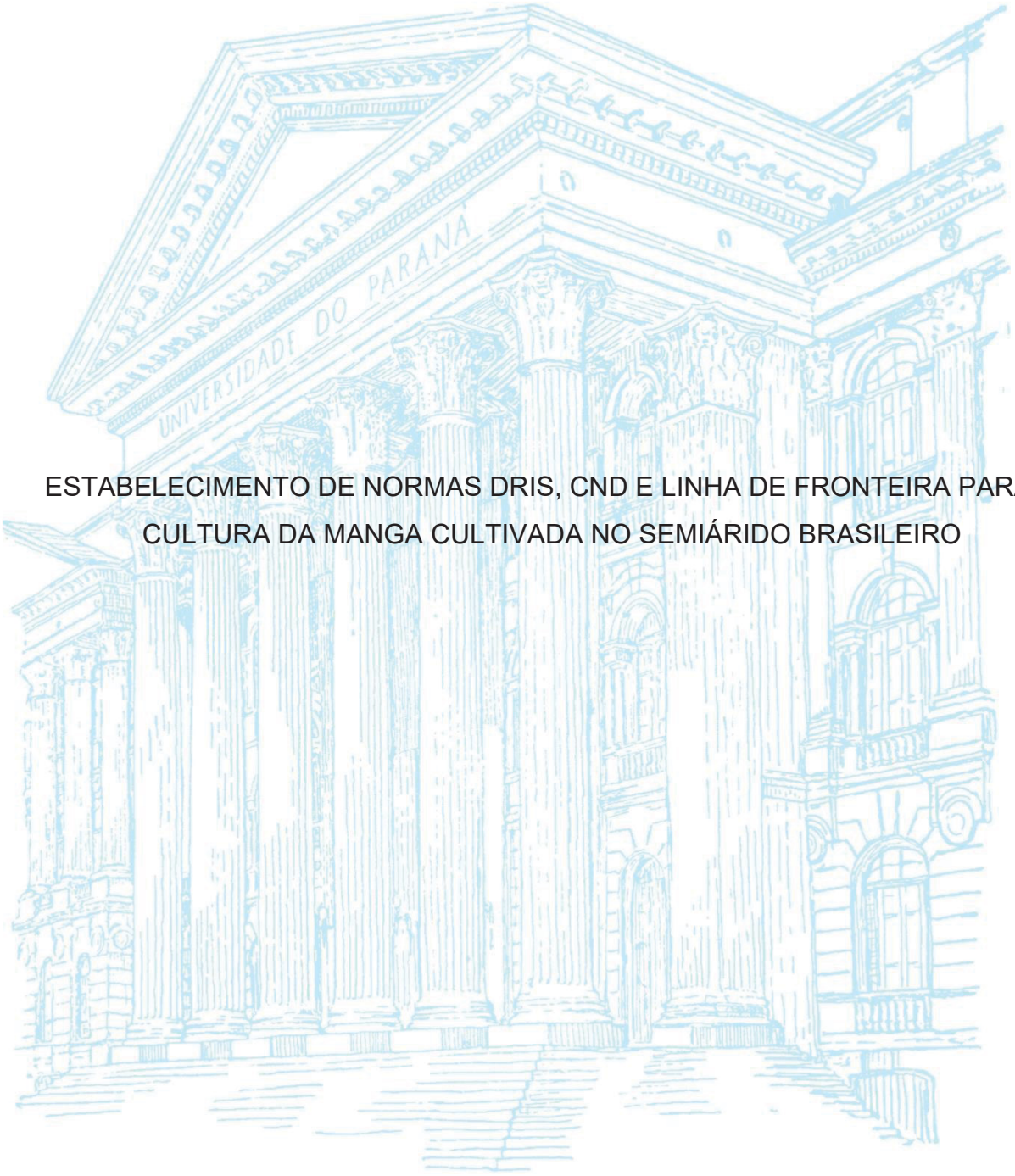
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEONARDO TULLIO



ESTABELECIMENTO DE NORMAS DRIS, CND E LINHA DE FRONTEIRA PARA A CULTURA DA MANGA CULTIVADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

CURITIBA-PR

2023

LEONARDO TULLIO

ESTABELECIMENTO DE NORMAS DRIS, CND E LINHA DE FRONTEIRA PARA A CULTURA DA MANGA CULTIVADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Eduardo Rozane

CURITIBA-PR

2023

Ficha catalográfica

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Tullio, Leonardo
Estabelecimento de normas DRIS, CND e Linha de Fronteira para a cultura da manga cultivada no semiárido brasileiro / Leonardo Tullio. – Curitiba, 2023.
1 recurso online: PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.
Orientador: Prof. Dr. Danilo Eduardo Rozane

1. Manga. 2. Clima. 3. Plantas e solo. 4. Plantas - Nutrição. I. Rozane, Danilo Eduardo. II. Universidade Federal do Paraná. Programa Pós-Graduação em Ciência do Solo. III. Título.

Bibliotecária: Telma Terezinha Stresser de Assis CRB-9/944

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA DO SOLO - 40001016014P4

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIA DO SOLO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **LEONARDO TULLIO** intitulada: **ESTABELECIMENTO DE NORMAS DRIS, CND E LINHA DE FRONTEIRA PARA A CULTURA DA MANGA CULTIVADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**, sob orientação do Prof. Dr. DANILO EDUARDO ROZANE, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 13 de Abril de 2023.

Assinatura Eletrônica
13/04/2023 14:38:50.0
DANILO EDUARDO ROZANE
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
13/04/2023 13:47:31.0
ANTONIO JOÃO DE LIMA NETO
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE)

Assinatura Eletrônica
13/04/2023 14:36:14.0
WILLIAM NATALE
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA)

Assinatura Eletrônica
14/04/2023 17:50:46.0
VOLNEI PAULETTI
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
13/04/2023 23:08:17.0
EDUARDO MACIEL HAITZMANN DOS SANTOS
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO)

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.
Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 275445
Para autenticar este documento/assinatura, acesse https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp e insira o codigo 275445

DEDICATÓRIA

Aos meus **pais ROSELI MARIA POLACK TULLIO** e **PEDRO GELSON TULLIO** pelo carinho, esforço e incentivo. Ao meu **irmão GUILHERME FRANCISCO TULLIO** pelo incentivo. A minha **esposa FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO** pelo amor, incentivo e pela compreensão nos momentos difíceis dessa caminhada. Aos meus **filhos ANTONELA MACHADO TULLIO** e **VICENTE MACHADO TULLIO**, pelo amor incondicional e pelas “bagunças” enfrentadas ao longo desses anos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, pelo dom da vida e pela cura.

Aos meus FAMILIARES que de alguma forma acreditaram e incentivaram nesta caminhada.

Ao meu orientador professor DANILO EDUARDO ROZANE que mesmo distante sempre apoiou e direcionou o rumo desta pesquisa.

Aos professores da UFPR, em especial ao professor VOLNEI PAULETTI, sempre apoiou no que era de seu alcance, tornou-se um amigo que em momentos difíceis que passei suas palavras de força e orações foram fundamentais.

Também não poderia deixar de agradecer a nossa querida secretária do programa, DENISE DE CONTI, que sempre acolhedora me recebia de braços abertos na secretaria, suas orações e seu carinho são contagiantes.

Ao ANTONIO JOÃO DE LIMA NETO, que com sua dedicação sempre esteve disposto a contribuir no trabalho.

A todos os PROFESSORES do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – UFPR por difundirem seus conhecimentos.

E a TODOS que de alguma forma participaram desta trajetória.

MUITO OBRIGADO!

Na teoria da relatividade, não existe tempo absoluto único; em vez disso, cada indivíduo tem sua própria medida de tempo, que depende de onde ele se encontra e de como está se movendo.

(STEPHEN HAWKING, 1988)

RESUMO

A preocupação frente as incertezas ou conflitos entre países exportadores de fertilizantes, como a guerra na Europa, fez o preço dos fertilizantes alcançarem patamares elevados. A busca tecnológica para esse cenário ocorre em termos de aumento da eficiência dos fertilizantes e orientações para racionalização através de técnicas de diagnóstico da nutrição mais refinadas e acuradas. A análise foliar assim como a análise do solo são parâmetros para a indicação de adubações e manejos nas diversas culturas, de maneira isolada ou conjunta fornecem informações que definem as estratégias de eficiência produtiva da cultura. Sendo assim, o estudo teve como objetivo de atualizar e estabelecer normas nutricionais para a cultura da manga na região do semiárido brasileiro utilizando de métodos robustos e acurados. Foi estruturada em três capítulos. Capítulo I: Dris norms for 'Keitt' mango in the brasilian semiarid region: diagnosis and validation. A concentração dos nutrientes apresenta relação positiva e significativa com os respectivos índices DRIS, possibilitando a determinação do ponto de equilíbrio, estabelecendo um padrão nutricional e viabilizando a utilização da diagnose foliar para a variedade. A ordem de nutrientes com maior frequência de limitações por falta, em ordem decrescente, foi: Zn > Al > Na > Cu > S > B > Mn > P = K > Fe > Ca > N > Mg, e limitantes por excesso, em ordem decrescente foi: Fe > Na > Mg > Al > Cu > B = N > S > Ca > P = K > Zn > Mn. Capítulo II: Diagnose da composição nutricional – CND para as variedades de manga Keitt, Kent e Tommy Atkins em fase de indução floral, frutificação e pós-colheita. Define-se que a melhor fase de coleta de material para avaliação do estado nutricional da manga Keitt, Kent e Tommy Atkins na região do semiárido brasileiro é a indução floral. A fase de indução floral foi a que apresentou melhor resultado de validade do teste, sendo 1,00 de especificidade para Keitt, 0,75 para Kent e 0,89 para Tommy Atkins. Capítulo III: Atualização de níveis adequados de nutrientes pela abordagem de linha de fronteira com diagrama de relacionamento solo-planta para a cultura da manga. A faixa adequada dos atributos do solo pelo método de linha de fronteira na camada de 0 – 30cm é: 5,2 – 7,5 $g.dm^{-3}$ de MO; 3,2 – 3,3 pH; 13,1 – 24,4 $mg.dm^{-3}$ de P; 0,4 – 2,0 $mmol_c.dm^{-3}$ de K; 15,9 – 32,8 $cmol_c.dm^{-3}$ de Ca; 4,4 – 7,8 $cmol_c.dm^{-3}$ de Mg; 26,6 – 116,7 $mg.dm^{-3}$ de S; 0,04 – 3,03 $mg.dm^{-3}$ de B; 0,6 – 5,8 $mg.dm^{-3}$ de Cu; 34,2 – 58,5 $mg.dm^{-3}$ de Fe; 21,0 – 39,6 $mg.dm^{-3}$ de Mn; 11,3 – 68,6 $mg.dm^{-3}$ de Zn; 0,3 – 0,1 $mg.dm^{-3}$ de Na. Os nutrientes mais limitantes, utilizando o DQRsp, a produção dos talhões em ordem decrescente são: K>S>Mn>Na>Fe>Ca>Mg>Zn>P>B>Cu. Atualização quanto a faixa adequada de nutrientes para a cultura da manga é válida para a região apresentada. A agricultura moderna exige que o produtor tradicional exerça a função de empresário rural, obtendo alta eficiência com índices de aproveitamento elevado na cultura. Otimização e sustentabilidade de um sistema é alcançada sempre que os resultados da pesquisa são aplicados na prática.

Palavras-chave: Diagnose nutricional 1. Faixa de suficiência 2. *Mangifera indica* 3. Padrões de referência 4. Relação solo-planta 5.

ABSTRACT

The concern about uncertainties or conflicts among fertilizer exporting countries, such as the war in Europe, has led to high fertilizer prices. Technological research in this scenario focuses on increasing fertilizer efficiency and providing guidance for rationalization through more refined and accurate nutrition diagnosis techniques. Leaf and soil analyses are parameters for indicating fertilization and management in various crops. These analyses, separately or combined, provide information that defines the productive efficiency strategies of the crop. Therefore, the study aimed to update and establish nutritional standards for the mango crop in the Brazilian semiarid region using robust and accurate methods. The study was structured into three chapters. Chapter I: DRIS norms for 'Keitt' mango in the Brazilian semiarid region: diagnosis and validation. The nutrient concentration shows a positive and significant relationship with the respective DRIS indices, allowing for the determination of the balance point, establishing a nutritional standard and enabling the use of leaf diagnosis for the variety. The order of nutrients with the highest frequency of deficiencies due to lack, in decreasing order, was: Zn > Al > Na > Cu > S > B > Mn > P = K > Fe > Ca > N > Mg, and the order of excess limitations, in decreasing order, was: Fe > Na > Mg > Al > Cu > B = N > S > Ca > P = K > Zn > Mn. Chapter II: Diagnosis of nutritional composition - CND for Keitt, Kent and Tommy Atkins mango varieties in the floral induction, fruiting and post-harvest phases. The best material collection phase for evaluating the nutritional status of Keitt, Kent and Tommy Atkins mangoes in the Brazilian semiarid region is the floral induction phase. The floral induction phase showed the best test validity result, with 0.99 accuracy and 1.00 specificity for Keitt, 0.73 and 0.75 for Kent, and 0.89 and 0.89 for Tommy Atkins. Chapter III: Updating adequate nutrient levels through the soil-plant relationship diagram frontier approach for the mango crop. The adequate range of soil attributes by the boundary line method in the 0 – 30cm layer is: 5.2 – 7.5 $g.dm^{-3}$ of OM; 3.2 - 3.3 pH; 13.1 – 24.4 $mg.dm^{-3}$ of P; 0.4 - 2.0 $mmolc.dm^{-3}$ of K; 15.9 – 32.8 $cmolc.dm^{-3}$ of Ca; 4.4 - 7.8 $cmolc.dm^{-3}$ of Mg; 26.6 – 116.7 $mg.dm^{-3}$ of S; 0.04 – 3.03 $mg.dm^{-3}$ of B; 0.6 – 5.8 $mg.dm^{-3}$ of Cu; 34.2 – 58.5 $mg.dm^{-3}$ of Fe; 21.0 – 39.6 $mg.dm^{-3}$ of Mn; 11.3 – 68.6 $mg.dm^{-3}$ of Zn; 0.3 – 0.1 $mg.dm^{-3}$ of Na. The most limiting nutrients, using the DQRsp, the production of the stands in descending order are: K>S>Mn>Na>Fe>Ca>Mg>Zn>P>B>Cu. Updating the appropriate nutrient range for the mango crop is valid for the presented region. Modern agriculture requires traditional farmers to act as rural entrepreneurs, achieving high efficiency with high utilization rates in crop production. Optimization and sustainability of a system are achieved whenever research results are applied in practice.

Keywords: Nutritional diagnosis 1. Sufficiency range 2. *Mangifera indica* 3. Reference standards 4. Soil-plant relationship 5.

LISTA DE FIGURAS

FIGURE 1 - RELATIONSHIP BETWEEN AVERAGE NBI MEAN VALUES AND YIELD OF 'KEITT' MANGO ORCHARDS IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION. 26
FIGURE 2 - RELATIONSHIP BETWEEN DRIS INDICES AND THE CONCENTRATION OF MACRONUTRIENTS IN 'KEITT' MANGO LEAVES. 27
FIGURE 3 - RELATIONSHIP BETWEEN DRIS INDICES AND THE CONCENTRATION OF MICRONUTRIENTS IN 'KEITT' MANGO LEAVES 28
FIGURE 4 - CATE-NELSON PARTITIONING FOR THE RELATIONSHIP BETWEEN NBI AND YIELD FOR THE 202 ‘KEITT’ MANGO PLOTS. 31
FIGURA 5 - PARTICIONAMENTO DE QUADRANTES PELO PROCEDIMENTO CATE-NELSON DAS FASES DE COLETA COM CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE E CND PARA A VARIEDADE KEITT. .47
FIGURA 6 - PARTICIONAMENTO DE QUADRANTES PELO PROCEDIMENTO CATE-NELSON DAS FASES DE COLETA COM CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE E CND PARA A VARIEDADE KENT...49
FIGURA 7 - PARTICIONAMENTO DE QUADRANTES PELO PROCEDIMENTO CATE-NELSON DAS FASES DE COLETA COM CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE E CND PARA A VARIEDADE TOMMY ATKINS. 51
FIGURA 8 - DIAGRAMA DE BLOX-POT DA PRODUTIVIDADE E TEOR DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE MANGA PARA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, DADOS BRUTOS. 68
FIGURA 9 - DIAGRAMA DE BLOX-POT DAS CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES NO SOLO NA CAMADA DE 0 A 30 CM NA CULTURA DA MANGA PARA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, DADOS BRUTOS. 69
FIGURA 10 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO PRODUTIVIDADE RELATIVA E CONCENTRAÇÃO NO SOLO NA CAMADA 0 A 30CM. 73

FIGURA 11 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO PRODUTIVIDADE RELATIVA E CONCENTRAÇÃO NO SOLO NA CAMADA 0 A 30CM. 74
FIGURA 12 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO PRODUTIVIDADE RELATIVA E CONCENTRAÇÃO NO SOLO NA CAMADA 0 A 30CM. 75
FIGURA 13 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO ENTRE PRODUTIVIDADE RELATIVA E TEOR NA FOLHA EM FASE DE INDUÇÃO FLORAL. 76
FIGURA 14 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO ENTRE PRODUTIVIDADE RELATIVA E TEOR NA FOLHA EM FASE DE INDUÇÃO FLORAL. 77
FIGURA 15 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO ENTRE PRODUTIVIDADE RELATIVA E TEOR NA FOLHA EM FASE DE INDUÇÃO FLORAL. 78
FIGURA 16 - RELACIONAMENTO ENTRE O TEOR NA FOLHA DE MANGA EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO NO SOLO (0 - 30 CM), OBTIDO PELO MÉTODO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO SOLO-PLANTA. 81
FIGURA 17 - RELACIONAMENTO ENTRE O TEOR NA FOLHA DE MANGA EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO NO SOLO (0 - 30 CM), OBTIDO PELO MÉTODO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO SOLO-PLANTA. 82
FIGURA 18 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS NAS VARIÁVEIS DA FOLHA NA FASE DE INDUÇÃO FLORAL.....83
FIGURA 19 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS NAS VARIÁVEIS DO SOLO NA CAMADA DE 0 A 30CM. 84

LISTA DE TABELAS

TABLE 1 - MEAN, STANDARD DEVIATION AND COEFFICIENT OF VARIATION OF LOGARITHMS OF NUTRIENT RATIOS OF THE REFERENCE POPULATION. 22
TABLE 2 - DISTRIBUTION (%), ACCORDING TO CRITERION ESTABLISHED BY WADT (2005), OF THE POTENTIAL FERTILIZATION RESPONSE OF THE 'KEITT' MANGO CROP IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION FROM THE LOW-YIELD POPULATION.....24
TABLE 3 - CALCULATION OF THE CHI-SQUARE DISTRIBUTION OF THE FREQUENCY OF 'KEITT' MANGO LEAF SAMPLES FROM THE LOW-YIELD POPULATION ([1]).....25
TABLE 4 - FREQUENCY DISTRIBUTION OF 'KEITT' MANGO LEAF SAMPLES INTO NUTRITIONAL CLASSES DEFINED BY THE DRIS METHOD, FROM THE LOW-YIELD POPULATION.....25
TABLE 5 - DRIS NUTRITIONAL BALANCE POINT FOR NUTRIENTS OF THE 'KEITT' MANGO CROP IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION. ...29
TABLE 6 - NUTRIENT DISTRIBUTION RANGE IN “KEITT” MANGO LEAVES ESTABLISHED BY THE DRIS NORM CALCULATION AND LITERATURE.....29
TABELA 7 - ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DE PRODUTIVIDADE EM FASES DE COLETA PARA ANÁLISE NUTRICIONAL EM VARIEDADES DE MANGA. 43
TABELA 8 - ANÁLISE DESCRITIVA DO PROCEDIMENTO CATE-NELSON PARA AS VARIEDADES DE MANGA KEITT, KENT E TOMMY ATKINS. ...52
TABELA 9 – TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE INDUÇÃO FLORAL PARA A VARIEDADE KEITT. 53
TABELA 10- TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE FRUTIFICAÇÃO PARA A VARIEDADE KEITT. 53
TABELA 11- TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE PÓS-COLHEITA PARA A VARIEDADE KEITT. 54

TABELA 12- TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE INDUÇÃO PARA A VARIEDADE KENT...55
TABELA 13- TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE FRUTIFICAÇÃO PARA A VARIEDADE KENT. 55
TABELA 14- TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE PÓS-COLHEITA PARA A VARIEDADE KENT. 56
TABELA 15 - TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE INDUÇÃO PARA A VARIEDADE TOMMY ATKINS. 57
TABELA 16 - TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE FRUTIFICAÇÃO PARA A VARIEDADE TOMMY ATKINS. 58
TABELA 17 - TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE PÓS-COLHEITA PARA A VARIEDADE TOMMY ATKINS. 58
TABELA 18 - RESUMO DESCRITIVO DAS CONCNETRAÇÕES NO SOLO E TEOR NA FOLHA PARA A CULTURA DA MANGA NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. 71
TABELA 19 – NÍVEL CRÍTICO E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA PARA A CULTURA DA MANGA ATRAVÉS DA LINHA DE FRONTEIRA. 78
TABELA 20 - PORCENTAGEM DE TALHÕES EM CADA QUADRANTE CONFORME OS CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELO MÉTODO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO PLANTA-SOLO (DQRsp). 80
TABELA 21 - NÍVEL ADEQUADO E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA FOLIAR PARA A CULTURA DA MANGA ATRAVÉS DO DQRsp. 83
TABELA 22 - FAIXAS ADEQUADAS DE NUTRIENTES PARA A CULTURA DA MANGA ESTABELECIDAS EM DIFERENTES MÉTODOS DE DIAGNOSE BEM COMO A REFERÊNCIA ENCONTRADA NA LITERATURA. 86

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....15
2 CAPÍTULO I: DRIS NORMS FOR 'KEITT' MANGO IN THE BRASILIAN SEMIARID REGION: DIAGNOSIS AND VALIDATION.....18
2.1 ABSTRACT.....18
2.2 RESUMO.....18
2.3 INTRODUCTION.....19
2.4 MATERIAL AND METHODS.....19
2.5 RESULTS AND DISCUSSION.....22
2.6 CONCLUSIONS.....32
2.7 REFERENCES.....32
3.1 RESUMO.....36
3.2 ABSTRACT.....37
3.3 INTRODUÇÃO.....38
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....39
3.4.1 Localização da área de estudo.....39
3.4.2 Estabelecimento das normas CND.....39
3.4.3 Definição da fase ideal para diagnóstico nutricional.....41
3.4.4 Aplicação do procedimento Cate e Nelson.....41
3.4.5 Validação do teste.....41
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....42
3.6 CONCLUSÕES.....59
3.7 REFERÊNCIAS.....59
4 CAPÍTULO III: ATUALIZAÇÃO DE NÍVEIS ADEQUADOS DE NUTRIENTES PELA ABORDAGEM DE LINHA DE FRONTEIRA E DO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO SOLO-PLANTA PARA A CULTURA DA MANGA.....62
4.1 RESUMO.....62
4.2 ABSTRACT.....63
4.3 INTRODUÇÃO.....64
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....65
4.4.1 Condições avaliadas.....65
4.4.2 Abordagem da linha de fronteira (LF).....66

4.4.3 Abordagem do diagrama de quadrantes do relacionamento solo-planta (DQRsp) 66
4.4.4 Abordagem dos dados pela análise de componentes principais -CPA 67
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 68
4.6 CONCLUSÕES 87
4.7 REFERÊNCIAS 87
5 CONCLUSÃO GERAL 90
REFERÊNCIAS 91

1 INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo da *Mangifera indica L.* no Brasil em 2021 representou aproximadamente 76,9 mil hectares, sendo a região nordeste responsável por 57,8 mil hectares, 75,2% do total (IBGE, 2023), sendo o estado de Pernambuco responsável por 61,6% (EMBRAPA, 2023).

