não significativo *:significativo pelo teste F (p=0,05) ^D indica diferença significativa pelo teste t (p=0,05) entre o teor médio no total de amostras e o limite superior da FS.

Quanto aos teores dos nutrientes foliares, estes foram maiores para as lavouras de baixa produtividade, exceto para Mg, que apresentou valor superior nas lavouras de alta produtividade, e para N, K e Mn que apresentaram valores iguais entre as subpopulações (Tabela 2).

Maiores teores foliares nas lavouras de baixa produtividade podem ser explicados pelo efeito de concentração que ocorre quando a taxa de crescimento relativo da matéria seca é menor que a taxa de absorção relativa de nutrientes (Jarrel e Beverly, 1981). Esse resultado evidencia a falha que pode ocorrer quando a diagnose é realizada de modo uni variado. Por exemplo, ao analisar o nutriente isoladamente, sem considerar outros fatores, pode resultar em diagnósticos equivocados (indicar suficiência quando está em estado de deficiência), especialmente quando as plantas com baixa produtividade apresentam maiores teores foliares do que as de baixa produtividade.

Semelhantemente, houve maior desvio-padrão para os teores foliares de Ca, S, B, Fe e Zn nas lavouras de baixa produtividade. Mas, somente o desvio-padrão de Fe e Zn apresentaram diferença significativo ($p=0,1$) entre as subpopulações. Isto está de acordo com os relatos da literatura de que existe maior variabilidade entre teores foliares da população de baixa produtividade (Beaufils, 1973; Jones, 1981).

Mediante isso, pode-se dizer que há maior probabilidade dos nutrientes Ca, S, B, Fe e Zn estarem em estado de deficiência nutricional. Contudo, nenhum desses nutrientes apresentaram valor inferior que a FS recomendada para a cultura (Tabela 2). Sendo que, os nutrientes (exceto N, K, S e Cu) apresentaram teor médio acima do limite superior da FS. Isso demonstra que que pode haver necessidade de ajuste nos valores de referência para os teores foliares, possivelmente devido as mudanças nas condições de cultivo, já que as plantas foram amostradas entre os anos de 1998 a 2005 (Kurihara et al., 2013).

A cultivar implantada constitui-se parte das mudanças que ocorreram no sistema produtivo do algodoeiro, e isso pode alterar a concentração dos nutrientes na planta. Por exemplo, em estudo com diferentes cultivares, Bellaloui et al. (2015) verificou que houve variação na amplitude dos teores nutricionais, de 36 a 43 mg kg⁻¹ de B. Essa diferença pode estar associada a quantidade absorvida pela planta,

seja porque há um extenso sistema radicular, ou por possuir alta taxa de absorção por unidade de comprimento de raiz (Föhse et al., 1988).

Consequentemente, isso provocou ajustes nos valores de referências dados pelos métodos DNR, ChMat, DRIS e CND (Tabela 3 e 4).

Tabela 3. Distribuição da Chance Matemática Relativa (ChMatR) entre os Intervalo de Classes (IC) e Níveis Críticos (NC) definidos pela Distribuição Normal Reduzida para N, P e B obtidos de amostras foliares de áreas comerciais de algodão, em Chapadão do Sul - MS, Brasil.

Método	Classe	N		P		B	
		IC ¹	ChMatR ³	IC ¹	ChMatR ³	IC ²	ChMatR ³
ChMat	1	21,9	0,0	3,4	100,0	26,2	0,0
	2	23,8	59,7	3,8	53,6	30,5	23,0
	3	25,6	75,9	4,3	66,3	34,7	34,0
	4	27,5	0,0	4,7	31,3	39,0	70,8
	5	29,3	65,7	5,2	92,8	43,2	100,0
	6	31,2	0,0	5,6	0,0	47,5	58,6
	7	33,0	53,5	6,1	32,2	51,7	88,0
	8	34,8	59,0	6,5	40,2	56,0	0,0
	9	36,7	100,0	6,9	51,9	60,3	0,0
	10	38,5	64,0	7,4	68,7	64,5	0,0
	11	40,4	40,9	7,8	35,7	68,8	26,6
	12	42,2	42,6	8,3	0,0	73,0	29,0
DNR	NC	30,7		4,8		41,5	

¹ teores foliares expressos em g kg⁻¹, ² teores foliares expressos em mg kg⁻¹, ³ valores expressos em porcentagem, sendo que, quando o valor é igual a zero, significa que não houve nenhuma lavoura contabilizada dentro da classe.

Apesar desse ajuste, nota-se que a FS obtida nesse estudo, de 36,7-38,5 g kg⁻¹ para N, de 3,4-4,3 g kg⁻¹ para P e de 43,2-51,7 mg kg⁻¹ para B, apresentaram amplitude inferiores as FS de 33-45 g kg⁻¹, de 3,8-5,3 g kg⁻¹ e 41-89 g kg⁻¹ obtidas para N, P e B, respectivamente, em estudo com algodoeiro realizado em Costa Rica – MS (Camacho et al., 2012a e 2012b).

Outro fator que deve ser considerado é a aplicação de hormônio reguladores de crescimento, comumente adotados nos plantios comerciais do algodoeiro. Já que estudos demonstram que a aplicação de reguladores pode alterar o teor foliar dos nutrientes nas plantas (Castro e oliveira, 1982; Lamas e Staut, 1998; Carbonari et

al., 2007). Isto também pode estar associado ao efeito de diluição e concentração, já que os reguladores alteram o crescimento da planta.