Segundo dados do IBGE (2023) a produtividade média da cultura no Brasil é de 19,8 $Mg.ha^{-1}$, já o estado de Pernambuco chega a 28,6$Mg.ha^{-1}$, mas podem ser observadas produtividades superiores em áreas com a demanda nutricional da planta suprida em níveis adequadas.

Neste sentido, o uso de fertilizantes representa certa de 29,3% do total de custo com a cultura, considerando média de produtividade de 23,0 $Mg.ha^{-1}$(CONAB, 2022). Porém, o consumo de fertilizantes pela agricultura brasileira eleva o país em 4° lugar, mas com dependência de importação que chega a 80%, alcançando o valor de 9 bilhões de dólares (FARIAS et al., 2021).

O aumento das importações de fertilizantes teve crescente nos últimos anos, de 1998 a 2020 crescimento de 445% (ANDA, 2021). Sendo em 2022 importado 32,3 milhões de toneladas e produzidos nacionalmente apenas 6,8 milhões de toneladas (ANDA, 2023).

A preocupação frente as incertezas ou conflitos entre países exportadores de fertilizantes, como a guerra na Europa, fez o preço dos fertilizantes alcançarem patamares elevados. A busca tecnológica para esse cenário ocorre em termos de aumento da eficiência dos fertilizantes e orientações para racionalização através de técnicas de diagnóstico da nutrição mais refinadas e acuradas.

A análise foliar assim como a análise do solo são parâmetros para a indicação de adubações e manejos nas diversas culturas, de maneira isolada ou conjunta fornecem informações que definem as estratégias de eficiência produtiva da cultura.

Estabelecer valores padrões de referência para o estado nutricional de uma cultura requer estudos que envolvam variação nas condições de solo e clima, assim podendo ser constantemente reavaliados gerando novas informações que podem ser agregadas ao conjunto de dados já existentes (PARENT, 2011). Sendo assim, avaliar o estado nutricional das frutíferas necessita de melhores padrões de referência para que sejam confiáveis (ROZANE; PRADO, 2020).

Entre os métodos citados na literatura, o nível crítico (NC) (Ulrich, 1952), faixa de suficiência (FS), que utiliza relações univariada (Dow; Roberts, 1982), sistema integrado de diagnose e recomendação ou *Diagnosis and Recommendation Integrated System* (DRIS), que utiliza relações bivariadas (Beaufils, 1973) e diagnose da composição nutricional ou *Compositional Nutrients Diagnosis* (CND), que utiliza relações multivariadas (Parent; Dafir, 1992) são amplamente discutidos e aplicados a diversas culturas.

Alguns trabalhos demostram ter diferenças quando se compara áreas irrigadas e não irrigadas, pois é uma relação direta entre disponibilidade hídrica no solo e de nutrientes para a planta. Estudo apresentado por Rozane et al. (2009), com a cultura da goiaba, demostram que áreas irrigadas o número de folhas amostradas é menor do que em área sem irrigação, isso demostra a relação da disponibilidade hídrica no solo e a diagnose foliar.

O uso de métodos eficientes para a diagnose nutricional da planta e relacionar com o solo são importantes para determinar da faixa de suficiência. Entre eles, o método da Linha de Fronteira ou *Boundary Line* (LF) tem apresentado resultados satisfatórios. Esse método foi proposto por Webb (1972), em estudos com dados biológicos. Consiste em definir uma linha na borda dos dados, o qual definir o melhor desempenho na população e ocorre sempre que existir uma relação causa efeito entre duas variáveis (EVANYLO e SUMNER, 1987).

Também o método do Diagrama de Quadrantes do Relacionamento solo-planta (DQRsp) tem essa aplicabilidade, ele foi proposto por Sousa (2016). Através da plotagem dos dados de relacionamento entre variáveis em um sistema cartesiano, selecionada dos dados de dois quadrantes (I e III) é ajustado um modelo matemático onde a curva de resposta foliar de um nutriente está em função da disponibilidade no solo (SOUSA et al., 2018).

Algumas aplicações são evidenciadas por Ali (2018) com a cultura da manga no Egito, Lima Neto (2018) com coeficientes de partição e análises de solo e folha para recomendação de adubos na cultura do eucalipto e Lima Neto et al. (2020) em estabelecimento de nível crítico de nutrientes no eucalipto.

Portanto, faz-se necessário estabelecer referências para variedades específicas utilizando métodos que comparem os resultados dos teores foliares da amostra com os padrões nutricionais adequados obtidos na população de alta produtividade da cultura a ser analisada (FRANCO-HERMIDA et al., 2020).

Sendo assim, o presente trabalho teve o objetivo de atualizar e estabelecer normas nutricionais para a cultura da manga na região do semiárido brasileiro utilizando de métodos robustos e acurados.

2 CAPÍTULO I: DRIS NORMS FOR 'KEITT' MANGO IN THE BRASILIAN SEMIARID REGION: DIAGNOSIS AND VALIDATION

2.1 ABSTRACT

Nutritional standards based on long-term data improve the nutritional diagnosis of the crop, as they make norms more precise and establish more refined criteria. This study aimed to evaluate the nutritional status of the mango crop using the DRIS methodology to identify nutritional limitations and validate norms. A database of 202 commercial plots was used, whose leaves were collected in the floral induction period between 2011 and 2018 in the Brazilian semiarid region. The productivity of 'Keitt' mango under the Brazilian semiarid conditions was not related to NBI-DRIS. Nutrient concentration presents positive and significant relationship with the respective DRIS indices, enabling the determination of the balance point, establishing a nutritional standard and enabling the use of foliar diagnosis for the variety. The order of nutrients with the highest frequency of limitations due to lack, in decreasing order, was: Zn > Al > Na > Cu > S > B > Mn > P = K > Fe > Ca > N > Mg, and limitation due to excess, in decreasing order was: Fe > Na > Mg > Al > Cu > B = N > S > Ca > P = K > Zn > Mn.

Keywords: Nutritional diagnosis, Floral induction, *Mangifera indica.*

2.2 RESUMO

Padrões nutricionais com base em dados de longo prazo melhoram o diagnóstico nutricional da cultura, pois tornam as normas mais precisas e estabelecem critérios mais refinados. Objetivou avaliar o estado nutricional da cultura da manga utilizando a metodologia DRIS para identificar as limitações nutricionais e validar as normas. Foi utilizado banco de dados de 202 talhões comerciais, cujas folhas foram coletadas no período de indução floral entre 2011 e 2018, no semiárido brasileiro. A produtividade da manga 'Keitt' nas condições do semiárido brasileiro não foi relacionada com o IBN do DRIS. A concentração dos nutrientes apresenta relação positiva e significativa com os respectivos índices DRIS, possibilitando a determinação do ponto de equilíbrio, estabelecendo um padrão nutricional e viabilizando a utilização da diagnose foliar para a variedade. A ordem de nutrientes com maior frequência de limitações por falta, em ordem decrescente, foi: Zn > Al > Na > Cu > S > B > Mn > P = K > Fe > Ca > N > Mg, e limitantes por excesso, em ordem decrescente foi: Fe > Na > Mg > Al > Cu > B = N > S > Ca > P = K > Zn > Mn.

Palavras-chave: Diagnose Nutricional, Indução floral, *Mangifera indica.*

Cap. 1 – Revista Brasileira de Fruticultura, v.44, n.5, e-117. DOI: https://dx.doi.org/10.1590/0100-29452022117. Received 01 Dez, 2021 . Accepted 12 July, 2022 . Published Sep/Oct, 2022.

2.3 INTRODUCTION

Productivity variability in perennial crops is mainly affected by plant management and soil fertility conditions. It is necessary to determine the levels of nutrients by diagnostic methods in nutritional composition studies.

Establishing standard reference values for the nutritional status of a crop requires studies that involve variation in soil and climate conditions, so they can be constantly reassessed, generating new information that can be added to the existing data set (PARENT, 2011). Thus, assessing the nutritional status of fruit trees requires better reference standards to be reliable (ROZANE; PRADO, 2020).

Among methods cited in literature, critical level (CL) (ULRICH, 1952), sufficiency range (SR), which uses univariate relationships (DOW; ROBERTS, 1982), diagnosis and recommendation integrated system (DRIS), which uses bivariate relationships (BEAUFILS, 1973) and compositional nutrient diagnosis (CND), which uses multivariate relationships (PARENT; DAFIR, 1992) are widely discussed and applied in different crops.

In mango, Rozane et al. (2007) emphasize that leaf chemical analysis helps in nutritional knowledge and evaluates the result of fertilization based on soil chemical analysis. Wadt and Silva (2020) evaluated the nutritional status of Tommy mangoes using the CND method and reported that it enabled a more efficient fertilization management in commercial orchards.

For this reason, it is necessary to establish nutritional references in specific crops and varieties using tools and methods that compare the results of the foliar contents of samples with adequate nutritional standards obtained in the high-yield population of the crop to be analyzed (FRANCO-HERMIDA et al., 2020).

Thus, with data from the leaf analysis of 'Keitt' mango from commercial plots, the aim was to evaluate the nutritional status of the crop using the DRIS methodology to identify nutritional limitations and validate norms.

2.4 MATERIAL AND METHODS

A database of 202 plots was used, whose leaf samples were collected in the floral induction period between 2011 and 2018 from commercial areas in the Brazilian semiarid region, state of Pernambuco. The 'Keitt' mango variety was selected, and leaf samples were collected during the floral induction period. The establishment of the DRIS norms involved the total leaf nutrient contents in $g.kg^{-1}$ for

N, P, K, Ca, Mg and S, and in $mg.kg^{-1}$ for B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na and Al and crop yield ($Mg.ha^{-1}$).

For the division of the database in reference population or high yield and low yield, Serra et al. (2013) reported that there are several criteria, and in the present study, the yield criterion superior to the average value obtained was established. In order to minimize the flattening effect of data, providing the kurtosis effect, the functions of nutrient ratios were calculated through the logarithm transformation, proposed by Beverly (1987).

The methodology applied to calculate the DRIS indices was the one proposed by Beaufils (1973), which uses all ratios (N/P and P/N):

$$IY = \frac{\sum f\left[\frac{A}{B}\right] - \sum f\left[\frac{A}{B}\right]}{n}$$

Where Y is the nutrient and is the number of DRIS functions analyzed. To calculate the nutrient balance index - NBI, the sum in modulus of the indices of each nutrient was used:

$$NBI = |IN| + |IP| + |IK| + |ICa| + |IMg| + |IS| + |IB| + |ICu| + |IFe| + |IMn| + |IZn| + |INa| + |IAl|$$

To calculate the average NBI, the criterion proposed by Wadt et al. (1998) was adopted, which uses the sum in modulus of the indices of each nutrient divided by the number of nutrients involved (n):

$$NBI\ mean = \frac{NBI}{n}$$

In order to interpret the NBI, the potential fertilization response (PFR) was used, as established by Wadt (2005), which was defined in 5 classes: (p) positive, (pz) positive or null, (z) null, (nz) negative or null and (n) negative. To facilitate interpretation, classes were grouped according to criteria proposed by Silva et al. (2005) in: (LL) limiting by lack (= p+pz), (NL) non-limiting (= z) and (LE) limiting by excess (= nz+n).

The adherence of PFR classes was calculated by the chi-square test (5%), where its validity is verified if there is total significance between rows and columns,

with observed (OF) and expected (EF) frequencies, established according to Urano et al. (2006):

$$EF\% = \left[\frac{\frac{Total\ No.of\ plots\ evaluated}{Total\ No.of\ nutrients}}{Total\ No.of\ plots\ evaluated}\right] \times 100$$

$$OF\% = \left[\frac{No.\ of\ plots\ in\ which\ the\ nutrient\ was\ (p)}{No.of\ plots\ evaluated}\right] \times 100$$

To determine the ranges of adequate levels of nutrients, regressions between the levels of each nutrient and their respective DRIS indices were obtained. To establish the critical level, sufficiency ranges were established considering deviations from the zero index plus or minus 2/3 of the standard deviation value obtained for each nutrient, as proposed by Serra et al. (2012).

In order to validate the DRIS diagnostic method, the graphical method of the Cate-Nelson procedure was applied, which principle is the division of the scatterplot into four quadrants, thus maximizing the number of points in the positive quadrants while minimizing the number of negative quadrants (NELSON; ANDERSON, 1977). Each quadrant represents a class of response to the use of the input and means, as mentioned by Parent et al. (2013):

o True Negative (TN): adequate nutritional status, as the high-yield population was correctly identified as balanced.

o False Positive (FP): nutrient consumption by the plant or exceptionally high efficiency of nutrient use, as the high-yield population was incorrectly identified as unbalanced.

o False Negative (FN): nutritional imbalance caused by at least one nutrient, as the low-yield population was correctly identified as unbalanced.

o True Positive (TP): impact of other limiting factors on crop performance, as the low-yield population was incorrectly identified as balanced.

According to Parent et al. (2013), the interpretation of the procedure should be performed as follows:

o Negative Predictive Value (NPV): probability of a balanced diagnosis returning to high performance, calculated as TN / (TN + FN)

o Positive Predictive Value (PPV): probability of an imbalance diagnosis returning to low performance, calculated as TP / (TP + FP)

o Accuracy (Ac.): probability of an observation being correctly identified as balanced or unbalanced, calculated as (TN + TP) / (TN + FN + TP + FP)

o Specificity (Sp.): probability of a high-yield observation being balanced, calculated as TN / (TN + FP)

o Sensitivity (Sens.): probability of a low-performance observation to be unbalanced, calculated as TP / (TP + FN).

2.5 RESULTS AND DISCUSSION

Analyzing the total of 202 plots, 82 were classified as high-yield or reference subpopulation, totaling 40.6% of the population, and the rest (59.4%) as low-yield subpopulation.

Table 1 shows the mean values, standard deviation and coefficient of variation of the DRIS norm found, using all Beaufils ratios (N/P and P/N) (1973).

TABLE 1 - MEAN, STANDARD DEVIATION AND COEFFICIENT OF VARIATION OF LOGARITHMS OF NUTRIENT RATIOS OF THE REFERENCE POPULATION.

N/	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Mean	0.96	0.05	-0.20	0.86	1.00	-0.88	0.05	-0.91	-1.55	-0.68	-1.08	-1.10
Standard deviation	0.17	0.13	0.16	0.14	0.21	0.23	0.27	0.19	0.30	0.25	0.22	0.28
CV %	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.05	0.07	0.04	0.09	0.06	0.05	0.08
P/	N	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Mean	-0.96	-0.91	-1.16	-0.10	0.04	-1.84	-0.92	-1.88	-2.51	-1.64	-2.05	-2.06
Standard deviation	0.17	0.13	0.15	0.17	0.22	0.23	0.28	0.23	0.30	0.25	0.25	0.28
CV %	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.08	0.05	0.09	0.06	0.06	0.08
K/	N	P	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Mean	-0.05	0.91	-0.25	0.81	0.95	-0.93	0.00	-0.96	-1.60	-0.73	-1.13	-1.15
Standard deviation	0.13	0.13	0.16	0.13	0.19	0.22	0.27	0.18	0.30	0.24	0.23	0.28
CV %	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.05	0.07	0.03	0.09	0.06	0.05	0.08
Ca/	N	P	K	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Mean	0.20	1.16	0.25	1.06	1.20	-0.68	0.24	-0.72	-1.35	-0.48	-0.89	-0.90
Standard deviation	0.16	0.15	0.16	0.14	0.22	0.20	0.28	0.21	0.29	0.25	0.22	0.28
CV %	0.03	0.02	0.03	0.02	0.05	0.04	0.08	0.04	0.08	0.06	0.05	0.08

Mg/	N	P	K	Ca	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Mean	-0.86	0.10	-0.81	-1.06	-0.14	-1.74	-0.82	-1.78	-2.41	-1.54	-1.95	-1.96
Standard deviation	0.14	0.17	0.13	0.14	0.21	0.22	0.29	0.20	0.28	0.26	0.22	0.30
CV %	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.05	0.08	0.04	0.08	0.07	0.05	0.09
S/	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Mean	-1.00	-0.04	-0.95	-1.20	-0.14	-1.88	-0.95	-1.91	-2.55	-1.67	-2.08	-2.10
Standard deviation	0.21	0.22	0.19	0.22	0.21	0.27	0.27	0.24	0.34	0.28	0.27	0.30
CV %	0.04	0.05	0.03	0.05	0.04	0.07	0.07	0.06	0.11	0.08	0.07	0.09
B/	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Mean	0.88	1.84	0.93	0.68	1.74	1.88	0.93	-0.03	-0.67	0.21	-0.20	-0.22
Standard deviation	0.23	0.23	0.22	0.20	0.22	0.27	0.33	0.26	0.32	0.28	0.26	0.28
CV %	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.07	0.10	0.07	0.10	0.08	0.07	0.08
Cu/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Na	Al
Mean	-0.05	0.92	0.00	-0.24	0.82	0.95	-0.93	-0.96	-1.60	-0.72	-1.13	-1.15
Standard deviation	0.27	0.28	0.27	0.28	0.29	0.27	0.33	0.28	0.38	0.33	0.35	0.33
CV %	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.10	0.08	0.14	0.11	0.12	0.10
Fe/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Na	Al
Mean	0.91	1.88	0.96	0.72	1.78	1.91	0.03	0.96	0.24	0.24	-0.17	-0.19
Standard deviation	0.19	0.23	0.18	0.21	0.20	0.24	0.26	0.28	0.22	0.22	0.26	0.25
CV %	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04	0.06	0.07	0.08	0.05	0.05	0.07	0.06
Mn/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn	Na	Al
Mean	1.55	2.51	1.60	1.35	2.41	2.55	0.67	1.60	0.63	0.87	0.47	0.45
Standard deviation	0.30	0.30	0.30	0.29	0.28	0.34	0.32	0.38	0.31	0.32	0.33	0.35
CV %	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.11	0.10	0.14	0.09	0.10	0.11	0.12
Zn/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Na	Al
Mean	0.68	1.64	0.73	0.48	1.54	1.67	-0.21	0.72	-0.24	-0.87	-0.41	-0.43
Standard deviation	0.25	0.25	0.24	0.25	0.26	0.28	0.28	0.33	0.22	0.32	0.30	0.30
CV %	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.11	0.05	0.10	0.09	0.09
Na/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Al

Mean	1.08	2.05	1.13	0.89	1.95	2.08	0.20	1.13	0.17	-0.47	0.41	-0.02
Standard deviation	0.22	0.25	0.23	0.22	0.22	0.27	0.26	0.35	0.26	0.33	0.30	0.30
CV %	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.12	0.07	0.11	0.09	0.09
Al/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Mean	1.10	2.06	1.15	0.90	1.96	2.10	0.22	1.15	0.19	-0.45	0.43	0.02
Standard deviation	0.28	0.28	0.28	0.28	0.30	0.30	0.28	0.33	0.25	0.35	0.30	0.30
CV %	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.10	0.06	0.12	0.09	0.09

SOURCE: The author (2022).

Table 2 shows the result of the potential fertilization response, in which it is evident that the highest frequency of positive response (p) was presented by Zn and Al, followed by Cu and S; however, nutrients P and B presented values very close to the others and should not be included in this class. The nutrients that presented low fertilization response (n), that is, found in excess, are: Fe, Cu and Na, respectively.

TABLE 2 - DISTRIBUTION (%), ACCORDING TO CRITERION ESTABLISHED BY WADT (2005), OF THE POTENTIAL FERTILIZATION RESPONSE OF THE 'KEITT' MANGO CROP IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION FROM THE LOW-YIELD POPULATION.

Nutrient	p[(2)]	pz	z	nz	n
N	6.6	3.3	68.6	14.9	6.6
P	7.4	10.7	65.3	12.4	4.1
K	6.6	11.6	65.3	12.4	4.1
Ca	5.0	6.6	69.4	14.0	5.0
Mg	2.5	6.6	64.5	19.0	7.4
S	10.7	13.2	56.2	11.6	8.3
B	7.4	15.7	55.4	15.7	5.8
Cu	10.7	14.9	50.4	9.1	14.9
Fe	4.1	13.2	48.8	14.0	19.8
Mn	3.3	19.0	69.4	6.6	1.7
Zn	14.0	19.8	53.7	5.8	6.6
Na	7.4	19.8	44.6	15.7	12.4
Al	14.0	18.2	43.0	21.5	3.3

[(2)]p: positive, with high probability; pz: positive, with low probability; z: null; nz: negative, with low probability; n: negative, with high probability, according to Wadt (2005).

SOURCE: The author (2022).

The chi-square test for nutrient frequencies showed significant effect, indicating that the method was efficient in diagnosing the positive effect of the

fertilization response (TABLE 3). Similar results were found by Politi et al. (2013), applying the test in the mango experiment.

TABLE 3 - CALCULATION OF THE CHI-SQUARE DISTRIBUTION OF THE FREQUENCY OF 'KEITT' MANGO LEAF SAMPLES FROM THE LOW-YIELD POPULATION ([1]).