Tabela 4. Norma CND de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de amostras foliares em cultivar de algodão, em Chapadão do Sul - MS, Brasil.

Norma ¹	N	P	K	Ca	Mg	S
Média	23,054	3,615	9,506	21,505	2,762	3,170
DP	5,590	0,692	1,318	2,116	0,898	0,545
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Média	0,033	0,003	0,160	0,069	0,021	
DP	0,009	0,001	0,044	0,035	0,010	

¹ todos os teores foliares estão expressos em g kg⁻¹

Quanto aos estudos experimentais, a aplicação de N teve efeito significativo na produtividade do algodoeiro, obtendo produtividade máxima de 5.601,4 kg ha⁻¹, com a adição de 147 kg ha⁻¹ do nutriente no solo. Também houve aumento crescente no teor foliar do nutriente, obtendo teor máximo de 47 g kg⁻¹ de N. Nota-se que a curva de regressão da produtividade decresce quando o teor foliar de nitrogênio está em torno de 40 g kg⁻¹ (Figura 1).

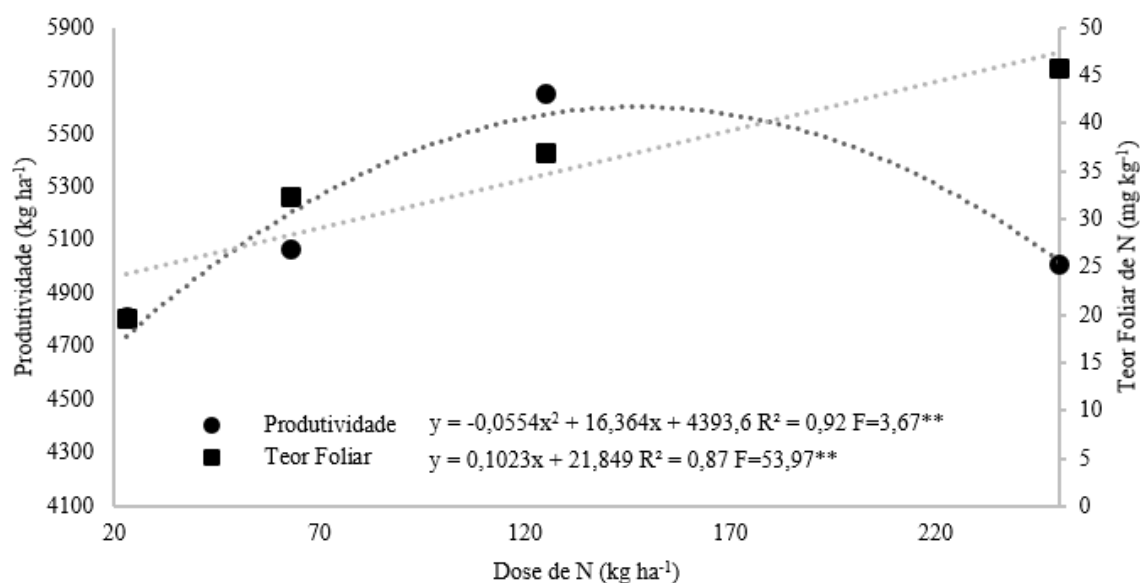


Figura 1. Produtividade e o teor foliar de N em função da aplicação do nutriente no solo. ** significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0.05$ do teste F).

Resultados diferentes foram obtidos em estudos realizados em solos franco arenoso, com baixo teor de matéria orgânica, onde a aplicação de N (375 kg ha^{-1}) resultou no incremento na produtividade de 1.795 kg ha^{-1} , obtendo 5.636 kg ha^{-1} de algodão em caroço (Luo et al., 2018).

A aplicação de fósforo também ocasionou efeito quadrático na produtividade do algodoeiro em caroço, atingindo produção máxima de 4.020 kg ha^{-1} , com a aplicação de $68,7 \text{ kg ha}^{-1}$ do P_2O_5 no solo, com teor foliar em torno de $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 2).

Resultados diferentes foram obtidos por Sawan et al. (2011) que, avaliando o efeito da aplicação doses elevadas de P_2O_5 no algodoeiro, obteve acréscimo apenas de 10% na produção de semente de algodão (1566 kg ha^{-1}), com a aplicação de 1.319 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Possivelmente devido a elevada dose aplicada, já que com a aplicação de doses superiores a essa, não se espera nenhum efeito na produtividade.

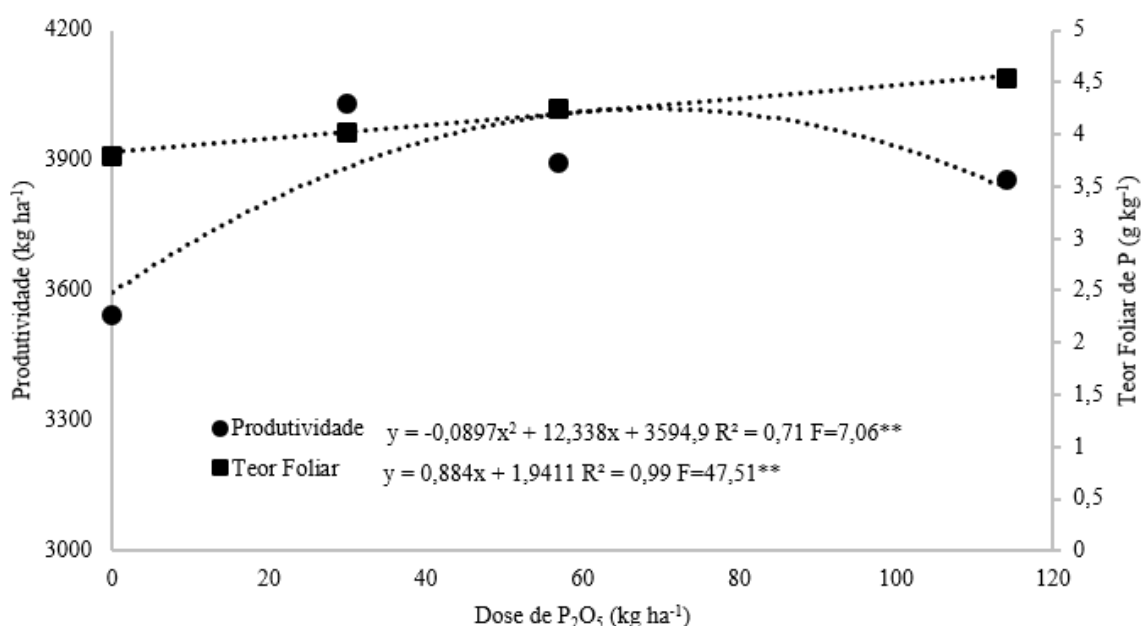


Figura 2. Produtividade e o teor foliar de P em função da aplicação do nutriente no solo. ** significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0.05$ do teste F).

Enquanto, a aplicação de boro teve efeito linear crescente nos teores foliares de B e na produtividade da planta, obtendo teor máximo de 52 mg kg^{-1} , que resultou no incremento de 60% na produtividade (valor máximo de $6678,8 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figura 3).

Incremento de 30% na produção do algodão foi obtido por Gormus (2016), com a aplicação de 3 kg ha⁻¹ de B, em solos com teor médio de B de 0,18 mg kg⁻¹, na Turquia, teores superiores aos desse estudo.

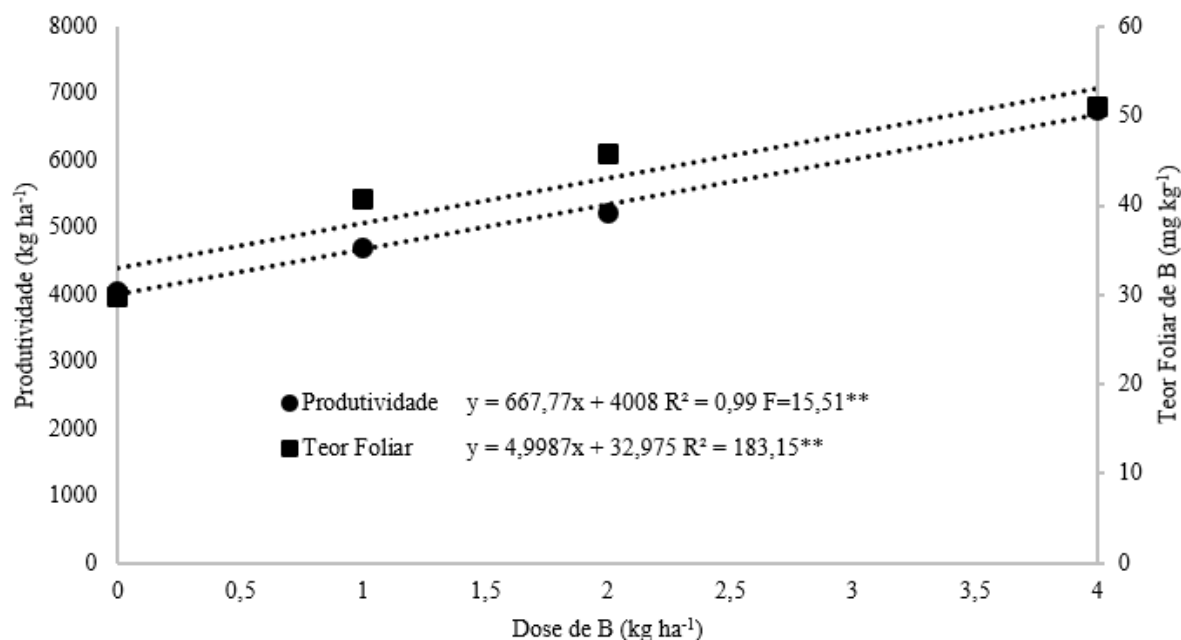


Figura 3. Produtividade e o teor foliar de B em função da aplicação do nutriente no solo. ** significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0.05$ do teste F).

Quanto a acurácia da diagnose nutricional, dentre os métodos uni variados, o método da DNR foi mais eficiente na diagnose nutricional de P, com o ajuste de IRP de 5%, dado ao maior número de casos de deficiência nutricional (Tabela 5). Enquanto, o método da ChMat foi mais eficiente na diagnose de B, com o ajuste de IRP de 10%, dado a maior quantidade de casos de suficiência nutricional. Para o N, os métodos apresentaram o mesmo comportamento, sendo que o ajuste de IRP de 10% foi o que ocasionou maior incremento na produtividade e acurácia nos diagnósticos.

Em estudo realizado com Soja, Traspadini (2016) também observou baixa eficiência do método da DNR, principalmente, para realizar a diagnose de deficiência de B. No presente estudo, o ajuste para corrigir esse problema (usado ILP 5%) elevou os casos de V_{DEF} , porém aumento de casos de V_{SUF} que por sua vez provocou menor ganho líquido produtivo (Tabela 5).