Nutrient	OF [(3)]	FE	$(OF-EF)^2/EF$
N	6.6	7.7	0.2
P	7.4	7.7	0.0
K	6.6	7.7	0.2
Ca	5.0	7.7	1.0
Mg	2.5	7.7	3.5
S	10.7	7.7	1.2
B	7.4	7.7	0.0
Cu	10.7	7.7	1.2
Fe	4.1	7.7	1.6
Mn	3.3	7.7	2.5
Zn	14.0	7.7	5.3
Na	7.4	7.7	0.0
Al	14.0	7.7	5.3
		Chi-square	21.91 **

(1) With response potential to positive and very likely fertilization (p), according to Wadt (2005). [(3)] OF and EF correspond to observed and expected frequencies, respectively. ** Significant at 1%.
SOURCE: The author (2022).

The analysis of nutritional class found the following nutrients limiting due to lack, in decreasing order of frequency: Zn > Al > Na > Cu > S > B > Mn > P = K > Fe > Ca > N > Mg, and limiting due to excess, in decreasing order: Fe > Na > Mg > Al > Cu > B = N > S > Ca > P = K > Zn > Mn (TABLE 4). Fe excess result corroborates findings by Silva et al. (2004) in 'Tommy Atkins' mango. Similarly, Raj and Rao (2006), in a long-term experiment with mango, found that the most limiting nutrients by the DRIS method were Fe and Zn.

TABLE 4 - FREQUENCY DISTRIBUTION OF 'KEITT' MANGO LEAF SAMPLES INTO NUTRITIONAL CLASSES DEFINED BY THE DRIS METHOD, FROM THE LOW-YIELD POPULATION.

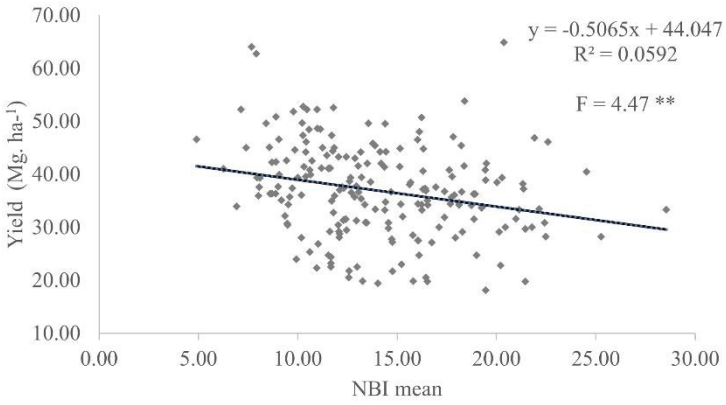
Nutrient	LL[(1)]	NL	LE	Total
N	9.9	68.6	21.5	100
P	18.2	65.3	16.5	100
K	18.2	65.3	16.5	100
Ca	11.6	69.4	19.0	100
Mg	9.1	64.5	26.4	100
S	24.0	56.2	19.8	100
B	23.1	55.4	21.5	100
Cu	25.6	50.4	24.0	100

Fe	17.4	48.8	33.9	100
Mn	22.3	69.4	8.3	100
Zn	33.9	53.7	12.4	100
Na	27.3	44.6	28.1	100
Al	32.2	43.0	24.8	100

(1)LL- limiting due to lack; NL- non-limiting; LE- limiting due to excess.
SOURCE: The author (2022).

Figure 1 shows the graph of the relationship between average NBI and yield, showing linear equation, significant at 1%, with determination coefficient equal to 5% (R^2=0.059). Similar result (R^2=0.003) was found by Santos (2016) for atemoya crop, whereas Souza et al. (2013) obtained determination coefficient of 42% for guava crop.

FIGURE 1 - RELATIONSHIP BETWEEN AVERAGE NBI MEAN VALUES AND YIELD OF 'KEITT' MANGO ORCHARDS IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION.

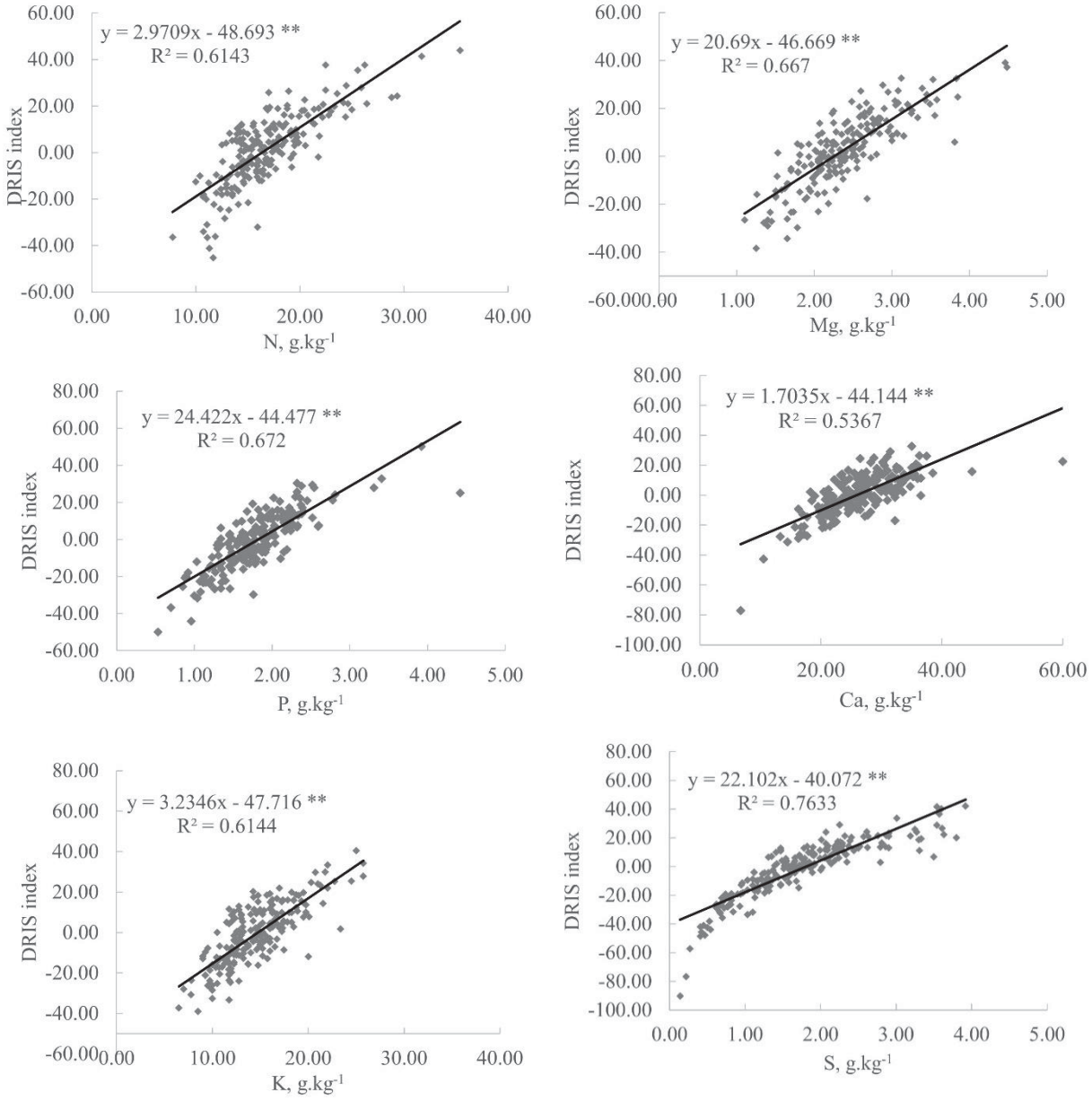


** Significant at 1%.
SOURCE: The author (2022).

In view of the above, it is clear that the average NBI mean did not provide the necessary information to determine whether crop production is significantly associated with the nutritional balance index calculated by the DRIS method. Even if plots are managed in a uniform way, as they belong to a single company, there was variation according to the years under analysis.

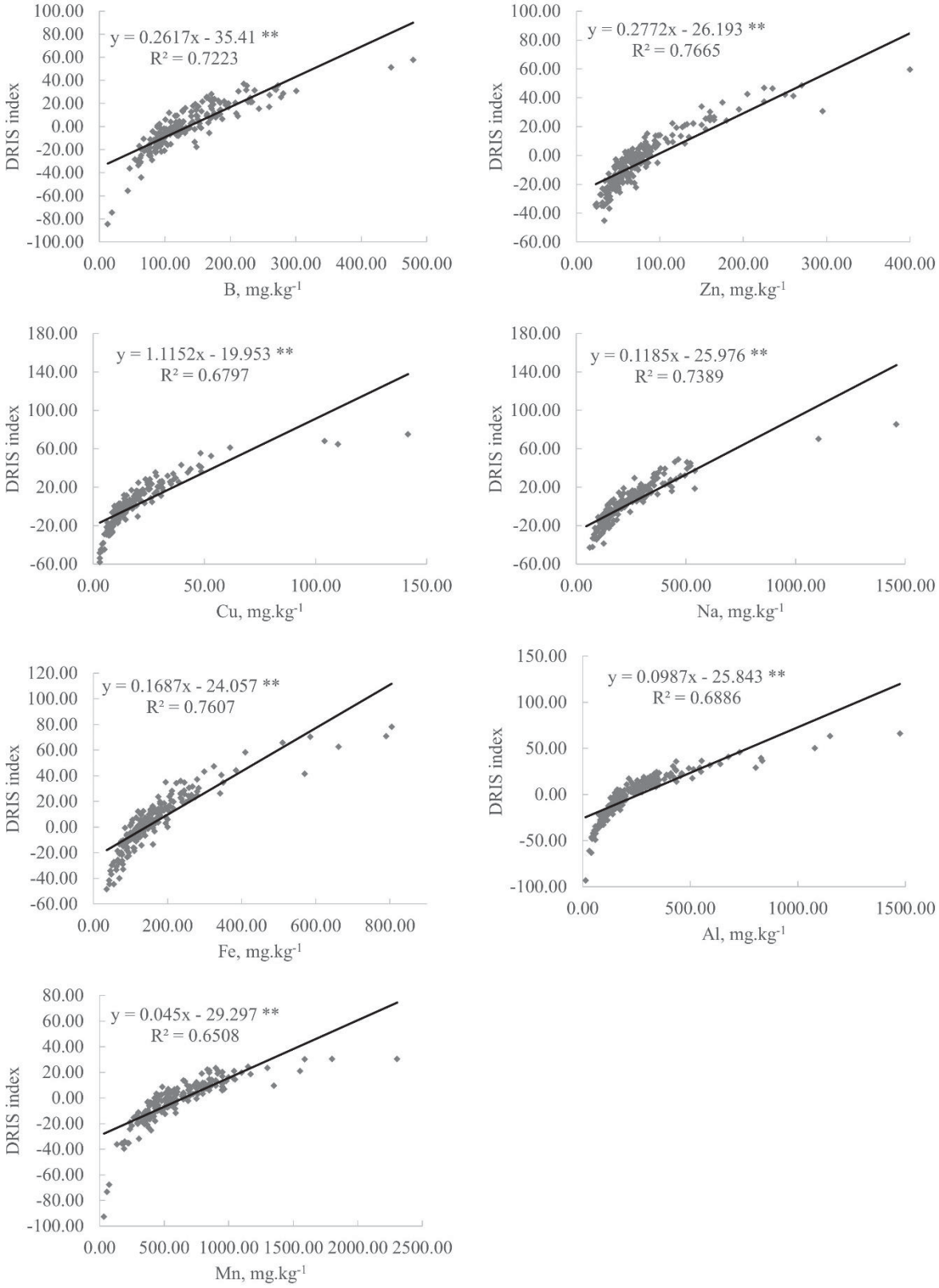
However, when relating the DRIS index with the concentrations of the respective nutrients, determination coefficients above 53% for macronutrients were observed, being 76% for S (FIGURE 2) and above 65% for micronutrients, being 76% for Zn and Fe (FIGURE 3).

FIGURE 2 - RELATIONSHIP BETWEEN DRIS INDICES AND THE CONCENTRATION OF MACRONUTRIENTS IN 'KEITT' MANGO LEAVES.



** Significant at 1%.
SOURCE: The author (2022).

FIGURE 3 - RELATIONSHIP BETWEEN DRIS INDICES AND THE CONCENTRATION OF MICRONUTRIENTS IN 'KEITT' MANGO LEAVES



** Significant at 1%.
SOURCE: The author (2022).

Considering that the plant is in nutritional balance when the DRIS index value approaches zero (WALWORTH; SUMMER, 1987), a DRIS nutritional balance point was determined, equating the graph equation to zero (TABLE 5).

TABLE 5 - DRIS NUTRITIONAL BALANCE POINT FOR NUTRIENTS OF THE 'KEITT' MANGO CROP IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION.

Nutrient	DRIS nutritional balance point (1)
N ($g.kg^{-1}$)	16.4
P ($g.kg^{-1}$)	1.8
K ($g.kg^{-1}$)	14.8
Ca ($g.kg^{-1}$)	25.9
Mg ($g.kg^{-1}$)	2.3
S ($g.kg^{-1}$)	1.8
B ($mg.kg^{-1}$)	135.3
Cu ($mg.kg^{-1}$)	17.9
Fe ($mg.kg^{-1}$)	142.6
Mn ($mg.kg^{-1}$)	651.0
Zn ($mg.kg^{-1}$)	94.5
Na ($mg.kg^{-1}$)	219.2
Al ($mg.kg^{-1}$)	261.8

(1) Nutrient concentration in leaves of nutritionally balanced 'Keitt' mango plants.
SOURCE: The author (2022).

The sufficiency range and adequate content of DRIS results were compared with literature data, and it was observed that there was a difference in amplitudes (TABLE 6). The results show smaller amplitude of the DRIS sufficiency range for K, Ca, Mg, Cu, and Zn when compared to literature. Analyzing the appropriate content, only Mn, B and K, DRIS had its highest values, the others being very close to those of literature.

TABLE 6 - NUTRIENT DISTRIBUTION RANGE IN “KEITT” MANGO LEAVES ESTABLISHED BY THE DRIS NORM CALCULATION AND LITERATURE.

Nutrient	Method	Adequate range	Adequate content
N	DRIS	13.7 - 19.1	16.4
	Quaggio et al. (1996)	12.0 - 14.0	-
	Medeiros et al. (2005)	-	12.9
	Araújo (2010)	-	13.8
P	DRIS	1.5 - 2.1	1.8
	Quaggio et al. (1996)	0.8 - 1.6	-
	Medeiros et al. (2005)	-	1.2

	Araújo (2010)	-	1.0
K	DRIS	12.4 - 17.2	14.8
	Quaggio et al. (1996)	5.0 - 10.0	-
	Medeiros et al. (2005)	-	6.9
	Araújo (2010)	-	8.5
Ca	DRIS	21.8 - 30.0	25.9
	Quaggio et al. (1996)	20 - 35	-
	Medeiros et al. (2005)	-	41.4
	Araújo (2010)	-	23.4
Mg	DRIS	1.9 - 2.7	2.3
	Quaggio et al. (1996)	2.5 - 5.0	-
	Medeiros et al. (2005)	-	4.0
	Araújo (2010)	-	2.4
S	DRIS	1.3 - 2.3	1.8
	Quaggio et al. (1996)	0.8 - 1.8	-
	Medeiros et al. (2005)	-	-
	Araújo (2010)	-	0.7
B	DRIS	93.2 - 177.4	135.3
	Quaggio et al. (1996)	50.0 - 100.0	-
	Medeiros et al. (2005)	-	-
	Araújo (2010)	-	82.7
Cu	DRIS	7.1 - 28.7	17.9
	Quaggio et al. (1996)	10.0 - 50.0	-
	Medeiros et al. (2005)	-	78.0
	Araújo (2010)	-	12.3
Fe	DRIS	68.4 - 216.8	142.6
	Quaggio et al. (1996)	50.0 - 200.0	-
	Medeiros et al. (2005)	-	114.0
	Araújo (2010)	-	84.5
Mn	DRIS	451.1 - 850.9	651.0
	Quaggio et al. (1996)	50.0 - 100.0	-
	Medeiros et al. (2005)	-	189.0
	Araújo (2010)	-	174.1
Zn	DRIS	53.0 - 136.0	94.5
	Quaggio et al. (1996)	20.0 - 40.0	-
	Medeiros et al. (2005)	-	96.0
	Araújo (2010)	-	28.6
Na	DRIS	116.5 - 321.9	219.2
	Quaggio et al. (1996)	-	-
	Medeiros et al. (2005)	-	-
	Araújo (2010)	-	-

Al	DRIS	132.4 - 391.2	261.8
	Quaggio et al. (1996)	-	-
	Medeiros et al. (2005)	-	-
	Araújo (2010)	-	-

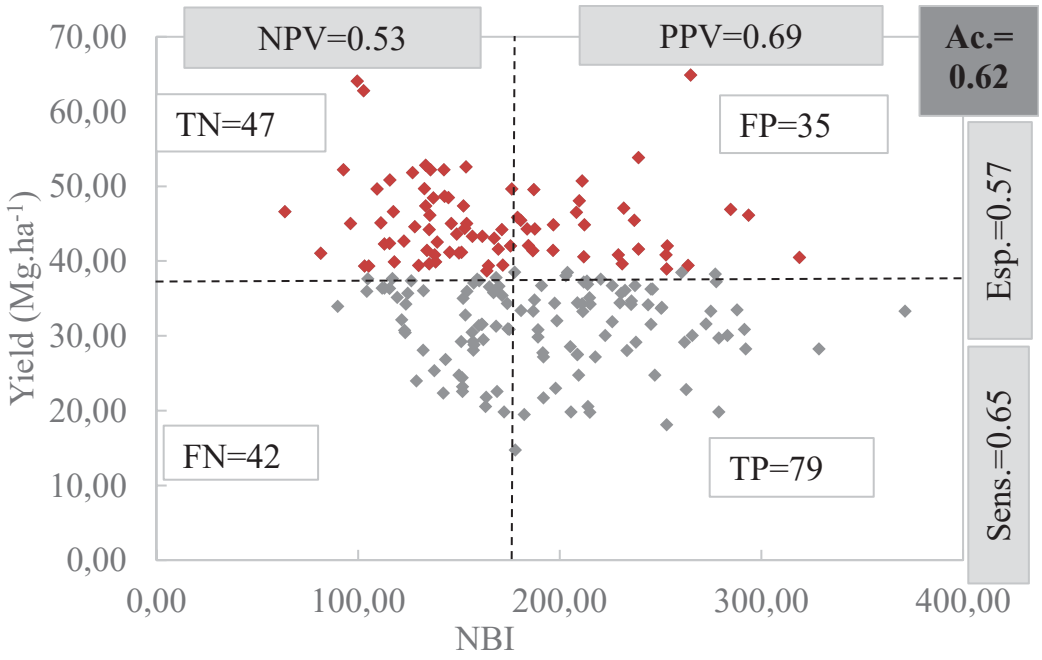
DRIS, floral induction phase; Quaggio et al. (1996), flowering phase; Medeiros et al. (2005), pre-flowering phase; Araújo (2010), pre-flowering phase.
SOURCE: The author (2022).

Data referring to Al and Na are not reported in diagnostic studies, although Al is considered a toxic element for plants, some biochemical mechanisms can give plants the ability to inactivate or store aluminum in leaves in non-toxic forms (SILVA et al., 1984).

In regions such as the semiarid, Na is frequently analyzed in order to detect the occurrence of the soil salinization process. The excess of salts severely limits agricultural production, especially in arid and semiarid regions, where about 25% of the irrigated area is salinized (FAO, 2011).

In Figure 4, the result of the application of the Cate-Nelson procedure is presented, where the general nutritional balance indices are related to the entire sample set of the 'Keitt' mango crop yield.

FIGURE 4 - CATE-NELSON PARTITIONING FOR THE RELATIONSHIP BETWEEN NBI AND YIELD FOR THE 202 'KEITT' MANGO PLOTS.



NPV = Negative Predictive Value; PPV = Positive Predictive Value; TN = True Negative; FP = False Positive; TP = True Positive; FN = False Negative; Ac. = Accuracy; Esp. = Specificity; Sens. = Sensitivity.
SOURCE: The author (2022).

Accuracy, which represents the probability level of the observation being correctly identified as balanced or unbalanced, presented value of 62% (FIGURE 4). Parent et al. (2013) found values of 92% for mango crop using CND. In literature, ideal values above 50% (BEVERLY; HALLMARK, 1992) or above 68% (WADT; LEMOS, 2010) are reported.

As for specificity and sensitivity, the values obtained were 57 and 65%, respectively (FIGURE 4). In the work developed by Meneses et al. (2017) with sweet corn crop, specificity of 95% and sensitivity of 45% were obtained.

For the high-yield population (82 plots), 47 were correctly identified with adequate nutritional status (TN) and 35 were incorrectly identified (FP). As for the low-yield population (121 stands), 79 were correctly identified as unbalanced (TP), where at least one nutrient is affecting yield, while 42 were impacted by other factors limiting crop performance, not nutritional (FN) (FIGURE 4).

2.6 CONCLUSIONS

The yield of 'Keitt' mango under the Brazilian semiarid conditions was not related to NBI-DRIS.

Nutrient concentration has positive and significant relationship with the respective DRIS indices, enabling the determination of the balance point, establishing a nutritional standard and enabling the use of foliar diagnosis for the variety.

The order of nutrients with the highest frequency of limitations due to lack, in decreasing order was: Zn > Al > Na > Cu > S > B > Mn > P = K > Fe > Ca > N > Mg, and due to excess in decreasing order was: Fe > Na > Mg > Al > Cu > B = N > S > Ca > P = K > Zn > Mn.

2.7 REFERENCES

ARAÚJO, J.J. de. **Avaliação do estado nutricional da mangueira Tommy Atkins irrigada no Vale do Açu em diferentes épocas de amostragem foliar**. 2010. (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed

from research in plant nutrition. **Soil Science Bulletin**, Pietermararitzburg: University of Natal, v 1, p. 132, 1973.

BEVERLY, R.B. Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. **Journal of Plant Nutrition**, v.10, p.901-920, 1987.

BEVERLY, R.B.; HALLMARK, W.B. Prescient diagnostic analysis: a proposed new approach to evaluating plant nutrient diagnostic methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.23, p.2633-2640, 1992.

DOW, A.I.; ROBERTS, S. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. **Agronomy Journal, v** 74, p. 401–403. 1982.

FAO. Food and agriculture organization of the United Nations. The state of the world's land and water resources for food and agriculture. **Roma.** 2011.

FRANCO-HERMIDA, J.J.; QUINTERO-CASTELLANOS, M.F.; GUZMÁN, A.I.; GUZMÁN, M.; CABRERA, R.I. Validating integrative nutrient diagnostic norms for greenhouse cut-roses. **Scientia Horticulturae**. 264: 109094. 2020.