O ajuste do fator “f” no diagnóstico do método DRIS, para aumentar o número de casos de deficiência, não é indicado para N e B, dado ao aumento na

percentagem de casos de V_{SUF} provocado pelo ajuste. Isso se comprova quando avalia os resultados, especialmente para N, onde é possível observar que, ao usar o ajuste de ILP de 10%, foi obtido maior Acc e R_{SUF} .

O método DRIS não foi eficiente na diagnose de P e B, por apresentar ILP final negativo, independentemente do ajuste utilizado (Tabela 6). Por outro lado, ILP final de 22 kg ha⁻¹ foi obtido por Traspadini (2016), quando analisou o estado nutricional de B em soja, usando o método DRIS - com relações bivariadas log-transformada - dado aos acertos nos diagnósticos de deficiência de B na planta.

Dentre as metodologias estudadas, o método CND foi o que apresentou os melhores resultados. Para N, os maiores valores de Acc e R_{SUF} foram obtidos quando usado IRP=10%, referente ao elevado número de casos de suficiência, independentemente do fator IBNm utilizado (Tabela 7).

Contudo, o método apresentou R_{DEF} inferior a 0,6 para todos os parâmetros analisados, quando o ideal é que seja acima de 1 (Beverly e Hallmark, 1992). Essa baixa relação indica que o número de acertos foi menor que o de acerto para os diagnósticos de deficiência. Por outro lado, o método CND apresentou maior Acc e R_{DEF} para a diagnose de P, quando usado $f=0,5$ e IRP=5%, para obter o verdadeiro estado nutricional da planta (Tabela 7).

Assim como para o N, os melhores resultados para B foram obtidos quando usado o $f=1,0$ e IRP=10% (Tabela 7). Esses resultados demonstram a fragilidade de se trabalhar com ajustes que tendem a diagnose de deficiência nutricional, quando a planta não é responsiva a aplicação do nutriente, resultando em muitos casos de F_{DEF} . Isto provoca diminuição da produtividade devido ao efeito da toxidez do nutriente que foi aplicado quando não era requerido pela planta.

Sendo que, os resultados variam conforme a resposta produtiva da planta à adição do nutriente. No estudo realizado para o N, houve muitos casos de parcelas que não foram responsivas a sua aplicação, enquanto houve muitos diagnósticos de suficiência pelo método CND. Assim, o método CND obteve o melhor ILP quando usado $f=1,0$ e IRP=10%, ou seja, o ganho produtivo foi ocasionado pelos casos de V_{SUF} (Tabela 7). O mesmo comportamento foi observado para o boro (Tabela 7).

Tabela 5. Porcentagem dos casos identificados de diagnósticos verdadeiros para deficiência (V_{DEF}) e suficiência (V_{SUF}), e de falsos diagnósticos para deficiência (F_{DEF}) e suficiência (F_{SUF}); acurácia (Acc); razão de deficiência (R_{DEF}); e razão de suficiência (R_{SUF}), obtidas pelo método da Distribuição Normal Reduzida e da Chance Matemática (uni variados) para os diagnósticos N, P e B foliar em cultivar de algodão, em Chapadão do Sul - MS, Brasil.

Nutriente	% ILP	Contagem de Casos (%)				Medidas de Acurácia			ILP				
		V_{DEF}	F_{DEF}	V_{SUF}	F_{SUF}	Acc	R_{DEF}	R_{SUF}	V_{DEF}	F_{DEF}	V_{SUF}	F_{SUF}	Final
Distribuição Normal Reduzida - DNR													
N	5	20	20	40	20	60	0,5	0,7	1377,8	-1303,8	1047,8	-1399,7	154,0
	10	20	20	47	13	67	0,6	0,7	1377,8	-1303,8	944,3	-1938,0	197,1
P	5	47	53	0	0	47	1,0	0,0	1256,6	-841,1	0,0	0,0	137,8
	10	40	60	0	0	40	1,0	0,0	1415,2	-781,6	0,0	0,0	97,1
B	5	27	33	20	20	47	0,6	0,4	1292,3	-895,9	1068,0	-2565,8	-253,6
	10	20	40	27	13	47	0,6	0,4	1610,4	-802,9	935,3	-3580,3	-227,0
Chance Matemática - ChMat													
N	5	20	20	40	20	60	0,5	0,7	1377,8	-1303,8	1047,8	-1399,7	154,0
	10	20	20	47	13	67	0,6	0,7	1377,8	-1303,8	944,3	-1938,0	197,1
P	5	0	0	53	47	53	0,0	1,0	0,0	0,0	841,1	-1256,6	-137,8
	10	0	0	60	40	60	0,0	1,0	0,0	0,0	781,6	-1415,2	-97,1
B	5	20	20	33	27	53	0,4	0,6	1473,2	-556,5	1202,8	-2111,7	21,1
	10	13	27	40	20	53	0,4	0,6	2040,9	-501,8	1091,9	-2636,6	47,7

Tabela 6. Porcentagem dos casos identificados de diagnósticos verdadeiros para deficiência (V_{DEF}) e suficiência (V_{SUF}), e de falsos diagnósticos para deficiência (F_{DEF}) e suficiência (F_{SUF}); acurácia (ACC); razão de deficiência (R_{DEF}); e razão de suficiência (R_{SUF}), obtidas pelos métodos DRIS (bivariado) para os diagnósticos N, P e B foliar em cultivar de algodão, em Chapadão do Sul - MS, Brasil.

DRIS	% ILP	Fator	Contagem de Casos (%)				Medidas de Acurácia				ILP			
			V_{DEF}	F_{DEF}	V_{SUF}	F_{SUF}	ACC	R_{DEF}	R_{SUF}	V_{DEF}	F_{DEF}	V_{SUF}	F_{SUF}	Final
N	5	0,5	20	7	53	20	73	0,5	0,9	1377,8	-2571,2	953,4	-1399,7	332,7
		1,0	13	7	53	27	67	0,3	0,9	1671,3	-2571,2	953,4	-1247,5	227,2
	10	0,5	20	7	60	13	80	0,6	0,9	1377,8	-2571,2	883,4	-1938,0	375,8
		1,0	13	7	60	20	73	0,4	0,9	1671,3	-2571,2	883,4	-1555,6	270,3
P	5	0,5	7	7	47	40	53	0,1	0,9	1458,9	-883,3	835,1	-1222,9	-61,1
		1,0	0	7	47	47	47	0,0	0,9	0,0	-883,3	835,1	-1256,6	-255,6
	10	0,5	7	7	53	33	60	0,1	0,9	1458,9	-883,3	768,9	-1406,4	-20,4
		1,0	0	7	53	40	73	0,4	0,9	0,0	-883,3	768,9	-1415,2	-214,9
B	5	0,5	7	7	47	40	53	0,1	0,9	1458,9	-883,3	835,1	-1222,9	-61,1
		1,0	0	7	47	47	47	0,0	0,9	0,0	-883,3	835,1	-1256,6	-255,6
	10	0,5	7	7	53	33	60	0,2	0,9	1458,9	-883,3	768,9	-1406,4	-20,4
		1,0	0	7	53	40	53	0,0	0,9	0,0	-883,3	768,9	-1415,2	-214,9

Enquanto para o P, o melhor ILP foi obtido quando utilizado $f=0,5$ e $IRP=5\%$, sendo o nutriente que apresentou mais casos de deficiência nutricional. Esses resultados indicam que há mais casos de amostras em estado de deficiência de P, do que de N e B (Tabela 7).

Além disso, nota-se que, quando foi usado o $f=1,0$ a planta apresentou menor R_{DEF} , mas a produtividade foi mantida devido à R_{SUF} (Tabela 7). Assim, mesmo que o objetivo seja atender ao princípio da diagnose nutricional, de identificar os casos de deficiências (Beverly e Hallmark, 1993), o ideal é que seja evitado os falsos diagnósticos.

Os resultados apresentados nesse estudo para o CND estão diferentes aos obtidos por Martins (2015) e Silva (2016). Onde, não usar o fator de ajuste ($f=0$) promoveu incrementos de até 40 kg ha^{-1} na produtividade de feijão-caupi (Martins, 2015). Enquanto, em estudo realizado com cana-de-açúcar, Silva (2016) obteve que, usando $f>0,5$ e $IRP>20\%$, aumentou a produtividade em até 6 t ha^{-1} .

Tabela 7. Porcentagem dos casos identificados de diagnósticos verdadeiros para deficiência (V_{DEF}) e suficiência (V_{SUF}), e de falsos diagnósticos para deficiência (F_{DEF}) e suficiência (F_{SUF}); acurácia (Acc); razão de deficiência (R_{DEF}); e razão de suficiência (R_{SUF}), obtidas pelos métodos CND (multivariado) para os diagnósticos N, P e B foliar em cultivar de algodão, em Chapadão do Sul - MS, Brasil.

CND	% ILP	Fator	Contagem de Casos (%)				Medidas de Acurácia			ILP				
			V_{DEF}	F_{DEF}	V_{SUF}	F_{SUF}	Acc	R_{DEF}	R_{SUF}	V_{DEF}	F_{DEF}	V_{SUF}	F_{SUF}	Final
N	5	0,5	20	13	47	20	67	0,5	0,8	1377,8	-1829,6	934,2	-1399,7	187,6
		1,0	13	7	53	27	67	0,3	0,9	1671,3	-2571,2	953,4	-1247,5	227,2
	10	0,5	20	13	53	13	73	0,6	0,8	1377,8	-1829,6	857,8	-1938,0	230,7
		1,0	13	7	60	20	73	0,4	0,9	1671,3	-2571,2	883,4	-1555,6	270,3
P	5	0,5	40	47	7	7	47	0,9	0,1	1222,9	-802,8	1109,2	-1458,9	91,2
		1,0	33	33	20	13	53	0,7	0,2	1224,3	-953,2	654,3	-1337,5	42,9
	10	0,5	13	27	40	20	53	0,4	0,6	2040,9	-501,8	1091,9	-2636,6	47,7
		1,0	13	13	53	20	47	0,7	0,3	2040,9	-441,9	959,3	-2636,6	197,5
B	5	0,5	20	20	33	27	53	0,4	0,6	1473,2	-556,5	1202,8	-2111,7	21,1
		1,0	13	13	40	33	53	0,3	0,7	2040,9	-441,9	1133,3	-1756,9	80,9
	10	0,5	33	53	7	7	40	0,8	0,1	1406,4	-740,6	1109,2	-1458,9	50,5
		1,0	27	40	20	13	73	0,4	0,9	1454,0	-845,2	654,3	-1337,5	2,2

Enquanto, os ajustes aplicados neste estudo resultaram no acréscimo produtivo de 31%, 98% e 89% para os diagnósticos do N, P e B, respectivamente (Tabela 7). Estes resultados expressivos de aumento da produtividade com adubação N, P e B, com base nos resultados da análise foliar, reforça que esses nutrientes são elementos que limitam a produção do algodoeiro cultivado em regiões tropicais.