MEDEIROS, A. A; AMORIM, J. R. A. de; SILVA, D. J; GUEDES, F. X; GUERRA, A. G; DANTAS, J. A. **Composição mineral de folhas e exportação de nutrientes pelos frutos de mangueira, em cultivo irrigado, no Rio Grande do Norte.** Natal, RN: Emparn, 2005. 13 p. (Emparn. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 30).

MENESES, N.B. **Diagnóstico do estado nutricional do milho-doce**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

NELSON, L.A.; ANDERSON, R.L. Partitioning of soil test-crop response probability. In: Peck TR, Cope-Junior JT, Whitney DA (ed.) Soil testing: correlating and interpreting the analytical results. Madison: **American Society of Agronomy, Crop Science Society of America**; 1977.

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 321-334, 2011.

PARENT, S.E.; PARENT, L.E.; ROZANE, D.E.; NATALE, W. Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (*Mangifera indica).* **Frontiers in Plant Science,** v.4, n. 39, p. 1-10. 2013.

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, p.239-242, 1992.

POLITI, L. S.; FLORES, R. A.; SILVA, J. A. S.; WADT, P. G. S.; PINTO, P. A. C.; PRADO, R. M. Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 11-18, 2013.

QUAGGIO, J.A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O.M. (Ed.) **Manga**: tecnologia de produção e mercado. Vitória da Conquista: UESB, 1996. p.106-135.

RAJ. G.B.; RAO. A.P. Identification of Yield-Limiting Nutrients in Mango through DRIS Indexes. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.37, p. 1761-1774, 2006.

ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PRADO, R.DE.M.; BARBOSA, J.C. Amostragem para diagnose do estado nutricional de mangueiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 371-376. 2007.

ROZANE, D.E.; PRADO, R.DEM. Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints. In: Anoop Kumar Srivastava, Chengxiao Hu. ELSEVIER. 2020.E-book.

SANTOS, E.M.H dos. **Diagnose da Composição Nutricional (CND) para a cultura da Atemoia.** 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; ROJAS, E.P.; VITORINO, A.C.T. Beaufils ranges to assess the cotton nutrient status in the southern region Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 171-181, 2012.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; ROJAS, E.P.; MORAIS, H.S. de.; CONRAD, V.D.A.; GUIMARÃES, F.C.N. Estabelecimento de normas DRIS para o algodoeiro com diferentes critérios de seleção da população de referência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília. v.48, p. 1472-1480, 2013.

SILVA, D.R.; PEREIRA, R.; MOUCO, M.A.; ALBUQUERQUE, A.S. de.; RAIJ, B.; SILVA, C. A. **Nutrição mineral e adubação da mangueira em condições irrigadas**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. 13 p. (Embrapa Semi-Árido, Circular Técnica, 77).

SILVA, G.G.C., NEVES, J.C.L.; ALVAREZ, V.H. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M- DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 755-761, 2005.

SILVA, J.B.C.; NOVAIS, R.F.; SEDIYAMA, C.S. Identificação de genótipos de sorgo tolerantes a toxicidade de alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 77-83, 1984.

SOUZA, H.A.; ROZANE, D.E.; AMORIM, D.A de.; NATELE, W. Normas preliminares DRIS e faixas de suficiência para goiabeira 'Paluma'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 282-291, 2013.

ULRICH, A. Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants. **Annual Review of Plant Physiology,** v 3, p. 207–228. 1952.

URANO, EM. O.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.C. Avaliação do estado nutricional da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 1.421-1.428, 2006.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F.; DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 661-666, 1998.

WADT, P.G.S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.227-234, 2005.

WADT, P.G.S.; LEMOS, C.O. Medidas de acurácia para diagnósticos nutricionais e seu impacto no manejo das adubações. In: PRADO, R. de M.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CORREIA, M.A.R.; PUGA, A.P. (Ed.). **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças.** Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, p.213-236. 2010.

WADT, P.G.S.; SILVA, D. J.; **Normas multivariadas para avaliação do estado nutricional de mangueiras cultivar Tommy Atkins, pelo método da Composição da Diagnose Nutricional.** EMBRAPA. Comunicado técnico n° 412. 2020.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). In: STEWART, B. A. **Advances in Soil Science**, New York: Springer - Verlag. v.6, p.150-188. 1987.

3 CAPÍTULO II: DIAGNOSE DA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL (CND) PARA AS VARIEDADES DE MANGA KEITT, KENT E TOMMY ATKINS EM FASE DE INDUÇÃO FLORAL, FRUTIFICAÇÃO E PÓS-COLHEITA

3.1 RESUMO

A região nordeste é considerada o principal polo de produção de frutas do Brasil, sendo o cultivo da manga expressivo devido as características de clima e manejo. A diagnose da composição nutricional da planta, as etapas que definem as normas as quais serão os novos padrões, dependem de dados relacionados a espécie e variedade, bem como número suficiente de informações que representem a norma. Neste sentido, teve como objetivo definir normas CND nas fases de indução floral, frutificação e pós-colheita para as variedades Keitt, Kent e Tommy Atkins em condições do semiárido brasileiro. Dados da cultura da manga (*Mangifera indica L*.) de talhões comercial, situado no semiárido brasileiro, sendo registrados do ano de 2011 a 2018, com as variedades Keitt, Kent e Tommy Atykins. Foram coletadas amostras em três fases de desenvolvimento, sendo indução floral, frutificação e pós-colheita. Teve como resultado o maior número de observações encontram-se na fase de indução para ambas as variedades, sendo a variedade Tommy Atkins com o maior número. Foi verificado menor e maior produtividade para a amostragem em fase de indução floral com a variedade Tommy Atkins, de 1,85 $Mg.ha^{-1}$ e 64,64 $Mg.ha^{-1}$, respectivamente. Conclui-se que a melhor fase de coleta de material para avaliação do estado nutricional da manga Keitt, Kent e Tommy Atkins na região do semiárido brasileiro é a indução floral, devido sua especificidade. A fase de indução floral foi a que apresentou melhor resultado de validade, sendo 1,00 de especificidade para Keitt, 0,75 para Kent e 0,89 para Tommy Atkins. A faixa de suficiência para a variedade Keitt na fase de indução para N, P, K, Ca, Mg e S em $g.kg^{-1}$ é: 13,65 – 19,21; 1,51 – 2,13; 12,19 – 16,77; 22,63 – 29,39; 1,91 – 2,63; 1,28 – 2,34 e para B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na e Al em $mg.kg^{-1}$ é: 92,03 – 168,97; 6,51 - 29,11; 72,43 – 213,51; 495,87 – 848,69; 53,95 – 138,07; 112,63 – 324,21; 138,74 – 371,28, respectivamente. A faixa de suficiência para a variedade Kent na fase de indução para N, P, K, Ca, Mg e S em $g.kg^{-1}$ é: 12,63 – 17,11; 1,40 – 1,92; 11,85 – 15,35; 25,25 – 34,11; 1,97 – 2,59; 0,86 – 2,00; e para B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na e Al em $mg.kg^{-1}$ é: 115,40 – 245,60; 7,70 – 35,00; 102,63 – 201,37; 422,34 – 829,06; 32,57 – 123,91; 111,57 – 276,41; 139,30 – 338,20, respectivamente. A faixa de suficiência para a variedade Tommy Atkins na fase de indução para N. P, K, Ca, Mg e S em $g.kg^{-1}$ é: 13,93 – 19,851,40 – 1,96; 10,99 – 14,61; 24,52 – 32,18; 1,76 – 2,50; 0,77 – 1,77; e para B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na e Al em $mg.kg^{-1}$ é: 110,01 – 209,69; 6,73 – 27,47; 82,29 – 218,45; 317,09 – 673,65; 43,51 – 121,89; 111,64 – 266,40; 106,08 – 375,44, respectivamente.

Palavras-chave: Acurácia, Estabelecimento de Normas, Faixa adequada, Fase de coleta

3.2 ABSTRACT

The northeastern region is considered the main fruit production hub of the Brazil, and mango cultivation is significant due to its climate and management characteristics. The diagnosis of the plant's nutritional composition, which defines the norms that will become new standards, depends on data related to the species and variety, as well as a sufficient amount of information that represents the norm. In this sense, the objective was to define CND norms in the floral induction, fruiting, and post-harvest phases for the Keitt, Kent, and Tommy Atkins varieties in the Brazilian semiarid region. Data from the commercial mango crop (*Mangifera indica L.*) located in the Brazilian semiarid region, were collected from 2011 to 2018, with the Keitt, Kent, and Tommy Atkins varieties. Samples were collected in three development phases, namely floral induction, fruiting, and post-harvest. The result was that the highest number of observations were found in the induction phase for both varieties, with Tommy Atkins having the highest number. The lowest and highest productivity were observed for the floral induction sampling of the Tommy Atkins variety, which were 1.85 $Mg.ha^{-1}$ and 64.64 $Mg.ha^{-1}$, respectively. It was concluded that the best material collection phase for evaluating the nutritional status of the Keitt, Kent, and Tommy Atkins mango varieties in the Brazilian semiarid region is the floral induction phase. The floral induction phase presented the best validity result, with a specificity of 1.00 for Keitt, 0.75 for Kent, and 0.89 for Tommy Atkins. The sufficiency range for the Keitt variety in the induction phase for N, P, K, Ca, Mg, and S in $g.kg^{-1}$ is: 13.65 - 19.21; 1.51 - 2.13; 12.19 - 16.77; 22.63 - 29.39; 1.91 - 2.63; 1.28 - 2.34 and for B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na, and Al in $mg.kg^{-1}$ is: 92.03 - 168.97; 6.51 - 29.11; 72.43 - 213.51; 495.87 - 848.69; 53.95 - 138.07; 112.63 - 324.21; 138.74 - 371.28, respectively. The sufficiency range for the Kent variety in the induction phase for N, P, K, Ca, Mg, and S in $g.kg^{-1}$ is: 12.63 - 17.11; 1.40 - 1.92; 11.85 - 15.35; 25.25 - 34.11; 1.97 - 2.59; 0.86 - 2.00; and for B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na, and Al in $mg.kg^{-1}$ is: 115.40 - 245.60; 7.70 - 35.00; 102.63 - 201.37; 422.34 - 829.06; 32.57 - 123.91; 111.57 - 276.41; 139.30 - 338.20, respectively. The sufficiency range for the Tommy Atkins variety during the induction phase for N, P, K, Ca, Mg, and S in $g.kg^{-1}$ is: 13.93-19.85, 1.40-1.96, 10.99-14.61, 24.52-32.18, 1.76-2.50, 0.77-1.77; and for B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na, and Al in $mg.kg^{-1}$ it is: 110.01-209.69, 6.73-27.47, 82.29-218.45, 317.09-673.65, 43.51-121.89, 111.64-266.40, and 106.08-375.44, respectively.

Keywords: Accuracy, Establishment of Norms, Adequate Range, Collection Phase.

3.3 INTRODUÇÃO

No Brasil, a região nordeste é considerada um importante polo de produção de frutas, sendo o cultivo da manga expressivo devido às favoráveis características climáticas para o cultivo.

Em 2021 a cultura representou cerca de 77 mil hectares cultivados, sendo o estado de Pernambuco responsável por 61,6% com produtividade média de 28,6 $Mg.ha^{-1}$, estando acima da média nacional que é de 19,8 $Mg.ha^{-1}$ (EMBRAPA, 2023).

Ao utilizar a diagnose da composição nutricional ou *Compositional Nutrients Diagnosis* (CND), as relações multivariadas entre os nutrientes por considerar os elementos não determinados pela análise química das folhas, a avaliação do equilíbrio nutricional acaba sendo de forma integrada, proporcionando normas específicas (PARENT e DAFIR, 1992).

Quando os nutrientes apresentam interação nos tecidos vegetais, suas proporções ou concentrações mudam relativamente entre si, como resultado do sinergismo, do antagonismo, ou da neutralidade, o que produz uma ressonância dentro do espaço fechado da composição do tecido (PARENT, 2011). Neste sentido, a amostragem das folhas para o diagnóstico deve seguir premissas básicas, pois estabelecem a metodologia de coleta para o qual a norma foi padronizada.

Na literatura a indicação para a cultura da manga define que a época mais aceita é em pleno florescimento (AVILAN e CARMELO, 1990), porém novas indicações são necessárias sugerindo outras épocas e estruturas da planta. Rozane e Prado (2020) mencionam que a avaliação do estado nutricional necessita de melhores padrões de referência, e Oliveira et al. (2020) constataram tal necessidade com a indicação de maiores correlações entre o balanço de nutrientes e a produtividade do órgão flor em relação à folha para a cultura da goiabeira.

Na análise foliar, os nutrientes rotineiramente analisados são: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), contudo, em algumas regiões devido à peculiaridade do manejo e das condições edafoclimáticas, solo e qualidade da água da irrigação há necessidade ao monitoramento de demais elementos, sendo empregado as determinações do Alumínio (Al) e do Sódio (Na) no tecido vegetal. Embora o Al, seja considerado elemento tóxico para a planta, alguns mecanismos bioquímicos podem conferir as plantas condição de inativar ou armazenar o Al nas folhas em formas não tóxicas (SILVA et al., 1984).

Em regiões como o semiárido, o Na, é frequentemente analisado, a fim de detectar a ocorrência do processo de salinização do solo. Pois o excesso de sais limita severamente a produção agrícola principalmente nas regiões áridas e semiáridas, onde cerca de 25% da área irrigada encontra-se salinizada (FAO, 2011).

O objetivo deste estudo foi definir normas CND nas fases de indução floral, frutificação e pós-colheita para as variedades Keitt, Kent e Tommy Atkins em condições do semiárido brasileiro.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Localização da área de estudo

Os dados da cultura da manga (*Mangifera indica L.*) são provenientes do cultivo de áreas comercial, situado no semiárido brasileiro, município de Petrolina - PE, perímetro irrigado do vale do rio São Francisco. Constituindo de 1685 observações os dados registrados do ano de 2011 a 2018 compreendem 800 hectares, cultivados as variedades Keitt, Kent e Tommy Atykins, sendo amostradas em 25 planas por talhão as folhas medianas a altura de 1,5 m do solo do último fluxo vegetativo em cada uma das três fases distintas de desenvolvimento: indução floral, frutificação e pós-colheita.

3.4.2 Estabelecimento das normas CND

Segundo Parent e Dafir (1992), a composição do tecido vegetal forma uma disposição nutricional dimensional, isto é, um *simplex* (*S*d) constituído por *d* + 1 proporções de nutrientes incluindo *d* nutrientes e um valor de enchimento:

$$Sd = [(N, P, K \ldots, Rd): N > 0, P > 0, K > 0, \ldots : Rd > 0, N + P + K \ldots + Rd = 1.000.000]$$

Onde:

- 1.000.000 é a concentração de matéria seca ($mg.kg^{-1}$)
- N, P, K,...são proporções de nutrientes
- R*d* é o valor de enchimento entre 1.000.000 e a soma de *d* proporções de nutrientes

$$Rd = 1.000.000 - (N + P + K + \cdots)$$

Segundo AITCHISON (1986), as proporções de nutrientes tornaram-se invariantes na escala depois de terem sido divididas pela média geométrica (*G*) dos componentes *d* + 1, incluindo *R*d como se segue:

$$G = \left(\prod_{i=1}^{d} Xi\right)^{\frac{1}{(d+1)}} = (N \times P \times K \times [\dots] \times Rd)^{\frac{1}{(d+1)}}$$

A transformação dos dados pela relação logarítmica centrada (CND-*clr*) estabelecem as variáveis multinutrientes VN, VP, VK..., VRd, sendo calculadas como segue:

$$clr_{nutriente} = V_N = ln\frac{N}{G}; V_P = ln\frac{P}{G}; V_K = ln\frac{K}{G}; [\dots]; V_{Rd} = ln\frac{Rd}{G}$$

Para a verificação de controle da certeza dos cálculos é aplicado a soma:

$$VN + VP + VK + \cdots, VRd = 0$$

Os valores dos índices CND foram padronizadas da seguinte forma:

$$IN = \frac{(VN - VN*)}{SDN*},\ IP = \frac{(VP - VP*)}{SDP*},\ IK = \frac{(VK - VK*)}{SDK*},\ IRd = \frac{(VRd - VRd*)}{SDRd*}$$

Para o cálculo do desequilíbrio de nutrientes é o CND-r^2 foi calculado da seguinte forma:

$$CND - r^2 = IN^2 + IP^2 + IK^2 + \cdots + IN^2$$

A exclusão de dados outliers foi realizado pela distância de Mahalanobis (*M*) por meio dos balanços ortogonais, foi também calculada como índice de desequilíbrio de nutrientes e medida de disparidade dos dados composicionais, como segue:

$$M = \sqrt{(x - X)^T}\, COV^{-1}(x - X)$$

Onde:

- X o baricentro da população de referência
- *T* é a matriz transposta
- COV é a matriz de covariância da população de referência (ROZANE et al., 2016).

3.4.3 Definição da fase ideal para diagnóstico nutricional

A identificação e definição da melhor fase para diagnóstico em cada variedade de manga estudada foi seguido a metodologia apresentada por Parent et al. (2013), que permite comparar a distância de Mahalanobis calculada utilizando-as, posteriormente a divisão da população de alto e baixo rendimento pelo método de Cate-Nelson com os dados de produtividade. Posteriormente realiza-se a comparação pela partição das amostras em VN (Verdadeiro Negativo), VP (Verdadeiro Positivo), FN (Falso Negativo) e FP (Falso Positivo).

3.4.4 Aplicação do procedimento Cate e Nelson

A fim de validação do método diagnóstico CND foi aplicado o método gráfico do procedimento Cate-Nelson, seu princípio está na divisão do diagrama de dispersão em quatro quadrantes, assim maximiza o número de pontos nos quadrantes positivos enquanto minimiza o número de quadrantes negativos (NELSON; ANDERSON, 1977).

Segundo Parent et al. (2013) os quadrantes são divididos em:

VN – Verdadeiro negativo: sendo a população de alta produtividade que foi corretamente identificada como equilibrada, estado nutricional adequado.

FP – Falso positivo: sendo a população de alta produtividade que foi incorretamente identificada como desiquilibrada, plantas com eficiência elevada

VP – Verdadeiro positivo: sendo a população de baixa produtividade que foi corretamente identificada como desiquilibrada, em que pelo menos um elemento causa o desequilíbrio nutricional.

FN – Falso negativo: sendo a população de baixa produtividade que foi incorretamente identificada como equilibrada, indicam o impacto de outros fatores limitantes.

3.4.5 Validação do teste

Para validar a precisão do procedimento Cate e Nelson, foi realizado a metodologia segundo Parent et al. (2013) como é demonstrado a seguir:

- Valor Preditivo Negativo (VPN): probabilidade de um diagnóstico equilibrado retornar a um alto desempenho, calculado como VN / (VN + FN)

- Valor Preditivo Positivo (VPP): probabilidade de um diagnóstico de desequilíbrio retornar a um baixo desempenho, calculado como VP / (VP + FP)
- Acurácia (Ac.): probabilidade de uma observação ser corretamente identificada como equilibrada ou desequilibrada, calculado como (VN + VP) / (VN + FN + VP + FP)
- Especificidade (Esp.): probabilidade de uma observação de elevada produtividade ser equilibrada, calculado como VN / (VN + FP)
- Sensibilidade (Sens.): probabilidade de uma observação de baixo desempenho estar desequilibrada, calculada como VP / (VP + FN).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 7 são apresentadas as estatísticas descritivas dos dados para as três variedades estudadas e as fases de coleta. No geral o maior número de observações (talhões) encontra-se na fase de indução para ambas as variedades, sendo a variedade Tommy Atkins com o maior número de observações de todo o grupo. Assim devido a variabilidade de observações em cada uma das fases (Indução floral, Frutificação e Pós-colheita) avaliadas verificou-se menor e maior produtividade para a amostragem em fase de indução floral para a variedade Tommy Atkins, de 1,85 $Mg.ha^{-1}$ e 64,64 $Mg.ha^{-1}$, respectivamente. Sendo a média de produtividade para Keitt, Kent e Tommy Atkins, em fase de indução floral de 36,9; 28,9 e 28,83 $Mg.ha^{-1}$, frutificação de 37,4; 26,2 e 26,19 $Mg.ha^{-1}$ e pós-colheita de 43,7; 29,5 e 26,73 $Mg.ha^{-1}$, respectivamente.

Segundo dados do IBGE (2023) a produtividade média da cultura no Brasil é de 19,8 $Mg.ha^{-1}$, já o estado de Pernambuco chega a 28,6 $Mg.ha^{-1}$, mas observa-se que o potencial produtivo é maior na fase de indução para as variedades analisadas.

Dentre os fatores não relacionados a nutrição da planta, a técnica de indução floral na manga através de produtos reguladores de crescimento é considerada essencial para o sucesso da cultura em regiões tropicais. Essa prática favorece a uma maior uniformidade de produção e possibilita produção escalonada no ano todo, garantindo frutos de qualidade (COSTA et al., 2008).

TABELA 7 - ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DE PRODUTIVIDADE EM FASES DE COLETA PARA ANÁLISE NUTRICIONAL EM VARIEDADES DE MANGA.

Variedades	**N° outliers**	**Nº observações***	**Amplitude da produtividade (Mg.ha^{-1})**	**Média (Mg.ha^{-1})**	**Desvio padrão (Mg.ha^{-1})**
Keitt					
			Indução floral		
	25	176	14,7 - 64,0	36,9	8,6
			Frutificação		
	3	64	25,3 - 62,8	37,4	7,5
			Pós-colheita		
	27	65	36,9 - 62,8	43,7	5,4
Kent					
			Indução floral		
	12	179	6,3 - 47,9	28,9	8,3
			Frutificação		
	3	68	3,5 - 47,8	26,2	9,9
			Pós-colheita		
	17	183	14,5 - 47,9	29,5	7,6
Tommy Atkins					
			Indução floral		
	18	365	1,81 - 64,64	26,83	8,6
			Frutificação		
	3	111	3,65 - 50,27	26,19	9,8
			Pós-colheita		
	49	317	3,65 - 48,03	26,73	7,8

*número de observações após exclusão de outliers.
FONTE: O autor (2023).

Após o tratamento dos dados pela metodologia CND (Parent; Darfir, 1992), foi gerado as normas para cada variedade e fase de coleta. Nas tabelas 8, 9 e 10 são apresentadas as normas como a média e desvio padrão para a população de alta produtividade, para as variedades Keitt, Kent e Tommy Atkins, respectivamente.