Este estudo inédito permite recomendar o ajuste da metodologia para cultivo do algodoeiro nas condições edafoclimáticas estudadas, que possam aumentar a eficiência dos métodos de diagnose nutricional de plantas de algodão. Portanto, este estudo também evidencia a necessidade de uso de valores de referência devidamente acuradas, fato ainda pouco explorado pela comunidade científica da área de nutrição de plantas, pois se define uma norma e ela é liberada para uso sem preocupação da sua acurácia tendo sua utilidade prejudicada.

6 CONCLUSÃO

O CND foi o método mais eficiente para a interpretação do estado nutricional da planta em relação ao N, P e B, em função do maior ganho produtivo dado pelos diagnósticos corretos do método.

Para N e B os melhores resultados foram obtidos quando usado o fator de ajuste do IBNm de 1 e IRP% de 10%. Para o P, o melhor ILP foi obtido quando utilizado fator de ajuste do IBNm de 0,5 e IRP% de 5%.

O valor de referência recomendando para a diagnose nutricional do algodoeiro é aquela estabelecido pelo método CND (apresentado nos resultados).

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Hady AMA (2015) Evaluation of N, P and K Status of Wheat Using the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) and the Physiological Diagnosis Chart. **Egyptian Journal of Soil Science** 55(3)231-250.

Almeida EI, Deus JA, Corrêa MCM, Crisostomo LA, Neves JC (2016) Linha de fronteira e chance matemática na determinação do estado nutricional de pitaia. **Revista Ciência Agrônômica** 47(4)744.

Aitchison J (1982) The statistical analysis of compositional data. **Journal of the Royal Statistical Society** 44(2)139-160.

Aitchison J (1990) Relative variation diagrams for describing patterns of compositional variability. **Mathematical Geology** 22:487-511.

Atique-Ur-Rehman MF, Rashid A, Nadeem F, Stuerz S, Asch F, Bell RW, Siddique KH (2018) Boron nutrition of rice in different production systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development** 38(3)25.

Bataglia OC, Santos WR (1990) Efeito de procedimentos de cálculo e da população de referência nos índices do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 14:339-344.

Beaufils ER (1973) Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Moscow University Soil Science Bulletin** 1:132.

Behera SK, Suresh K, Rao BN, Ramachandrudu K, Manorama K, Harinarayana P (2017) Soil fertility and yield-limiting nutrients in oil palm plantations of north-eastern state Mizoram of India. **Journal of Plant Nutrition** 40(8)1165-1171.

Bellaloui N, Turley RB, Stetina SR (2015) Water stress and foliar boron application altered cell wall boron and seed nutrition in near-isogenic cotton lines expressing fuzzy and fuzzless seed phenotypes. *PLoS one*. 10(6):1-13.

Beverly RB (1987) Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges. **Journal of Plant Nutrition** 10:1401-1408.

Beverly RB (1992) Prescient diagnostic analysis shows sufficiency range approach superior to DRIS for citrus. **Communications in Soil Science & Plant Analysis** 23(17-20)2641-2649.

Beverly RB (1993a) Re-evaluation reveals weaknesses of DRIS and Sufficiency range diagnoses for wheat, corn and alfalfa. **Communications in Soil Science & Plant Analysis** 24:5-6.

Beverly RB (1993b). DRIS diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. **Journal of Plant Nutrition** 16(1)431-447.

Carbonari C, Meschede DK, Velini ED. Efeito da aplicação de glyphosate no crescimento inicial de mudas de eucalipto submetidas a dois níveis de adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2007. p. 68-70.

Camacho MA, Natale W, Barbosa JC (2012a) Faixas de suficiência para a cultura do algodão no centro-oeste do Brasil: I. Macronutrientes. **Ciência Rural** 42(8)1413-1418.

Camacho MA, Natale W, Barbosa JC (2012b) Faixa de suficiência para a cultura do algodão no centro-oeste do Brasil. II - Micronutrientes. **Ciência Rural** 42(8)993-1000.

Camacho MA, Silveira MVD, Camargo RA, Natale W (2012) Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e Nível Crítico pelo método de Distribuição Normal Reduzida para laranja-pera. **Revista Brasileira de Ciências do Solo** 36:193-200.

Castro PR, Oliveira GD (1982). Efeitos de reguladores de crescimento na nutrição mineral da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 17(1), 77-80.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. 2019. **Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos: Décimo segundo levantamento** - SAFRA 2018/19, 6(12), 1-

47. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>

Deus JAL, Barreto JHB, Soares I, Souza NCS, Sales JAF, Oliveira Filho JS (2012) Chance matemática na determinação do estado nutricional do amendoim. **Bioscience Journal** 28(3)351-357.

Dias JRM, Wadt PGS, Partelli FL, Espindula MC, Perez DV, Souza FR, Delarmelinda EA (2017) Normal nutrient ranges and nutritional monitoring of Pêra orange trees based on the CND method in different fruiting stages. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 52(9)776-785.

Föhse D, Claaseen N, Jungk A (1988) Phosphorus efficiency of plants. **Plant Soil** 110:101-109.

Gama MV (1977). Efeitos do azoto e do potássio na composição mineral do trigo 'Impeto' e do tomate 'Roma'. **Agronomia lusitana** 38:111-121.

Gaspar GG, Takahashi HW, Canteri MG, Almeida JCV, Fioretto RA, Andrade BLG, Fantin LH (2015) Balance among calcium, magnesium and potassium levels affecting Asian Soybean Rust severity. **Agronomy Science and Biotechnology** 1:39-44.

Gormus O, Barutcular C (2016). Boron Nutrition Studies with Cotton and Sunflower in Southern Turkey. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 47(7)915-929.

Grzebisz W, Przygocka-Cyna K, Lukowiak R, Biber M (2010). An evaluation of macronutrient nutritional status of sugar beets in critical stages of growth in response to foliar application of multi-micronutrient fertilizers. **Journal of Elementology** 15(3)493-507.

Hernandes A, Parent S-É, Natale W, Parent LE (2012) Balancing guava nutrition with liming and fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura** 34:1.224–1.234.

Holland DA (1966) The interpretation of leaf analysis. **Journal of Horticultural Science** 41(4)311-329.

Jones CA (1981) Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 12:785-94.

Kurihara CH, Maeda S, Alvarez VVH (2005) **Interpretação de resultados de análise foliar**. Dourados: Embrapa: CPAO, 43p. (Embrapa: CPAO. Documentos 74).

Kurihara CH, Venegas VH, Neves JCL, Novais RF, Staut LA (2013) Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e em soja, definidas em função de índices DRIS. **Revista Ceres** 60:412-419.

Lamas FM, Staut LA (1998). Nitrogênio e regulador de crescimento no algodoeiro no Sistema Plantio Direto. Embrapa Agropecuária Oeste.

Luo Z, Liu H, Li W, Zhao Q, Dai J, Tian L, Dong H (2018) Effects of reduced nitrogen rate on cotton yield and nitrogen use efficiency as mediated by application mode or plant density. **Field Crops Research** 218:150-157.

Maia CE, Morais ER, Oliveira MD (2001) Nível crítico pelo critério da distribuição normal reduzida: uma nova proposta para interpretação de análise foliar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiente** 5:235-238.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (1997) **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 319p.

Marchand S, Parent SÉ, Deland JP, Parent LÉ (2013) Nutrient signature of Quebec (Canada) cranberry (*Vaccinium macrocarpon*). **Revista Brasileira de Fruticultura** 35(1)199-209.

Martins RA (2015) **Acurácia da avaliação do estado nutricional de P e K em caupi**. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UFAC, Rio Branco.

Matos GSBD, Fernandes AR, Wadt PGS (2016) Critical levels and nutrient sufficiency ranges derived from methods for assessing the nutritional status of oil palm. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 51(9)1.557-1.567.

Mccray JM, Rice RW, Ezenwa IV, Lang TA, Baucum L (2016) Sugarcane plant nutrient diagnosis. Florida Sugarcane Handbook. Agronomy Department, Florida Cooperative Extension Service, **Institute of Food and Agricultural Sciences**.

Modesto VC, Parent SEE, Natale W, Parent LE (2014) Foliar nutrient balance standards for maize (*Zea mays* L.) at high-yield level. **American Journal of Plant Sciences** 5:497-507.

Morais TCB, Prado RM, Traspadini EIF, Wadt PGS, Paula RC, Rocha MAS (2019) Efficiency of the CL, DRIS and CND Methods in Assessing the Nutritional Status of *Eucalyptus* spp. Rooted Cuttings. v. 10, n. 9, p. 786, 2019.

Mostashari M, Khosravinejad A, Golmohammadi M (2018) Comparative Study of DOP and CND Methods for Leaf Nutritional Diagnosis of *Vitis Vinifera* in Iran. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 49(5)576-584.

Oliveira A (2019). Cultura de algodão no MS registra aumento de 25% na área plantada. **Correio do Estado**. Disponível em: <https://www.correiodoestado.com.br/rural/cultura-de-algodao-no-ms-registra-aumento-de-25-na-area-plantada/355855/>

Olsen SR (1972) Micronutrient interactions. In: Montverdt JJ, Giordano PM, Lindsay WL (Ed). **Micronutrients in agriculture**, Soil Science Of America Monographs. Madison (Wisconsin), 1972, p. 243-264.

Orlando Filho J, Zambello JRE (1983) **Diagnose foliar**. In: Orlando Filho J (ed) Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba: IAA/Planalsucar, 125-152p.

Parent LE (2011) Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura** 33:321-334.

Parent LE, Dafir MA (1992) Theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal American Society Horticultural Science** 117:239-242.

Parent S-E, Parent L. E, Egozcue JJ, Rozane D-E, Hernandez A, Lapointe L, Hebert-Gentile V, Naess K, Marchand S, Lafond J, Junior Mattos D, Barlow P, Natale W (2013a) The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. **Frontiers in Plant Science**

Parent S-É, Parent LE, Rozane DE, Hernandez A, Natale W (2012) “**Nutrient balance as paradigm of plant and soil chemometrics**,” in Soil Fertility, ed. Issaka RN, New York: InTech Publications, 83–114p.

Parent SE, Parent LE, Rozane DE, Natale W (2013) Plant ionomer diagnosis using sound balances: case study with mango (*Mangifera Indica*). **Frontiers in Plant Science** 4(449)1-12.

Partelli FL, Dias JFM, Vieira HD, Wadt PGS Junior, EP (2014) Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. **Revista Brasileira Ciência do Solo** 38:858-866.

Politi LS, Flores RA, Silva JAS, Wadt PGS, Pinto PAC, Prado RM (2013) Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 17:11-18.

Prado RM. **Nutrição de plantas**. editora UNESP, 2008. p 341-353.

Silva MDS Trevizam AR (2015). Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações agrônomicas** 49(149):10-16.

Prado RM, Caione G (2012) Plant analysis. **Soil Fertility** 1:115-134.