TABELA 8 - NORMA ESTABELECIDA PELO MÉTODO CND PARA A VARIEDADE DE MANGA KEITT EM FASES DE COLETA

Variáveis Multinutrientes	**Indução floral**		**Frutificação**		**Pós-colheita**	
	Média	**Desvio padrão**	**Média**	**Desvio padrão**	**Média**	**Desvio padrão**
V_N	2.592	0.269	2.854	0.456	2.473	0.308
V_P	0.386	0.264	0.858	0.436	0.238	0.276
V_K	2.465	0.249	3.245	0.593	1.894	0.238
V_{Ca}	3.060	0.207	1.509	0.968	3.268	0.255
V_{Mg}	0.616	0.292	0.820	0.434	0.479	0.231
V_S	0.283	0.415	0.661	0.680	-0.153	0.596
V_B	-2.299	0.349	-2.860	0.463	-2.090	0.427
V_{Cu}	-4.445	0.565	-4.001	0.790	-3.828	0.904
V_{Fe}	-2.221	0.329	-2.359	0.665	-2.215	0.299
V_{Mn}	-0.696	0.383	-2.408	1.078	-0.483	0.363
V_{Zn}	-2.755	0.462	-3.020	0.516	-2.990	0.481
V_{Na}	-1.836	0.439	-1.591	0.534	-1.802	0.346
V_{Al}	-1.787	0.499	-1.488	0.734	-1.338	0.472
V_R	6.636	0.155	7.779	0.555	6.547	0.160
Σ	0.000	-	0.000	-	0.000	-

FONTE: O autor (2023).

TABELA 9 - NORMA ESTABELECIDA PELO MÉTODO CND PARA A VARIEDADE DE MANGA KENT EM FASES DE COLETA

Variáveis Multinutrientes	**Indução floral**		**Frutificação**		**Pós-colheita**	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
V_N	2.518	0.288	2.868	0.384	2.445	0.333
V_P	0.323	0.269	1.091	0.391	0.161	0.243
V_K	2.424	0.250	3.301	0.599	1.991	0.265
V_{Ca}	3.205	0.236	1.718	0.730	3.188	0.231
V_{Mg}	0.647	0.292	0.729	0.277	0.449	0.287
V_S	0.009	0.597	0.710	0.694	-0.387	0.815
V_B	-2.009	0.430	-2.945	0.661	-1.889	0.453
V_{Cu}	-4.388	0.726	-3.925	0.695	-4.018	1.022
V_{Fe}	-2.147	0.396	-2.313	0.545	-2.092	0.371
V_{Mn}	-0.735	0.417	-2.607	0.870	-0.614	0.407
V_{Zn}	-2.842	0.439	-2.961	0.394	-2.855	0.454
V_{Na}	-1.940	0.434	-1.490	0.402	-1.820	0.432
V_{Al}	-1.761	0.553	-2.004	0.970	-1.111	0.631
V_R	6.695	0.190	7.827	0.529	6.553	0.163
Σ	0.000	-	0.000	-	0.000	-

FONTE: O autor (2023).

TABELA 10 – NORMA ESTABELECIDA PELO MÉTODO CND PARA A VARIEDADE DE MANGA TOMMY ATKINS EM FASES DE COLETA

Variáveis Multinutrientes	**Indução floral**		**Frutificação**		**Pós-colheita**	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
V_N	2.688	0.311	3.103	0.421	2.655	0.269
V_P	0.369	0.270	1.021	0.539	0.255	0.300
V_K	2.411	0.253	3.348	0.615	2.063	0.260
V_{Ca}	3.207	0.252	1.734	0.772	3.277	0.215
V_{Mg}	0.616	0.332	0.913	0.394	0.551	0.326
V_S	-0.068	0.652	0.784	0.640	-0.326	0.676
V_B	-2.052	0.452	-3.090	0.728	-1.892	0.370
V_{Cu}	-4.462	0.657	-4.184	0.761	-4.261	0.866
V_{Fe}	-2.082	0.456	-2.528	0.743	-2.101	0.396
V_{Mn}	-0.970	0.448	-2.505	1.033	-0.971	0.479
V_{Zn}	-2.806	0.475	-2.973	0.477	-2.940	0.435
V_{Na}	-1.887	0.455	-1.863	0.789	-1.719	0.419
V_{Al}	-1.706	0.614	-1.530	0.742	-1.300	0.556
V_R	6.743	0.197	7.772	0.577	6.709	0.184
Σ	0.000	-	0.000	-	0.000	-

FONTE: O autor (2023).

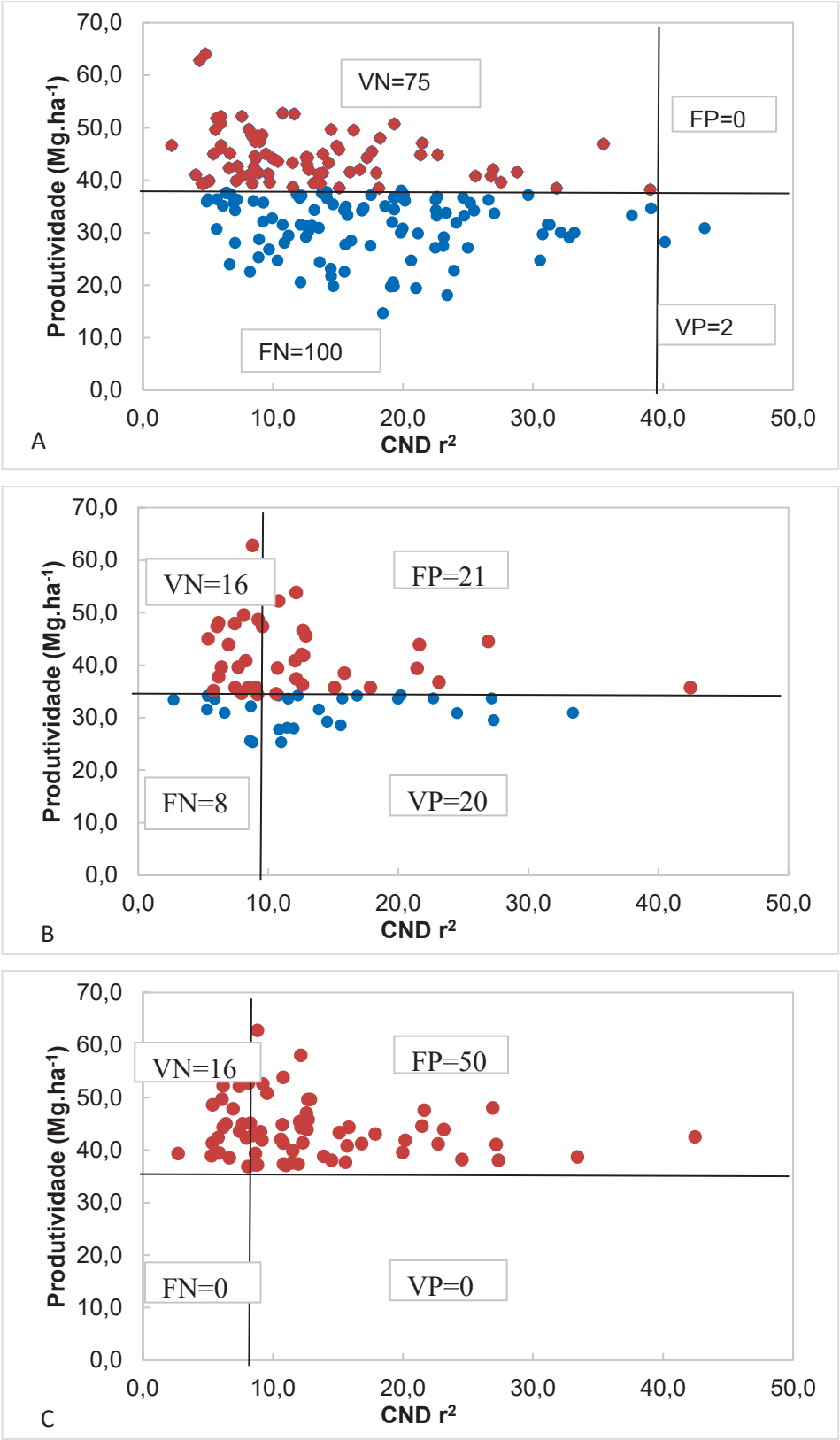
Para a validação das normas foi aplicado o teste do procedimento Cate e Nelson, o qual pode ser observado nas figuras 5, 6 e 7 para as variedades Keitt, Kent e Tommy Atkins, respectivamente. A cor vermelha dos dados nos gráficos representa a população de referência da norma, já a cor azul a população de baixa produtividade.

O resultado na fase de indução floral para variedade Keitt apresentou os níveis críticos para a separação dos quadrantes de 39,10 $Mg.ha^{-1}$ de produtividade e 38,24 de CND r^2 (FIGURA 5A). Assim, verifica-se que a população de referência apresentou VN=75 e FP=0, indicando que foi corretamente identificada e seu estado nutricional está adequado. Já para a população de baixa produtividade apresentou VP=2, em desequilíbrio, e FN=100 indicando que outros fatores estão limitando a produtividade destes talhões.

Em fase de frutificação o nível crítico foi de 34,43 $Mg.ha^{-1}$ de produtividade e 9,16 de CND r^2 (FIGURA 5B). Verifica-se que a população de referência apresentou VN=16 com correta identificação e FP=21 com plantas com eficiência elevada. Já para a população de baixa produtividade apresentou VP=20, em desequilíbrio, e FN=8 indicando outros fatores relacionados.

Já na fase de pós-colheita foi de 36,86 $Mg.ha^{-1}$ de produtividade e 8,06 de CND r^2 (FIGURA 5C). Sendo para a população de referência o VN=16, indicando que foi corretamente identificada e seu estado nutricional está adequado e FP=50 foi incorretamente identificada como desequilibrada, indicando plantas com eficiência elevada. Porém não foi observado população de baixa produtividade, pois pelo número mínimo de talhões (n=66), todos foram classificados como referência.

FIGURA 5 - PARTICIONAMENTO DE QUADRANTES PELO PROCEDIMENTO CATE-NELSON DAS FASES DE COLETA COM CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE E CND PARA A VARIEDADE KEITT.



(A) Indução floral, (B) Frutificação e (C) Pós-colheita

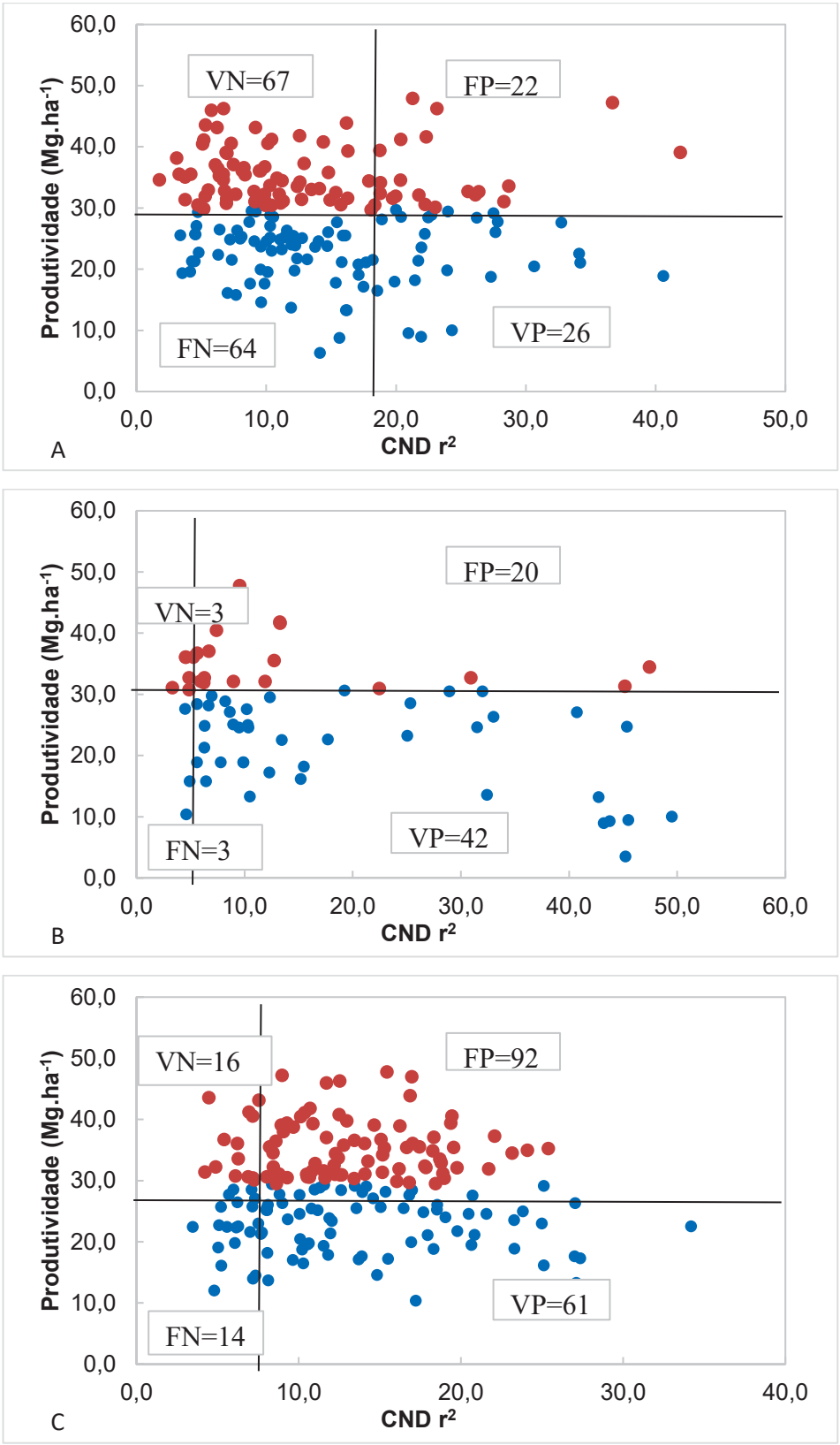
FONTE: O autor (2023).

Para variedade Kent em fase de indução floral o resultado foi de níveis críticos para a separação dos quadrantes de 29,70 $Mg.ha^{-1}$ de produtividade e 18,07 de CND r^2 (FIGURA 6A). Assim, verifica-se que a população de referência apresentou VN=87 foi corretamente identificada e FP=22 indicando plantas com eficiência elevada. Já para a população de baixa produtividade apresentou VP=26, em desequilíbrio, e FN=64 indicando que outros fatores estão limitando a produtividade destes talhões.

Em fase de frutificação o nível crítico foi de 30,77 $Mg.ha^{-1}$ de produtividade e 4,85 de CND r^2 (FIGURA 6B). Verifica-se que a população de referência apresentou VN=3 com correta identificação e FP=20 com plantas com eficiência elevada. Já para a população de baixa produtividade apresentou VP=42, em desequilíbrio, e FN=3 indicando outros fatores relacionados.

Já na fase de pós-colheita foi de 27,09 $Mg.ha^{-1}$ de produtividade e 7,30 de CND r^2 (FIGURA 6C). Sendo para a população de referência o VN=16, indicando que foi corretamente identificada e seu estado nutricional está adequado e FP=92 foi incorretamente identificada como desequilibrada, indicando plantas com eficiência elevada. Já para a população de baixa produtividade apresentou VP=61, em desequilíbrio, e FN=14 indicando outros fatores relacionados.

FIGURA 6 - PARTICIONAMENTO DE QUADRANTES PELO PROCEDIMENTO CATE-NELSON DAS FASES DE COLETA COM CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE E CND PARA A VARIEDADE KENT.



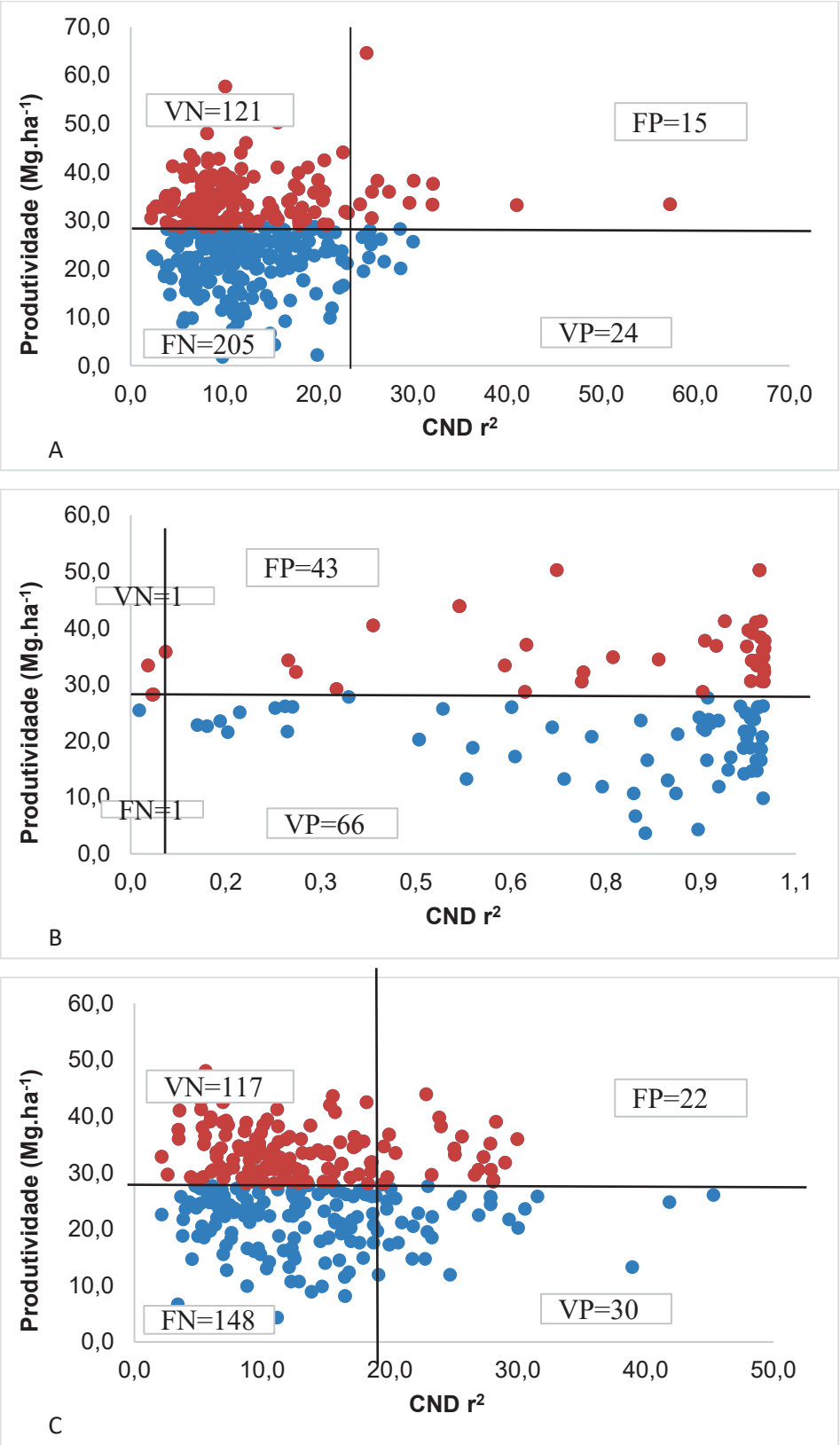
(A) Indução, (B) Frutificação e (C) Pós-colheita.
FONTE: O autor (2023).

Para variedade Tommy Atkins em fase de indução floral os níveis críticos para a separação dos quadrantes foi de 29,13 $Mg.ha^{-1}$ de produtividade e 20,93 de CND r^2 (FIGURA 7A). Assim, verifica-se que a população de referência apresentou VN=121 foi corretamente identificada e FP=15 indicando plantas com eficiência elevada. Já para a população de baixa produtividade apresentou VP=24, em desequilíbrio, e FN=205 indicando que outros fatores estão limitando a produtividade destes talhões.

Em fase de frutificação o nível crítico foi de 27,99 $Mg.ha^{-1}$ de produtividade e 0,03 de CND r^2 (FIGURA 7B). Verifica-se que a população de referência apresentou VN=1 com correta identificação e FP=43 com plantas com eficiência elevada. Já para a população de baixa produtividade apresentou VP=66, em desequilíbrio, e FN=1 indicando outros fatores relacionados.

Já na fase de pós-colheita a produtividade foi de 27,95 $Mg.ha^{-1}$ e 19,48 de CND r^2 (FIGURA 7C). Sendo para a população de referência o VN=117, indicando que foi corretamente identificada e seu estado nutricional está adequado e FP=22 foi incorretamente identificada como desequilibrada, indicando plantas com eficiência elevada. Já para a população de baixa produtividade apresentou VP=30, em desequilíbrio, e FN=148 indicando outros fatores relacionados.

FIGURA 7 - PARTICIONAMENTO DE QUADRANTES PELO PROCEDIMENTO CATE-NELSON DAS FASES DE COLETA COM CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE E CND PARA A VARIEDADE TOMMY ATKINS.



(A) Indução, (B) Frutificação e (C) Pós-colheita.
FONTE: O autor (2023).

Ao validar a precisão do procedimento seguindo a recomendação de Parent et al. (2013), observa-se que para as variedades analisadas houve variação entre as fases (TABELA 8). Sendo a fase de indução floral com a maior especificidade entre as fases para ambas as variedades.

Rezende et al. (2023) encontraram diferença entre a fase de pré-florescimento e pós-colheita nos resultados para a norma DRIS para a variedade Tommy Atkins. Entretanto, para Oliveira et al. (2020) com a cultura da goiaba Paluma, verificou que o diagnostico usando a flor foi o que obteve maior sensibilidade do CND.

TABELA 8 - ANÁLISE DESCRITIVA DO PROCEDIMENTO CATE-NELSON PARA AS VARIEDADES DE MANGA KEITT, KENT E TOMMY ATKINS.

Variedades	Fases de seleção	VPN	VPP	Acurácia	Especificidade	Sensibilidade
Keitt						
	Indução floral	0,43	1,00	0,44	1,00	0,02
	Frutificação	0,67	0,49	0,55	0,43	0,71
	Pós-colheita	1,00	0,00	0,24	0,24	0,00
Kent						
	Indução floral	0,51	0,54	0,52	0,75	0,29
	Frutificação	0,50	0,68	0,66	0,13	0,93
	Pós-colheita	0,53	0,40	0,42	0,15	0,81
Tommy Atkins						
	Indução floral	0,37	0,62	0,40	0,89	0,10
	Frutificação	0,50	0,61	0,60	0,02	0,99
	Pós-colheita	0,44	0,58	0,46	0,84	0,17

FONTE: O autor (2023).