Rozane DE, Mattos Junior D, Parent SÉ, Natale W, Parent LE (2015) Meta-analysis in the selection of groups in varieties of citrus. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 46:1.948-1.959.

Santos EFD, Donha RMA, Araújo CMM, Lavres Junior J, Camacho MA (2013) Normal nutrient ranges for sugar cane by the methods CHM, DRIS and CND and critical level by reduced normal distribution. **Revista Brasileira Ciência do Solo** 37:1.651-1.658.

Savita S, Krishnappa R, Ngangom B, Devi MT, Mishra G, Rawat D, Srivastava PC (2016) Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) approach on Nutritional Diagnosis in Fruit crops-A Review. **Journal of Applied and Natural Science** 8(4)2.337-2.345.

Sawan ZM, Fahmy AH, Yousef SE (2011) Effect of potassium, zinc and phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypium barbadense* L.). **Archives of Agronomy and Soil Science** 57(1)75-90.

Scucuglia CL, Creste JE (2014) Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) of tomato in greenhouse. **Horticultura Brasileira** 32(2)200-204.

Serra AP, Marchetti ME, Vitorino ACT, Novelino JA Camacho MA (2010) Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo** 34:105-113.

Serra AP, Marchetti, ME, Rojas HP, Morais HS, Amaral CV, Guimarães FCN (2013). Estabelecimento de normas DRIS para o algodoeiro com diferentes critérios de seleção da população de referência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48(11)1.472-1.480.

Silva FDS, Silva NO, Oliveira TF, Reis MR, Aquino LA (2017) Índices foliares na cultura da cenoura pelo método de diagnose da composição nutricional. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 47(4)399-407.

Silva GP (2016) Acurácia da diagnose da composição nutricional (CND) para diagnóstico de fósforo em cana-de-açúcar. 62f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Unesp, Jaboticabal.

Silva MAC, Natale W, Braga Malheiros E, Pavinato A (2009). Estabelecimento e validação de normas DRIS para a cultura do algodão no centro-oeste do Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy** 31(1)93-99.

Sofi JA, Rattan RK, Kirmani NA, Chesti MH, Bisati, I (2017) Diagnosis and recommendation integrated system approach for major and micronutrient diagnostic

norms for apple (*Malus Domestica* Borkh) under varying ages and management practices of apple orchards. **Journal of Plant Nutrition** 40(12):1.784-1.796.

Sousa DMG, Lobato E (2004) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa, 416p.

Souza HÁ, Parent SÉ, Rozane DE, Amorim DA, Modesto VC, Natale W, PARENT LE (2016) Guava Waste to Sustain Guava (*Psidium guajava*) Agroecosystem: Nutrient “Balance” Concepts. **Frontiers in Plant Science** 7:1252

Souza RF, Leandro WM, Silva NB, Cunha PCR, Ximenes PA (2011) Diagnose nutricional pelos métodos Dris e faixas de concentração para algodoeiro cultivado sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 41(2):220-228.

Teixeira LAJ, Santos WD, Bataglia OC (2002) Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e de Níveis Críticos. **Revista Brasileira de Fruticultura** 24:530-535.

Teixeira LAJ, Tecchio MA, Moura MF, Terra MM, Pires EJP (2015) Normas DRIS e Níveis Críticos de nutrientes para videira ‘niagara rosada’ cultivada na região de Jundiá-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura** 37:247-255.

Tolosana-Delgado R, Van KG (2011) “**Linear models with compositions in R**”. in *Compositional Data Analysis: Theory and Applications*, eds V. Pawlowsky-Glahn and A. Buccianti (New York: John Wiley and Sons), 356–371p.

Tonin TA, Saraiva Muniz A, Scapim CA, Silva MA, Paiola Albrecht L, Conrado TV (2009). Avaliação do estado nutricional das cultivares de uva Itália e Rubi no município de Marialva, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy** 31(1):63-69.

Traspadini EIF (2016) **Qualidade dos prognósticos do estado nutricional de boro na cultura da soja**. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Unesp, Jaboticabal.

Urano EOM, Kurihara CH, Maeda S, Vitorino ACT, Gonçalves MC, Marchetti ME (2007) Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos Chance Matemática, Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação e Diagnose da Composição Nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 31:63- 72.

Wadt PGS (2005) Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 29:227-234.

Wadt PGS, Alvarez VVH, Novais RF, Fonseca S Barros NF (1998). O método da chance matemática na interpretação de dados de levantamento nutricional de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 22(4):773-778.

Wadt PGS, Anghinoni I, Guindani RHP, Lima AST, Puga AP, Silva GS, Prado RM (2013) Padrões nutricionais para lavouras arrozeiras irrigadas por inundação pelos métodos da CND e Chance Matemática. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 37:145-156.

Wadt PGS, Dias JRM (2012). Normas DRIS regionais e inter-regionais na avaliação nutricional de café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47(6)822-830.

Wadt PGS, Dias JRM, Perez DV, Lemos CO (2012) Interpretação de índices DRIS para a cultura do cupuaçu. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 36:125-135.

Wairegi LW, Asten PV (2011) Norms for multivariate diagnosis of nutrient imbalance in the East African highland bananas (*Musa* spp. AAA). **Journal Plant Nutrition** 34:1.453-1.472.

Yousuf MN, Akter S, Haque MI, Mohammad N, Zaman MS (2013) Compositional nutrient diagnosis (CND) of onion (*Allium cepa* L.). **Bangladesh Journal of Agricultural Research** 38(2)271-287.