Inexistem indicações de níveis de Al no tecido foliar para a cultura da manga.

Segundo Ma et. al., (1997) em estudos com hortênsia observaram acúmulos de Al de até 3000mg.L^{-1} principalmente complexado com o citrato, os mesmos autores ainda evidenciaram que no citosol a pH 7,0, este é um complexo extremamente forte, impossibilitando ao Al causar injúrias no citosol. Shen et al. (2002) verificaram que 80% do Al presente nas folhas de Fagopirum, estavam acumulado no protoplasto na forma de complexos de oxalato e a maioria destes complexos sequestrados no vacúolo.

Pelo método CND a faixa adequada dos nutrientes, além do Al e do Na para a fase de indução floral está apresentada na TABELA 9, sendo encontrados coeficientes de determinação (R^2) entre 0,49 a 0,78.

TABELA 9 – TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE INDUÇÃO FLORAL PARA A VARIEDADE KEITT.

Elementos	Nível adequado	Faixa adequada		Equações	
N ($g.kg^{-1}$)	16.43	13.65	19.21	y = 0.200x - 3.29**	R^2 = 0.64
P ($g.kg^{-1}$)	1.82	1.51	2.13	y = 1.779x - 3.24**	R^2 = 0.66
K ($g.kg^{-1}$)	14.48	12.19	16.77	y = 0.236x - 3.42**	R^2 = 0.61
Ca ($g.kg^{-1}$)	26.01	22.63	29.39	y = 0.151x - 3.94**	R^2 = 0.49
Mg ($g.kg^{-1}$)	2.27	1.91	2.63	y = 1.441x - 3.28**	R^2 = 0.64
S ($g.kg^{-1}$)	1.81	1.28	2.34	y = 1.340x - 2.43**	R^2 = 0.80
B ($mg.kg^{-1}$)	130.50	92.03	168.97	y = 0.016x - 2.14**	R^2 = 0.76
Cu ($mg.kg^{-1}$)	17.81	6.51	29.11	y = 0.052x - 0.93**	R^2 = 0.69
Fe ($mg.kg^{-1}$)	142.97	72.43	213.51	y = 0.011x - 1.58**	R^2 = 0.78
Mn ($mg.kg^{-1}$)	672.28	495.87	848.69	y = 0.003x - 2.15**	R^2 = 0.75
Zn ($mg.kg^{-1}$)	96.01	53.95	138.07	y = 0.014x - 1.34**	R^2 = 0.77
Na ($mg.kg^{-1}$)	218.42	112.63	324.21	y = 0.006x - 1.33**	R^2 = 0.74
Al ($mg.kg^{-1}$)	255.01	138.74	371.28	y = 0.005x - 1.42**	R^2 = 0.74

(ns) não significativo a 5% de probabilidade, (*) significativo a 5% de probabilidade, (**) significativo a 1% de probabilidade.
FONTE: O autor (2023).

Para a fase de frutificação observa-se na TABELA 10 o teor de elementos, sendo encontrados coeficientes R^2 acima de 0,62 apenas para B, Mn e Ca, sendo para os demais abaixo, contudo para P o R^2 de 0,01, sendo o mais baixo.

TABELA 10- TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE FRUTIFICAÇÃO PARA A VARIEDADE KEITT.

Elementos	Nível adequado	Faixa adequada		Equações	
N ($g.kg^{-1}$)	8.2	1.79	14.61	y = 0.047x - 0.39**	R^2 = 0.23
P ($g.kg^{-1}$)	0.95	0.71	1.19	y = -0.268x + 0.25**	R^2 = 0.01
K ($g.kg^{-1}$)	11.47	9.21	13.73	y = 0.095x - 1.09**	R^2 = 0.10
Ca ($g.kg^{-1}$)	26.44	18.67	34.21	$y = -0.003x^2 + 0.195x - 0.58$**	R^2 = 0.84
Mg ($g.kg^{-1}$)	1.3	0.76	1.84	y = 0.384x - 0.50**	R^2 = 0.12
S ($g.kg^{-1}$)	1.08	0.66	1.50	y = 0.756x - 0.82**	R^2 = 0.26
B ($mg.kg^{-1}$)	49.55	9.13	89.97	y = 0.014x - 0.71**	R^2 = 0.62
Cu ($mg.kg^{-1}$)	125.5	111.18	139.82	$y = -0.000x^2 + 0.050x - 0.44$**	R^2 = 0.36
Fe ($mg.kg^{-1}$)	65.2	22.73	107.67	y = 0.009x - 0.59**	R^2 = 0.32

Mn (mg.kg^{-1})	1025.13	807.74	1242.52	$y = -0.000x^2 + 0.005x - 0.48^{**}$	$R^2 = 0.82$
Zn (mg.kg^{-1})	30.64	14.27	47.01	$y = 0.019x - 0.60^{**}$	$R^2 = 0.27$
Na (mg.kg^{-1})	116.41	59.53	173.29	$y = 0.005x - 0.65^{**}$	$R^2 = 0.22$
Al (mg.kg^{-1})	142.86	32.73	252.99	$y = 0.003x - 0.51^{**}$	$R^2 = 0.36$

(ns) não significativo a 5% de probabilidade, (*) significativo a 5% de probabilidade, (**) significativo a 1% de probabilidade.
FONTE: O autor (2023).

Na fase pós-colheita (TABELA 11) as faixas CND encontradas demostram variação do valor de R^2 entre 0,54 e 0,88.

TABELA 11- TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE PÓS-COLHEITA PARA A VARIEDADE KEITT.

Elementos	**Nível adequado**	**Faixa adequada**		**Equações**	
N (g.kg^{-1})	16.6	12.62	20.50	$y = 0.143x - 2.37^{**}$	$R^2 = 0.72$
P (g.kg^{-1})	1.7	1.45	2.03	$y = 1.844x - 3.22^{**}$	$R^2 = 0.63$
K (g.kg^{-1})	9.1	7.60	10.64	$y = 0.343x - 3.13^{**}$	$R^2 = 0.61$
Ca (g.kg^{-1})	35.8	30.71	40.87	$y = 0.101x - 3.61^{**}$	$R^2 = 0.59$
Mg (g.kg^{-1})	2.2	1.94	2.42	$y = 2.072x - 4.52^{**}$	$R^2 = 0.54$
S (g.kg^{-1})	1.4	0.90	1.80	$y = 1.377x - 1.87^{**}$	$R^2 = 0.88$
B (mg.kg^{-1})	181.2	131.20	231.20	$y = 0.011x - 2.12^{**}$	$R^2 = 0.77$
Cu (mg.kg^{-1})	43.5	14.40	72.60	$y = 0.019x - 0.83^{**}$	$R^2 = 0.70$
Fe (mg.kg^{-1})	156.4	114.53	198.19	$y = 0.013x - 2.15^{**}$	$R^2 = 0.75$
Mn (mg.kg^{-1})	882.3	643.40	1121.20	$y = 0.002x - 2.29^{**}$	$R^2 = 0.84$
Zn (mg.kg^{-1})	76.6	46.89	106.25	$y = 0.018x - 1.40^{**}$	$R^2 = 0.67$
Na (mg.kg^{-1})	238.1	173.37	302.79	$y = 0.009x - 2.16^{**}$	$R^2 = 0.78$
Al (mg.kg^{-1})	406.7	247.07	566.29	$y = 0.003x - 1.54^{**}$	$R^2 = 0.82$

(ns) não significativo a 5% de probabilidade, (*) significativo a 5% de probabilidade, (**) significativo a 1% de probabilidade.
FONTE: O autor (2023).

A faixa de suficiência para a variedade Kent na fase de indução é: 12,63 – 17,11(g.kg^{-1}) de N; 1,40 – 1,92(g.kg^{-1}) de P; 11,85 – 15,35(g.kg^{-1}) de K; 25,25 – 34,11(g.kg^{-1}) de Ca; 1,97 – 2,59(g.kg^{-1}) de Mg; 0,86 – 2,00(g.kg^{-1}) de S; 115,40 – 245,60(mg.kg^{-1}) de B; 7,70 – 35,00(mg.kg^{-1}) de Cu; 102,63 – 201,37(mg.kg^{-1}) de Fe; 422,34 – 829,06(mg.kg^{-1}) de Mn; 32,57 – 123,91(mg.kg^{-1}) de Zn; 111,57 – 276,41(mg.kg^{-1}) de Na; 139,30 – 338,20(mg.kg^{-1}) de Al (TABELA 12). Observando valores de R^2 entre 0,37 a 0,80.

TABELA 12- TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE INDUÇÃO PARA A VARIEDADE KENT.

Elementos	Nível adequado	Faixa adequada		Equações	
N ($g.kg^{-1}$)	14.87	12.63	17.11	y = 0.251x - 3.74**	R^2 = 0.60
P ($g.kg^{-1}$)	1.66	1.40	1.92	y = 1.813x - 3.01**	R^2 = 0.52
K ($g.kg^{-1}$)	13.60	11.85	15.35	y = 0.255x - 3.48**	R^2 = 0.46
Ca ($g.kg^{-1}$)	29.68	25.25	34.11	y = 0.086x - 2.57**	R^2 = 0.37
Mg ($g.kg^{-1}$)	2.28	1.97	2.59	y = 1.691x - 3.86**	R^2 = 0.59
S ($g.kg^{-1}$)	1.43	0.86	2.00	y = 1.027x - 1.47**	R^2 = 0.79
B ($mg.kg^{-1}$)	180.50	115.40	245.60	y = 0.008x - 1.53**	R^2 = 0.71
Cu ($mg.kg^{-1}$)	21.35	7.70	35.00	y = 0.040x - 0.86**	R^2 = 0.67
Fe ($mg.kg^{-1}$)	152.00	102.63	201.37	y = 0.012x - 1.83**	R^2 = 0.76
Mn ($mg.kg^{-1}$)	625.70	422.34	829.06	y = 0.003x - 1.93**	R^2 = 0.72
Zn ($mg.kg^{-1}$)	78.24	32.57	123.91	y = 0.015x - 1.17**	R^2 = 0.79
Na ($mg.kg^{-1}$)	193.98	111.55	276.41	y = 0.007x - 1.53**	R^2 = 0.80
Al ($mg.kg^{-1}$)	238.75	139.30	338.20	y = 0.005x - 1.24**	R^2 = 0.71

(ns) não significativo a 5% de probabilidade, (*) significativo a 5% de probabilidade, (**) significativo a 1% de probabilidade.
FONTE: O autor (2023).

A faixa de suficiência na fase de frutificação é: 14,37 – 25,69($g.kg^{-1}$) de N; 3,22 – 3,98($g.kg^{-1}$) de P; 9,70 – 15,90($g.kg^{-1}$) de K; 39,16 – 59,24($g.kg^{-1}$) de Ca; 0,21 – 1,33($g.kg^{-1}$) de Mg; 0,68 – 1,62($g.kg^{-1}$) de S; 320,70 – 428,70($mg.kg^{-1}$) de B; 8,77 – 23,83($mg.kg^{-1}$) de Cu; 14,18 – 90,22($mg.kg^{-1}$) de Fe; 880,34 – 1345,26($mg.kg^{-1}$) de Mn; 6,51 – 53,49($mg.kg^{-1}$) de Zn; 72,24 – 210,76($mg.kg^{-1}$) de Na; 559,29 – 802,12($mg.kg^{-1}$) de Al (TABELA 13). Observando valores de R^2 entre 0,01 a 0,88.

TABELA 13- TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE FRUTIFICAÇÃO PARA A VARIEDADE KENT.

Elementos	Nível adequado	Faixa adequada		Equações	
N ($g.kg^{-1}$)	20.0	14.37	25.69	y = 0.022x - 0.44**	R^2 = 0.03
P ($g.kg^{-1}$)	3.6	3.22	3.98	y = 0.162x - 0.58**	R^2 = 0.01
K ($g.kg^{-1}$)	12.8	9.70	15.90	y = 0.106x - 1.37**	R^2 = 0.18
Ca ($g.kg^{-1}$)	49.2	39.16	59.24	$y = -0.001x^2 + 0.132x - 0.64$**	R^2 = 0.88
Mg ($g.kg^{-1}$)	0.7	0.21	1.33	y = 0.409x - 0.31**	R^2 = 0.07
S ($g.kg^{-1}$)	1.1	0.68	1.62	y = 1.093x - 1.25**	R^2 = 0.45
B ($mg.kg^{-1}$)	374.7	320.70	428.70	$y = -0.000x^2 + 0.015x - 0.50$**	R^2 = 0.78
Cu ($mg.kg^{-1}$)	16.3	8.77	23.83	y = 0.035x - 0.57**	R^2 = 0.19

Fe (mg.kg^{-1})	52.2	14.18	90.22	y = 0.005x - 0.30**	R² = 0.18
Mn (mg.kg^{-1})	1112.8	880.34	1345.26	y = -0.000x² + 0.006x - 0.47**	R² = 0.81
Zn (mg.kg^{-1})	30.0	6.51	53.49	y = 0.020x - 0.61**	R² = 0.40
Na (mg.kg^{-1})	141.5	72.24	210.76	y = 0.005x - 0.83**	R² = 0.23
Al (mg.kg^{-1})	680.7	559.28	802.12	y = -0.000x² + 0.006x - 0.42**	R² = 0.44

(ns) não significativo a 5% de probabilidade, (*) significativo a 5% de probabilidade, (**) significativo a 1% de probabilidade. FONTE: O autor (2023).

A faixa de suficiência na fase de pós-colheita é: 12,74 – 18,66(g.kg^{-1}) de N; 1,32 – 1,90(g.kg^{-1}) de P; 8,05 – 11,77(g.kg^{-1}) de K 27,19 – 38,61(g.kg^{-1}) de Ca; 1,75 – 2,47(g.kg^{-1}) de Mg; 0,66 – 1,64(g.kg^{-1}) de S; 149,99 – 311,81(mg.kg^{-1}) de B; 12,78 – 68,62(mg.kg^{-1}) de Cu; 116,49 – 240,93(mg.kg^{-1}) de Fe; 558,17 – 1.020,83(mg.kg^{-1}) de Mn; 51,86 – 124,70(mg.kg^{-1}) de Zn; 147,98 – 325,22(mg.kg^{-1}) de Na; 263,64 – 845,36(mg.kg^{-1}) de Al (TABELA 13). Observando valores de R^2 entre 0,45 a 0,77.

TABELA 14- TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE PÓS-COLHEITA PARA A VARIEDADE KENT.

Elementos	**Nível adequado**	**Faixa adequada**		**Equações**	
N (g.kg^{-1})	15.7	12.74	18.66	y = 0.166x - 2.61**	R² = 0.61
P (g.kg^{-1})	1.6	1.32	1.90	y = 1.752x - 2.81**	R² = 0.52
K (g.kg^{-1})	9.9	8.05	11.77	y = 0.270x - 2.67**	R² = 0.54
Ca (g.kg^{-1})	32.9	27.19	38.61	y = 0.083x - 2.73**	R² = 0.45
Mg (g.kg^{-1})	2.1	1.75	2.47	y = 1.473x - 3.12**	R² = 0.59
S (g.kg^{-1})	1.2	0.66	1.64	y = 1.095x - 1.26**	R² = 0.74
B (mg.kg^{-1})	230.9	149.99	311.81	y = 0.007x - 1.68**	R² = 0.76
Cu (mg.kg^{-1})	40.7	12.78	68.62	y = 0.018x - 0.75**	R² = 0.72
Fe (mg.kg^{-1})	178.7	116.49	240.93	y = 0.009x - 1.76**	R² = 0.72
Mn (mg.kg^{-1})	789.5	558.17	1020.83	y = 0.002x - 2.13**	R² = 0.76
Zn (mg.kg^{-1})	88.3	51.86	124.70	y = 0.016x - 1.43**	R² = 0.77
Na (mg.kg^{-1})	236.6	147.98	325.22	y = 0.006x - 1.53**	R² = 0.73
Al (mg.kg^{-1})	554.5	263.64	845.36	y = 0.001x - 0.99**	R² = 0.75

(ns) não significativo a 5% de probabilidade, (*) significativo a 5% de probabilidade, (**) significativo a 1% de probabilidade.
FONTE: O autor (2023).

A faixa de suficiência para a variedade Tommy Atkins na fase de indução é: 13,93 – 19,85(g.kg^{-1}) de N; 1,40 – 1,96(g.kg^{-1}) de P; 10,99 – 14,61(g.kg^{-1}) de K; 24,52 – 32,18(g.kg^{-1}) de Ca; 1,76 – 2,50(g.kg^{-1}) de Mg; 0,77 – 1,77(g.kg^{-1}) de S; 110,01 – 209,69(mg.kg^{-1}) de B; 6,73 – 27,47(mg.kg^{-1}) de Cu; 82,29 – 218,45(mg.kg^{-1}) de Fe; 317,09 – 673,65(mg.kg^{-1}) de Mn; 43,51 – 121,89(mg.kg^{-1}) de Zn; 111,64 – 266,40(mg.kg^{-1}) de Na; 106,08 – 375,44(mg.kg^{-1}) de Al (TABELA 15). Com variação do valor de R^2 entre 0,48 a 0,81.

TABELA 15 - TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE INDUÇÃO PARA A VARIEDADE TOMMY ATKINS.

Elementos	Nível adequado	Faixa adequada		Equações	
N (g.kg^{-1})	16.89	13.93	19.85	y = 0.161x - 2.73**	R² = 0.59
P (g.kg^{-1})	1.68	1.40	1.96	y = 1.726x - 2.91**	R² = 0.57
K (g.kg^{-1})	12.80	10.99	14.61	y = 0.26x - 3.32**	R² = 0.51
Ca (g.kg^{-1})	28.35	24.52	32.18	y = 0.116x - 3.30**	R² = 0.48
Mg (g.kg^{-1})	2.13	1.76	2.50	y = 1.478x - 3.16**	R² = 0.67
S (g.kg^{-1})	1.27	0.77	1.77	y = 1.108x - 1.40**	R² = 0.74
B (mg.kg^{-1})	159.85	110.01	209.69	y = 0.011x - 1.80**	R² = 0.76
Cu (mg.kg^{-1})	17.10	6.73	27.47	y = 0.050x - 0.86**	R² = 0.71
Fe (mg.kg^{-1})	150.37	82.29	218.45	y = 0.007x - 1.17**	R² = 0.75
Mn (mg.kg^{-1})	495.37	317.09	673.65	y = 0.003x - 1.73**	R² = 0.81
Zn (mg.kg^{-1})	82.70	43.51	121.89	y = 0.016x - 1.33**	R² = 0.77
Na (mg.kg^{-1})	189.02	111.64	266.40	y = 0.008x - 1.51**	R² = 0.78
Al (mg.kg^{-1})	240.76	106.08	375.44	y = 0.003x - 0.91**	R² = 0.69

(ns) não significativo a 5% de probabilidade, (*) significativo a 5% de probabilidade, (**) significativo a 1% de probabilidade.
FONTE: O autor (2023).

A faixa de suficiência na fase de frutificação é: 5,70 – 15,54 (g.kg^{-1}) de N; 0,95 – 1,39(g.kg^{-1}) de P; 9,30 – 15,14(g.kg^{-1}) de K; 30,63 – 45,97(g.kg^{-1}) de Ca; 0,73 – 1,51(g.kg^{-1}) de Mg; 0,64 – 1,54(g.kg^{-1}) de S; 171,05 – 249,35(mg.kg^{-1}) de B; 1,25 – 18,85(mg.kg^{-1}) de Cu; 315,82 – 461,58(mg.kg^{-1}) de Fe; 1230,78 – 1572,62(mg.kg^{-1}) de Mn; 8,30 – 50,64(mg.kg^{-1}) de Zn; 11,47 – 195,77(mg.kg^{-1}) de Na; 28,36 – 257,44(mg.kg^{-1}) de Al (TABELA 16). Com variação do valor de R^2 entre 0,01 a 0,82.

TABELA 16 - TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE FRUTIFICAÇÃO PARA A VARIEDADE TOMMY ATKINS.

Elementos	Nível adequado	Faixa adequada		Equações	
N ($g.kg^{-1}$)	10.6	5.70	15.54	y = 0.037x - 0.40**	R^2 = 0.08
P ($g.kg^{-1}$)	1.2	0.95	1.39	y = 0.469x - 0.55**	R^2 = 0.02
K ($g.kg^{-1}$)	12.2	9.30	15.14	y = 0.079x - 0.96**	R^2 = 0.12
Ca ($g.kg^{-1}$)	38.3	30.63	45.97	$y = -0.002x^2 + 0.153x - 0.64$**	R^2 = 0.82
Mg ($g.kg^{-1}$)	1.1	0.73	1.51	y = 0.119x - 0.13**	R^2 = 0.01
S ($g.kg^{-1}$)	1.1	0.64	1.54	y = 0.885x - 0.96**	R^2 = 0.36
B ($mg.kg^{-1}$)	210.2	171.05	249.35	$y = -0.000x^2 + 0.025x - 0.65$**	R^2 = 0.49
Cu ($mg.kg^{-1}$)	10.05	1.25	18.85	y = 0.040x - 0.40**	R^2 = 0.29
Fe ($mg.kg^{-1}$)	388.7	315.82	461.58	$y = -0.000x^2 + 0.015x - 0.72$**	R^2 = 0.55
Mn ($mg.kg^{-1}$)	1401.7	1230.78	1572.62	$y = -0.000x^2 + 0.005x - 0.52$**	R^2 = 0.73
Zn ($mg.kg^{-1}$)	29.47	8.30	50.64	y = 0.018x - 0.55**	R^2 = 0.36
Na ($mg.kg^{-1}$)	103.62	11.47	195.77	y = 0.004x - 0.44**	R^2 = 0.35
Al ($mg.kg^{-1}$)	142.9	28.36	257.44	y = 0.003x - 0.42**	R^2 = 0.26

(ns) não significativo a 5% de probabilidade, (*) significativo a 5% de probabilidade, (**) significativo a 1% de probabilidade. FONTE: O autor (2023).

A faixa de suficiência na fase de pós-colheita é: 14,11 – 19,67($g.kg^{-1}$) de N; 1,20 – 1,74($g.kg^{-1}$) de P; 7,27 – 10,43($g.kg^{-1}$) de K; 27,35 – 35,51($g.kg^{-1}$) de Ca; 1,58 – 2,34($g.kg^{-1}$) de Mg; 0,54 – 1,52($g.kg^{-1}$) de S; 129,24 – 239,04($mg.kg^{-1}$) de B; 10,34 – 48,26($mg.kg^{-1}$) de Cu; 92,52 – 196,44($mg.kg^{-1}$) de Fe; 347,59 – 713,35($mg.kg^{-1}$) de Mn; 44,08 – 95,94($mg.kg^{-1}$) de Zn; 149,61 – 304,79($mg.kg^{-1}$) de Na; 219,76 – 553,10($mg.kg^{-1}$) de Al (TABELA 17). Com variação do valor de R^2 entre a 0,34 e 0,78.

TABELA 17 - TEOR DE ELEMENTOS ESTABELECIDO PELA DERIVADA DE EQUAÇÃO EM FASE DE PÓS-COLHEITA PARA A VARIEDADE TOMMY ATKINS.

Elementos	Nível adequado	Faixa adequada		Equações	
N ($g.kg^{-1}$)	16.9	14.11	19.67	y = 0.166x - 2.81**	R^2 = 0.53
P ($g.kg^{-1}$)	1.5	1.20	1.74	y = 1.829x - 2.69**	R^2 = 0.62
K ($g.kg^{-1}$)	8.9	7.27	10.43	y = 0.342x - 3.03**	R^2 = 0.55
Ca ($g.kg^{-1}$)	31.4	27.35	35.51	y = 0.094x - 2.97**	R^2 = 0.34
Mg ($g.kg^{-1}$)	2.0	1.58	2.34	y = 1.379x - 2.70**	R^2 = 0.65
S ($g.kg^{-1}$)	1.0	0.54	1.52	y = 1.076x - 1.11**	R^2 = 0.72

B (mg.kg^{-1})	184.1	129.24	239.04	y = 0.010x - 1.89**	R² = 0.71
Cu (mg.kg^{-1})	29.3	10.34	48.26	y = 0.028x - 0.82**	R² = 0.73
Fe (mg.kg^{-1})	144.5	92.52	196.44	y = 0.010x - 1.57**	R² = 0.73
Mn (mg.kg^{-1})	530.5	347.59	713.35	y = 0.003x - 1.90**	R² = 0.76
Zn (mg.kg^{-1})	70.0	44.08	95.94	y = 0.023x - 1.65**	R² = 0.78
Na (mg.kg^{-1})	227.2	149.61	304.79	y = 0.008x - 1.90**	R² = 0.74
Al (mg.kg^{-1})	386.4	219.76	553.10	y = 0.003x - 1.23**	R² = 0.73

(ns) não significativo a 5% de probabilidade, (*) significativo a 5% de probabilidade, (**) significativo a 1% de probabilidade.
FONTE: O autor (2023).

3.6 CONCLUSÕES

A fase de indução floral indica a melhor fase para a coleta de material para avaliação do estado nutricional, pelo método CND, indicando os melhores resultados de validade com 1,00 de especificidade para Keitt, 0,75 para Kent e 0,89 para Tommy Atkins, respectivamente.

A faixa de suficiência para a variedade Keitt na fase de indução para N, P, K, Ca, Mg e S em g.kg^{-1} é: 13,65 – 19,21; 1,51 – 2,13; 12,19 – 16,77; 22,63 – 29,39; 1,91 – 2,63; 1,28 – 2,34 e para B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na e Al em mg.kg^{-1} é: 92,03 – 168,97; 6,51 - 29,11; 72,43 – 213,51; 495,87 – 848,69; 53,95 – 138,07; 112,63 – 324,21; 138,74 – 371,28, respectivamente.

A faixa de suficiência para a variedade Kent na fase de indução para N, P, K, Ca, Mg e S em g.kg^{-1} é: 12,63 – 17,11; 1,40 – 1,92; 11,85 – 15,35; 25,25 – 34,11; 1,97 – 2,59; 0,86 – 2,00; e para B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na e Al em mg.kg^{-1} é: 115,40 – 245,60; 7,70 – 35,00; 102,63 – 201,37; 422,34 – 829,06; 32,57 – 123,91; 111,57 – 276,41; 139,30 – 338,20, respectivamente.

A faixa de suficiência para a variedade Tommy Atkins na fase de indução para N. P, K, Ca, Mg e S em g.kg^{-1} é: 13,93 – 19,851,40 – 1,96; 10,99 – 14,61; 24,52 – 32,18; 1,76 – 2,50; 0,77 – 1,77; e para B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na e Al em mg.kg^{-1} é: 110,01 – 209,69; 6,73 – 27,47; 82,29 – 218,45; 317,09 – 673,65; 43,51 – 121,89; 111,64 – 266,40; 106,08 – 375,44, respectivamente.

3.7 REFERÊNCIAS

AITCHISON, J. Statistical analysis of compositional data. New York: **Chapman and Hall**; 1986.

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. Anuário estatístico - setor de fertilizantes 2021. São Paulo: ANDA, 2022.

AVILAN, L.A.R.; CARMELO, R.A. El mango. **Caracas: Editorial America**. 401p. 1990.

COSTA, A.N. da.; COSTA, A. de F.S. da.; CAETANO, L.C.S., VENTURA, J.A. Recomendações técnicas para a produção de manga. Incaper, **Vitória**, Brasil. 56 p. 2008.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Observatório da manga. 2023. Disponível em: https://www.embrapa.br/observatorio-da-manga. Acesso em: 10 de março 2023.

FAO. Food and agriculture organization of the United Nations. The state of the world's land and water resources for food and agriculture. **Roma.** 2011.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário. 2023. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html. Acesso em 10 de março de 2023.

MA, J. F.; HIRADATE, S.; NOMOTO, K.; IWASHITA, T.; MATSUMOTO, H. Internal detoxification mechanism of Al in hydrangea (Identification of Al form in the leaves). **Plant Physiology**, Rockville, v.113, n.4, p.1033-1039, 1997.

NELSON, L.A.; ANDERSON, R.L. Partitioning of soil test-crop response probability. In: Peck TR, Cope-Junior JT, Whitney DA (ed.) Soil testing: correlating and interpreting the analytical results. Madison: **American Society of Agronomy, Crop Science Society of America**; 1977.

OLIVEIRA, C.T.; ROZANE, D.E.; AMORIM, D.A.; SOUZA, H.A.; FERNANDES, B.S.; NATALE, W. Diagnosis of the nutritional status of 'Paluma' guava trees using leaf and flower analysis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 42, n. 3: (e-132). 2020.

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura,** v. 33, p. 321-334, 2011.

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient 251 diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, p.239-242, 1992.

PARENT, S.E.; PARENT, L.E.; ROZANE, D.E.; NATALE, W. Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (*Mangifera Indica*). **Frontiers in Plant Science,** v.4, n. 39, p. 1-10. 2013.

REZENDE, J. S., FREIRE, F. J., SILVA, S. R. V. DA ., MUSSER, R. DOS S., CAVALCANTE, Í. H. L., SALDANHA, E. C. M., SANTOS, R. L. DOS ., & CUNHA, J. C.. Nutritional diagnosis of mango plants post-harvest in anticipation of pre-flowering avoids nutritional stress. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, 27(5), 359–366, 2023.

ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status**. Cientifica**, v. 44, n. 1, p. 102-112, 2016.

ROZANE, D.E.; PRADO, R.DEM. Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints. In**: Anoop Kumar Srivastava, Chengxiao Hu**. ELSEVIER. 2020.E-book.

SHEN R.F.; MA, J.F.; KYO, M.; IWASHITA, T. Compartmentation of aluminium in leaves of an Alaccumulator, Fagopirum esculentum Moench. **Planta**, New York, v.215, n.3, p.394-398, 2002.

SILVA, J.B.C.; NOVAIS, R.F.; SEDIYAMA, C.S. Identificação de genótipos de sorgo tolerantes a toxicidade de alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 292 77-83, 1984.

4 CAPÍTULO III: ATUALIZAÇÃO DE NÍVEIS ADEQUADOS DE NUTRIENTES PELA ABORDAGEM DE LINHA DE FRONTEIRA E DO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO SOLO-PLANTA PARA A CULTURA DA MANGA

4.1 RESUMO

O manejo da adubação visando produtividade e qualidade de uma cultura deve ser orientado por resultados da concentração no solo, teor na folha e quantidade exportada de nutrientes pela planta em suas diversas estruturas, assim definindo as doses adequadas. Assim, o objetivo deste estudo foi utilizar a técnica da linha de fronteira e diagrama de quadrantes do relacionamento solo-planta (DQRsp) para definir e atualizar faixas adequadas para a cultura da manga em condições do semiárido brasileiro. As variedades de manga Keitt, Kent e Tommy Atkins formaram um base de dados único, onde foram selecionados apenas dados referentes a fase de indução floral do período do ano de 2011 a 2018. Para a determinação das faixas de teores adequados dos nutrientes no solo foram obtidas regressões entre os teores de cada nutriente e produtividade relativa. Os valores das faixas de suficiências foram estabelecidos considerando o nível crítico a 90% da produtividade e para a faixa sendo de 90 a 100% dessa produtividade. Para a obtenção da curva de resposta foliar do relacionamento entre concentração na folha (Y) e teor no solo (X), foi filtrado apenas dados correspondentes aos quadrantes I e III. Foi determinado através da equação do método DQRsp as faixas de suficiência foliar, substituindo o nível e faixa adequada encontradas pela linha de fronteira na equação. Conclui-se que a faixa adequada dos atributos do solo pelo método de linha de fronteira na camada de 0 – 30cm é: 5,2 – 7,5 $g.dm^{-3}$ de MO; 3,2 – 3,3 pH; 13,1 – 24,4 $mg.dm^{-3}$ de P; 0,4 – 2,0 $mmol_c.dm^{-3}$ de K; 15,9 – 32,8 $cmol_c.dm^{-3}$ de Ca; 4,4 – 7,8 $cmol_c.dm^{-3}$ de Mg; 26,6 – 116,7 $mg.dm^{-3}$ de S; 0,04 – 3,03 $mg.dm^{-3}$ de B; 0,6 – 5,8 $mg.dm^{-3}$ de Cu; 34,2 – 58,5 $mg.dm^{-3}$ de Fe; 21,0 – 39,6 $mg.dm^{-3}$ de Mn; 11,3 – 68,6 $mg.dm^{-3}$ de Zn; 0,3 – 0,1 $mg.dm^{-3}$ de Na. Os nutrientes mais limitantes, utilizando o DQRsp, a produção dos talhões em ordem decrescente são: K>S>Mn>Na>Fe>Ca>Mg>Zn>P>B>Cu. A faixa adequada para o teor foliar para a cultura da manga pelo método de DQRsp é de: 13,9 – 15,6 $g.kg^{-1}$ de N; 1,7 – 11,9 $g.kg^{-1}$ de P; 9,3 – 11,3 $g.kg^{-1}$ K, 24,8 – 30,2 $g.kg^{-1}$ de Ca, 2,2 – 2,5 $g.kg^{-1}$ de Mg, 1,3 – 1,9 $g.kg^{-1}$ de S, 90,5 – 284,5 $mg.kg^{-1}$ de B, 35,6 – 36,9 $mg.kg^{-1}$ de Cu, 171,2 – 213,1 $mg.kg^{-1}$ de Fe, 485,1 – 651,1 $mg.kg^{-1}$ de Mn, 94,5 – 182,9 $mg.kg^{-1}$ de Zn, 169,4 – 48,7 $mg.kg^{-1}$ de Na.

Palavras-chave: Curva de resposta, Faixa ideal, Relação solo-planta.

4.2 ABSTRACT

Fertilization management aiming at productivity and quality of a crop must be guided by results of concentration in the soil, content in the leaf and amount of nutrients exported by the plant in its various structures, thus defining the appropriate doses. Thus, the aim of this study was to use the boundary line and soil-plant relationship quadrant diagram (DQRsp) technique to define and update suitable ranges for mango cultivation in conditions of the Brazilian semi-arid region. The Keitt, Kent and Tommy Atkins mango varieties formed a single database, where only data referring to the floral induction phase from 2011 to 2018 were selected. regressions were obtained between the contents of each nutrient and relative productivity. The values of the sufficiency ranges were established considering the critical level at 90% of the productivity and for the range being from 90 to 100% of this productivity. To obtain the leaf response curve for the relationship between leaf concentration (Y) and soil content (X), only data corresponding to quadrants I and III were filtered. The leaf sufficiency ranges were determined through the DQRsp method equation, replacing the level and appropriate range found by the border line in the equation. It is concluded that the adequate range of soil attributes by the boundary line method in the 0 – 30cm layer is: 5.2 – 7.5 $g.dm^{-3}$ of OM; 3.2 - 3.3 pH; 13.1 – 24.4 $mg.dm^{-3}$ of P; 0.4 - 2.0 $mmolc.dm^{-3}$ of K; 15.9 – 32.8 $cmolc.dm^{-3}$ of Ca; 4.4 - 7.8 $cmolc.dm^{-3}$ of Mg; 26.6 – 116.7 $mg.dm^{-3}$ of S; 0.04 – 3.03 $mg.dm^{-3}$ of B; 0.6 – 5.8 $mg.dm^{-3}$ of Cu; 34.2 – 58.5 $mg.dm^{-3}$ of Fe; 21.0 – 39.6 $mg.dm^{-3}$ of Mn; 11.3 – 68.6 $mg.dm^{-3}$ of Zn; 0.3 – 0.1 $mg.dm^{-3}$ of Na. The most limiting nutrients, using the DQRsp, the production of the stands in descending order are: K>S>Mn>Na>Fe>Ca>Mg>Zn>P>B>Cu. The appropriate range for leaf content for mango cultivation using the DQRsp method is: 13.9 – 15.6 $g.kg^{-1}$ of N; 1.7 – 11.9 $g.kg^{-1}$ of P; 9.3 – 11.3 $g.kg^{-1}$ K, 24.8 – 30.2 $g.kg^{-1}$ Ca, 2.2 – 2.5 $g.kg^{-1}$ Mg, 1.3 – 1, 9 $g.kg^{-1}$ S, 90.5 – 284.5 $mg.kg^{-1}$ B, 35.6 – 36.9 $mg.kg^{-1}$ Cu, 171.2 – 213.1 $mg.kg^{-1}$ of Fe, 485.1 – 651.1 $mg.kg^{-1}$ of Mn, 94.5 – 182.9 $mg.kg^{-1}$ of Zn, 169.4 – 48.7 $mg.kg^{-1}$ of Na.

Keywords: Response curve, Notional range, Soil-plant relationship.

4.3 INTRODUÇÃO

O manejo da adubação visando a máxima produtividade econômica e qualidade da produção deve estar orientado pelos resultados de concentração no solo, teor na folha e quantidade exportada de nutrientes pela planta e assim definindo as bases para indicação das adequadas doses de insumos a serem aplicadas. Contudo, fatores como tipo de solo, compactação, pH, taxa de absorção e equilíbrio de nutrientes afetam a disponibilidade e desencadeiam deficiência nutricional na planta (NOVAIS et al., 2007).

Nos solos observa-se grande variabilidade dos nutrientes, mesmo as áreas sendo consideradas homogêneas pelos agricultores (RODRIGUES et. al., 2016; PIMENTEL-GOMES e GARCIA, 2002), sendo o efeito diretamente observado na produtividade e qualidade da cultura.

Quando as culturas são frutíferas, e após seu estabelecimento, as raízes exploram praticamente o mesmo volume de solo por vários anos, assim os impedimentos químicos ou físicos diminuem a eficiência dos fertilizantes (NATALE et al., 2021). Neste sentido, informações a respeito da quantidade aplicada bem como sua disponibilidade do elemento para a planta são avaliadas constantemente, pois a existência do nutriente no solo em condições adequadas não garante a absorção pela planta (FARIA et al., 2016). Pois a análise de solo indica apenas o potencial de fornecimento de nutrientes, enquanto a análise foliar informa o que foi realmente absorvido podendo ser potencialmente metabolizado pela planta (NATALE et al., 2021).

A recomendação da adubação para manga no semiárido brasileiro deve ser realizada com base em manuais técnicos atualizados às cultivares e técnicas de manejo às atuais bases de produção, havendo a necessita de calibrações, apesar de úteis os valores de referência da literatura, a intepretação acurada depende de padrões mais refinados (BARBOSA et al., 2016).

Lira et al. (2021) avaliando a correlação espacial entre macronutrientes do solo e da folha na cultura da manga no semiárido brasileiro, avaliaram as profundidades de coleta de 0-20cm e 20-40cm em três locais de cultivo encontrando grande variabilidade dos nutrientes tanto no solo quanto na folha, estando a maior correlação da absorção de K e Ca pelas plantas à camada de 0– 20cm de profundidade, fato este relacionado principalmente ao uso da fertirrigação, o que propiciou a maior absorção pelas raízes mais superficiais ao solo, já o P apresentou

a maior amplitude de variação tanto no solo quanto na planta. Esse resultado pode estar relacionado com a adsorção do P nas partículas de óxido de Fe e Al ou perdidos por precipitação com Fe; Al ou Ca (NOVAIS et al., 2007).

O uso de métodos eficientes para a diagnose nutricional da planta e relacionar com o solo são importantes para determinar da faixa de suficiência. Entre eles, o método da Linha de Fronteira tem apresentado resultados satisfatórios. Esse método foi proposto por Webb (1972), em estudos com dados biológicos. Consiste em definir uma linha na borda dos dados, o qual definir o melhor desempenho na população e ocorre sempre que existir uma relação causa efeito entre duas variáveis (EVANYLO e SUMNER, 1987).

O método do Diagrama de Quadrantes do Relacionamento solo-planta (DQRsp) possui a aplicabilidade de plotar os dados de relacionamento entre variáveis em um sistema cartesiano, selecionada dos dados de dois quadrantes (I e III) é ajustá-los a um modelo matemático onde a curva de resposta foliar de um nutriente está em função da disponibilidade do mesmo no solo (SOUSA et al., 2018).

Algumas aplicações são evidenciadas por Ali (2018) com a cultura da manga no Egito, Lima Neto et al. (2020) em estabelecimento de nível crítico de nutrientes no eucalipto.

O objetivo deste estudo foi utilizar a técnica da linha de fronteira e diagrama de quadrantes do relacionamento solo-planta para definir e atualizar faixas adequadas de elementos na folha e no solo para a cultura da manga em condições do semiárido brasileiro.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Condições avaliadas

Para esse capítulo foram utilizadas as variedades de manga Keitt, Kent e Tommy Atkins, da região do semiárido brasileiro, as quais formaram um base de dados único. Foram selecionados apenas dados referentes a fase de indução floral, conforme resultados positivos encontrados para essa fase no capítulo anterior.

As variáveis analisadas foram produtividade relativa(%), teor de elementos na folha de Nitrogênio(N), Fósforo(P), Potássio(K), Cálcio(Ca), Magnésio(Mg), Enxofre(S), Boro(B), Cobre(Cu), Ferro(Fe), Manganês(Mn), Zinco(Zn), Sódio(Na) e Alumínio(Al) e concentração de elementos no solo na camada 0 – 30cm: Matéria Orgânica(MO), pH, Argila, Areia, Silte, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na.

Foi aplicado para todas as variáveis o diagrama do tipo blox-pot, onde avaliou-se a distribuição dos dados e verificação de dados outliers, que posteriormente foram excluídos.

4.4.2 Abordagem da linha de fronteira (LF)

Para aplicar o método da linha de fronteira foi aplicada a metodologia desenvolvida por Walworth, et al. (1986), onde os dados foram dispostos no gráfico de dispersão, onde a variável dependente (eixo Y), corresponde a produtividade relativa (Produtividade relativa = produtividade do talhão/ máxima produtividade dos talhões x 100) e a variável independente (eixo X), corresponde ao teor na folha e concentração no solo.

Foi aplicado no intervalo da escala do eixo X subdivisões entre 8 e 15, e a cada intervalo selecionou o ponto mais alto, coletando a coordenada para posterior ajuste de equação, estabelecendo assim a linha de fronteira superior da nuvem de dados (ALI, 2018).

Com os pontos selecionadas entre o relacionamento da produtividade relativa e o teor foliar de cada elemento foi aplicado a linha de tendência com ajustes de equação polinomial de segundo grau. Para a determinação das faixas de teores adequados dos elementos no solo foram obtidas regressões entre os teores de cada elemento e produtividade relativa. Os valores das faixas de suficiências foram estabelecidos considerando o nível crítico a 90% da produtividade e para a faixa adequada sendo de 90 a 100% dessa produtividade.

4.4.3 Abordagem do diagrama de quadrantes do relacionamento solo-planta (DQRsp)

Foi plotado as concentrações foliares (Y) com teores no solo (X) no plano cartesiano e separado em quadrantes (I, II, III e IV), usando uma linha horizontal (perpendicular ao eixo Y) o critério sendo concentração foliar médio do banco de dados, e usando uma linha na vertical (perpendicular ao eixo X) o critério do nível crítico (90% da produtividade relativa) do teor no solo calculado pela resultante da equação da linha de fronteira.

Essa abordagem baseia-se em testes de classificação binária que visam a confiabilidade do diagnóstico de sistemas pela eliminação de eventuais distorções (SWETS, 1988).

Segundo Parent et al., (2012) e Sousa (2018) a interpretação quanto a posição dos quadrantes é:

I – Resposta positiva da concentração de nutrientes e produtividade, os talhões classificados neste quadrante esperam-se que a dose recomendável seja igual a zero ou muito próximo de zero, devido ao teor do nutriente no solo igual ou superior ao nível crítico e dos teores no tecido foliar acima da média (limitação de ordem nutricional)

II – Apresentam erros denominados de falso positivo, os talhões neste quadrante não respondem à aplicação ou teor do nutriente no solo (limitação de ordem não nutricional)

III – Resposta positiva da concentração de nutrientes e produtividade, os talhões que se enquadram neste quadrante são aqueles que responderiam a adubação (limitação de ordem nutricional)

IV – Apresentam erros denominados de falso negativo, os talhões neste quadrante não respondem à aplicação ou teor do nutriente no solo (limitação de ordem não nutricional)

Para a obtenção da curva de resposta foliar do relacionamento entre concentração na folha (Y) e teor no solo (X), foi filtrado apenas dados correspondentes aos quadrantes I e III, pois esses quadrantes apresentam resposta positiva da concentração foliar de nutrientes e produtividade (SOUZA et. al., 2018).

A interpretação desses dados de I e III quadrantes é de forma análoga a lei de Mitscherlich, lei dos incrementos decrescentes, onde acréscimos não proporcionais da produtividade em função das doses crescentes do nutriente no solo (TISDALE; NELSON, 1975; RAIJ, 1981; ALVAREZ V., 1985).

Esse método permite um melhor estudo das inter-relações entre produtividade com o resultado da análise química foliar e a disponibilidade do nutriente no solo, permitindo o maior aprimoramento no ajuste de recomendação de nutrientes.

4.4.4 Abordagem dos dados pela análise de componentes principais -CPA

Baseado na robustez da base de dados e as grandes variações nas concentrações dos nutrientes, foi aplicado a CPA para verificar a interação dos nutrientes. Essa análise tem como premissa a redução no número de variáveis originais interdependentes em menor número de componentes principais (CP), onde

expressão as combinações lineares de variáveis originais. Essa análise foi realizada utilizando o auxílio do software R.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 8 estão distribuídos os dados da concentração dos nutrientes na folha da manga através de diagramas de blox-pot, onde pode-se observar a presença de dados outlier. Na caixa estão representados a média (X) e a mediana (---) e os pontos acima da linha inferior e superior os dados outliers.

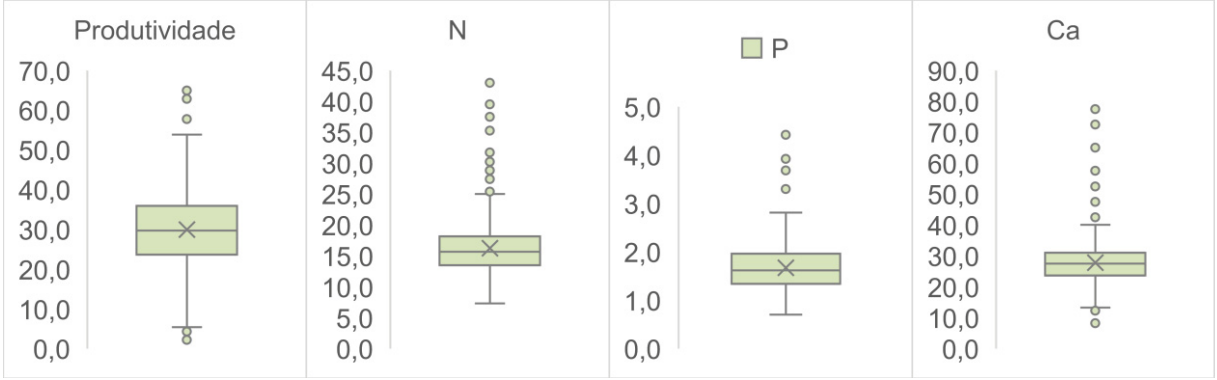
Dados considerados fora do limite superior e inferior da caixa foram excluídos antes de aplicar o método linha de fronteira. Conforme citado Hernandez-Vidal et. al., (2021) faz-se necessário a exclusão de dados anormais para posterior análise.

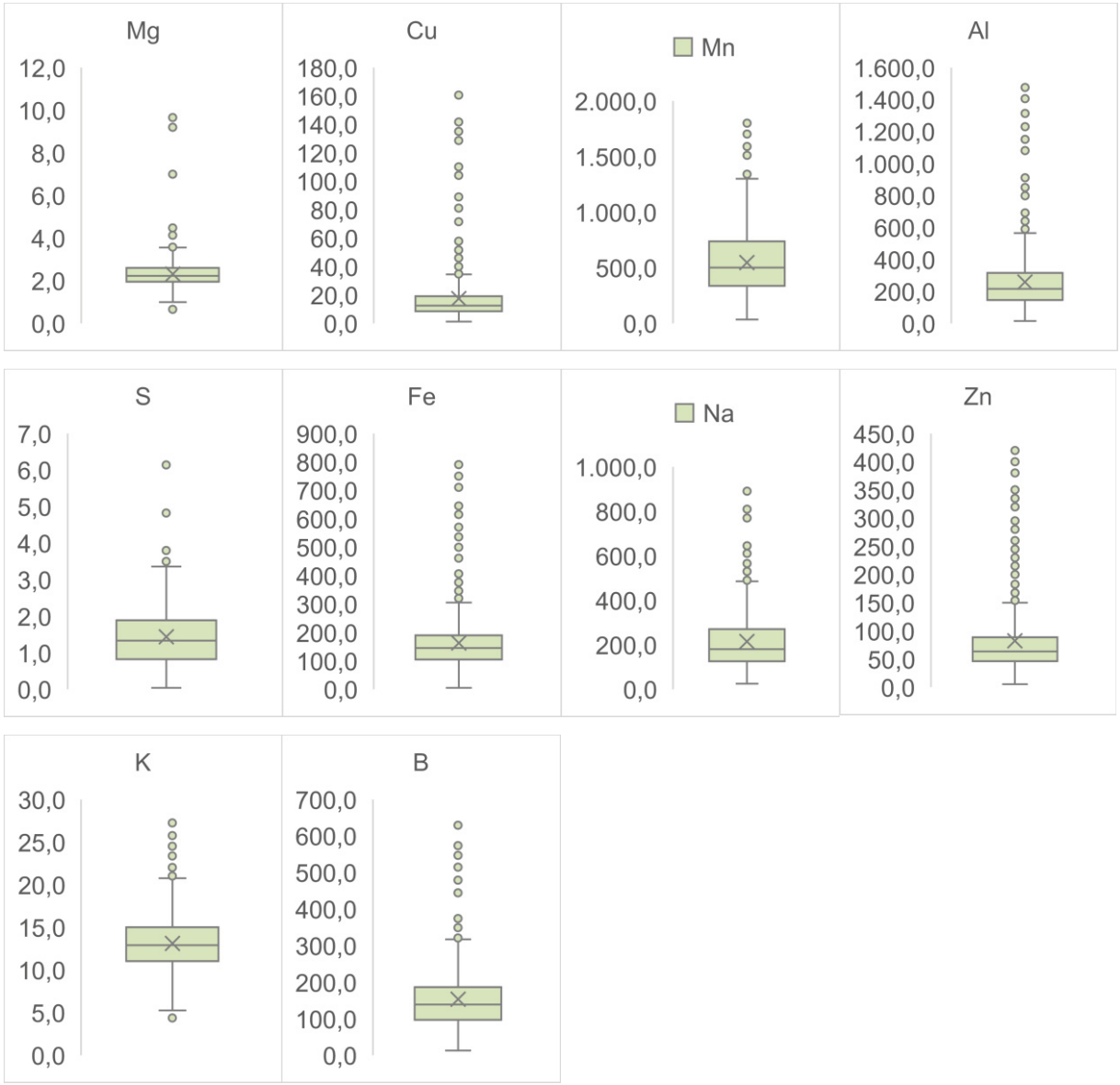
Esses dados acima destas linhas limites para Produtividade, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Na, Al e Zn foram 4,3<57,7 $Mg.ha^{-1}$, >25,4 $g.Kg^{-1}$, >3,3 $g.Kg^{-1}$, 4,4<21,0 $g.Kg^{-1}$, 12,2<42,5 $g.Kg^{-1}$, 0,65<3,6 $g.Kg^{-1}$, >3,5 $g.Kg^{-1}$, >320,6 $mg.Kg^{-1}$, >34,7$mg.Kg^{-1}$, >320,0 $mg.Kg^{-1}$, >1.341,3 $mg.Kg^{-1}$, >490,0 $mg.Kg^{-1}$, >590,0 $mg.Kg^{-1}$, >154,0 $mg.Kg^{-1}$, respectivamente (FIGURA 9).

Já na Figura 9 estão distribuídos os dados de concentração dos elementos no solo, sendo os limites para Argila, MO, pH, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na em >230,0$g.Kg^{-1}$, >20,0$g.dm^{-3}$, >6,7, >62,0 $mg.dm^{-3}$, >5,0 $mmolc.dm^{-3}$, >67,0 $cmolc.dm^{-3}$, >16,0 $cmolc.dm^{-3}$, >88,0 $mg.dm^{-3}$, >1,7 $mg.dm^{-3}$, >4,0 $mg.dm^{-3}$, >140,0 $mg.dm^{-3}$, >77,9 $mg.dm^{-3}$, >60,5 $mg.dm^{-3}$, >1,1 $mg.dm^{-3}$, respectivamente.

Ali (2018) verificou a presença de dados outliers e realizou a exclusão utilizando o gráfico blox-pot, o que facilitou a identificação dos limites.

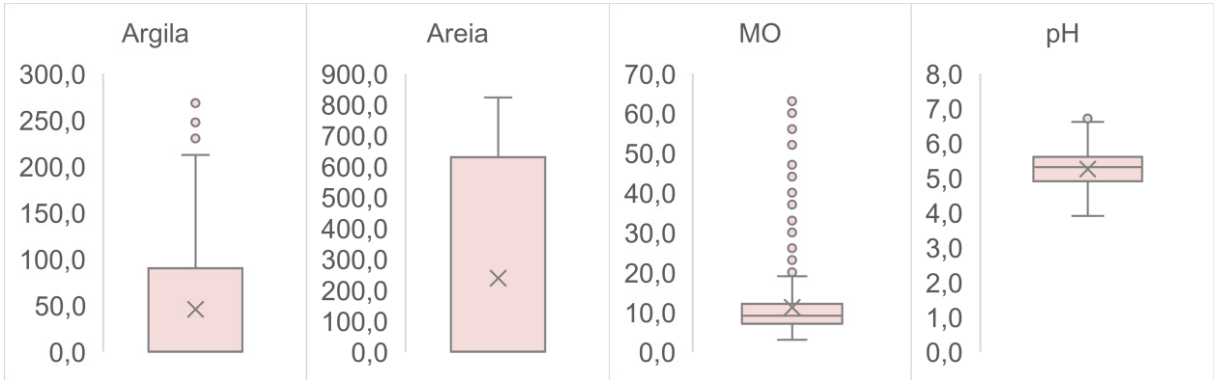
FIGURA 8 - DIAGRAMA DE BLOX-POT DA PRODUTIVIDADE E TEOR DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE MANGA PARA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, DADOS BRUTOS.

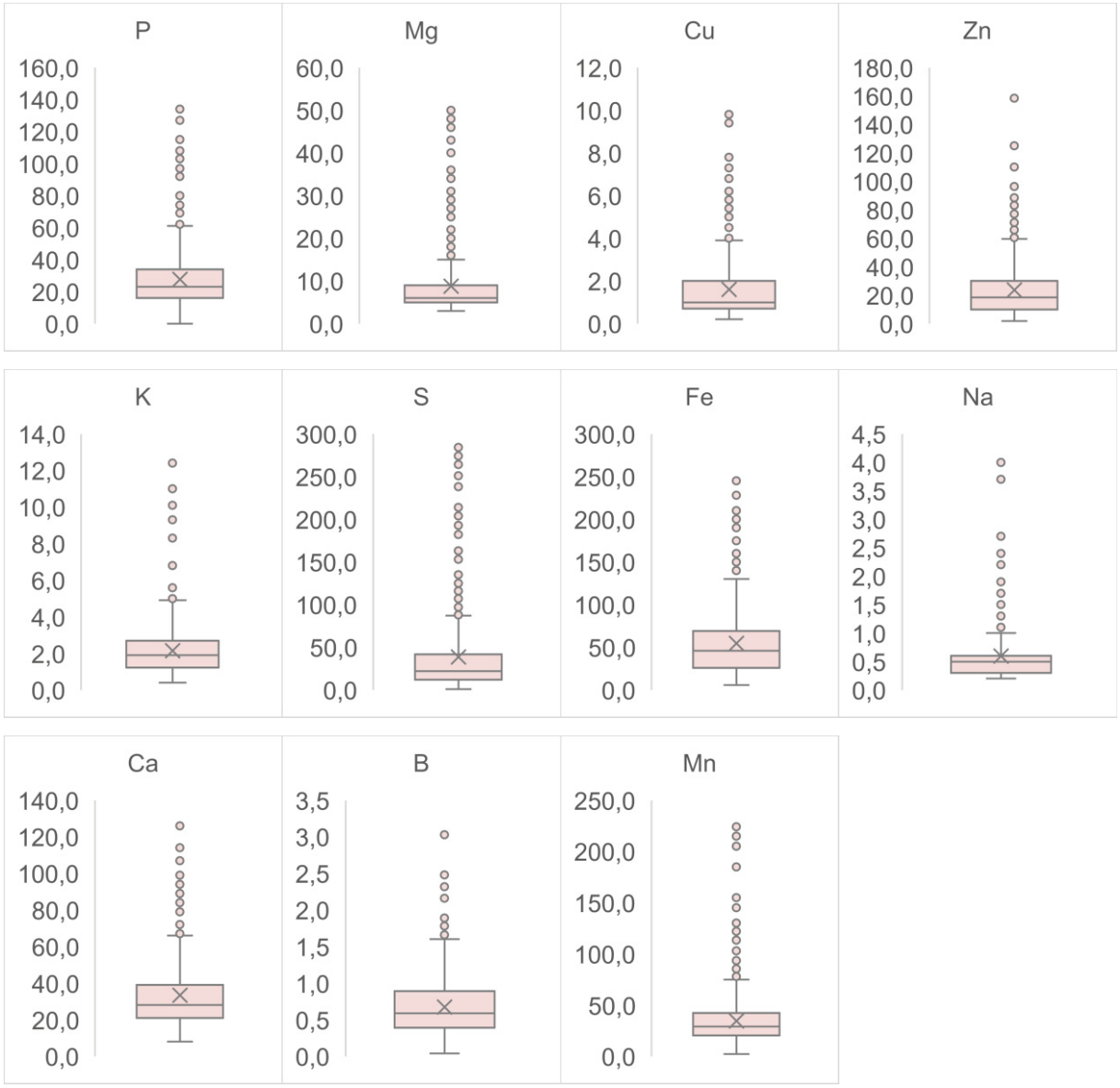




FONTE: O autor (2023).

FIGURA 9 - DIAGRAMA DE BLOX-POT DAS CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES NO SOLO NA CAMADA DE 0 A 30 CM NA CULTURA DA MANGA PARA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, DADOS BRUTOS.





FONTE: O autor (2023).

Os dados da Tabela 18, representa a análise estatística descritiva dos dados brutos da produtividade por talhão e as variáveis concentração no solo e teor foliar.

Para culturas perenes como a manga, os níveis críticos no solo diminuem com a idade das plantas, as plantas desenvolvem um mecanismo de acúmulo de formas de reserva de P, além da associação com fungos micorrizos, o que permite maior aquisição do P (NOVAIS et al., 1982; NOVAIS; MELLO, 2007).

TABELA 18 - RESUMO DESCRITIVO DAS CONCNETRAÇÕES NO SOLO E TEOR NA FOLHA PARA A CULTURA DA MANGA NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.

Variável	Mínimo	Máximo	Médio	Desvio Padrão	CV (%)
Produtividade $Mg.ha^{-1}$	2.22	64.89	29.93	9.50	31.76
Concentração no solo					
Matéria Orgânica ($g.dm^{-3}$)	3.00	63.00	11.19	8.01	71.57
pH	3.90	6.90	5.25	0.52	9.90
Argila ($g.Kg^{-1}$)	52.00	268.00	130.88	62.53	47.78
Areia ($g.Kg^{-1}$)	482.00	822.00	705.19	92.94	13.18
Silte ($g.Kg^{-1}$)	55.00	288.00	162.91	51.69	31.73
Fósforo ($mg.dm^{-3}$)	3.00	138.00	28.14	19.35	68.76
Potássio ($mmolc.dm^{-3}$)	0.40	12.40	2.15	1.30	60.33
Cálcio ($cmolc.dm^{-3}$)	8.00	126.00	33.46	19.09	57.05
Magnésio ($cmolc.dm^{-3}$)	3.00	50.00	8.81	7.11	80.61
Enxofre ($mg.dm^{-3}$)	1.00	284.00	39.08	46.88	119.96
Boro ($mg.dm^{-3}$)	0.04	3.03	0.68	0.40	58.57
Cobre ($mg.dm^{-3}$)	0.20	9.80	1.61	1.49	92.08
Ferro ($mg.dm^{-3}$)	6.00	245.00	54.96	40.36	73.45
Manganês ($mg.dm^{-3}$)	2.30	224.00	34.88	25.44	72.94
Zinco ($mg.dm^{-3}$)	1.90	158.50	23.83	19.21	80.61
Sódio ($mg.dm^{-3}$)	0.20	4.10	0.60	0.48	78.79
Teor na folha					
Nitrogênio ($g.Kg^{-1}$)	7.29	42.96	16.25	4.26	26.20
Fósforo ($g.Kg^{-1}$)	0.70	4.42	1.67	0.45	26.72
Potássio ($g.Kg^{-1}$)	4.38	27.25	13.12	3.18	24.27
Cálcio ($g.Kg^{-1}$)	8.20	77.50	27.88	6.97	24.98
Magnésio ($g.Kg^{-1}$)	0.65	9.65	2.31	0.68	29.27
Enxofre ($g.Kg^{-1}$)	0.04	6.14	1.44	0.82	57.20
Boro ($mg.Kg^{-1}$)	12.58	630.76	153.97	79.93	51.92
Cobre ($mg.Kg^{-1}$)	1.30	160.50	17.56	17.07	97.19
Ferro ($mg.Kg^{-1}$)	5.00	805.00	163.99	99.75	60.83
Manganês ($mg.Kg^{-1}$)	34.09	1850.00	547.80	287.76	52.53
Zinco ($mg.Kg^{-1}$)	5.62	420.00	82.55	62.12	75.25
Sódio ($mg.Kg^{-1}$)	25.00	890.00	214.95	122.60	57.03
Alumínio ($mg.Kg^{-1}$)	13.80	1484.00	260.33	191.82	73.68

FONTE: O autor (2023).

A produtividade variou entre 2,22 e 63,89 $Mg.ha^{-1}$ e 31,76 % de coeficiente de variação. Já para a matéria orgânica entre 3,00 e 63,00 $g.dm^{-3}$ e 71,57%.

O pH do solo variou entre 3,90 e 6,90 com 9,90% de coeficiente de variação. O teor de Argila, Areia e Silte apresentou valores entre 52,00 a 268,00 $g.Kg^{-1}$, 482,00 $g.Kg^{-1}$ a 822,00 $g.Kg^{-1}$ e 55,00 $g.Kg^{-1}$ a 288,00 $g.Kg^{-1}$, com 47,78 $g.Kg^{-1}$, 13,18 $g.Kg^{-1}$ e 31,73 $g.Kg^{-1}$ de coeficiente de variação, respectivamente (TABELA 18).

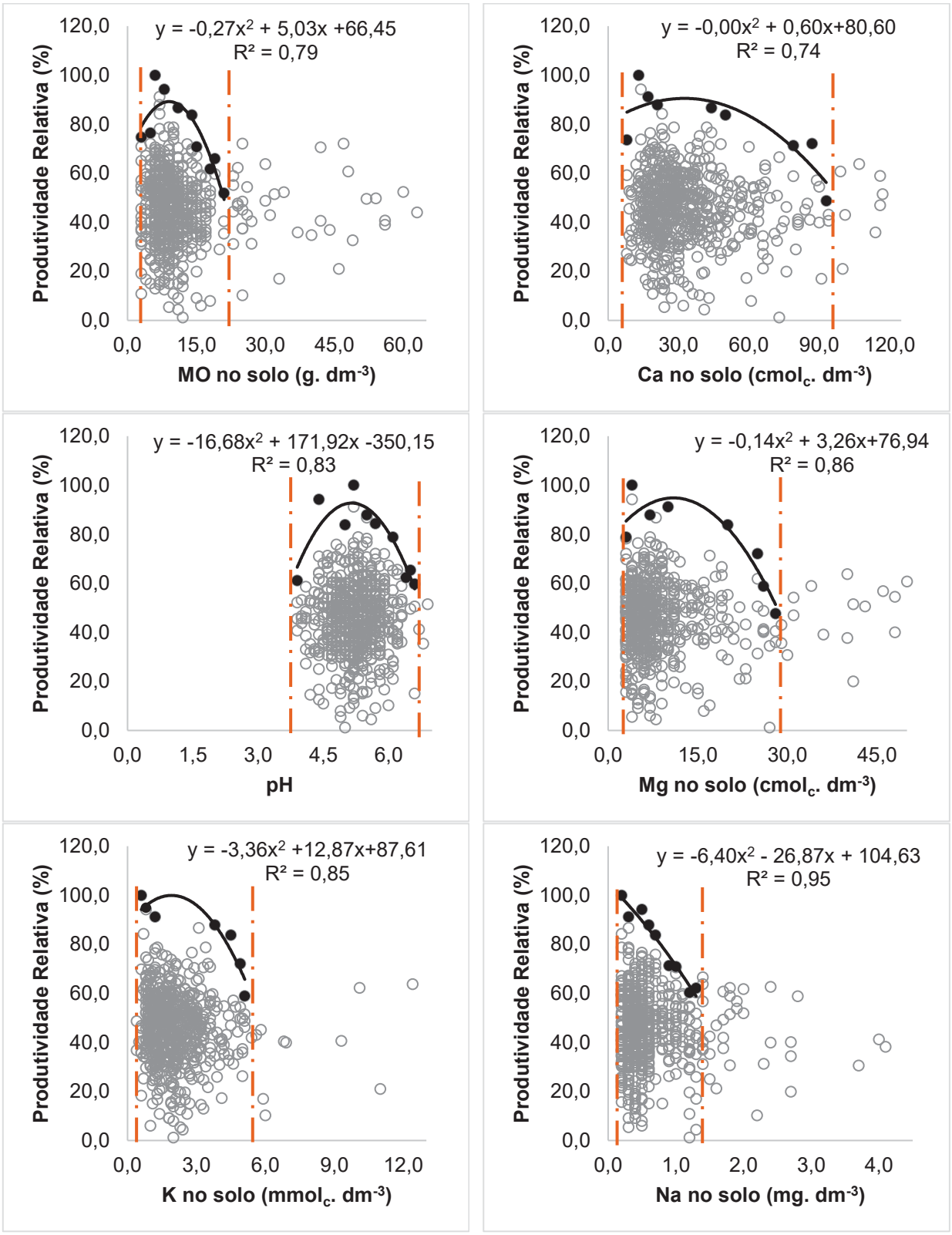
A concentração dos elementos P, K, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na, a variação foi de 3,00 a 138,00, 0,40 a 12,40, 1,00 a 284,00, 0,04 a 3,03, 0,20 a 9,80, 6,00 a 245, 2,30 a 224,00, 1,90 a 158,5, 0,20 a 4,10 $mg.dm^{-3}$, respectivamente. Sendo seus coeficientes de variação 68,76, 60,33, 119,96, 58,57, 92,08, 73,45, 72,94, 80,61 e 78,79%, respectivamente. Já para Ca e Mg variou entre 8,00 a 126,00 e 3,00 a 50,00 $cmolc.dm^{-3}$, com coeficiente de variação de 57,05 e 80,61%, respectivamente (TABELA 18).

O diagrama de dispersão e linha de fronteira entre a produtividade relativa e as concentrações no solo na camada de 0 a 30cm de profundidade são apresentados na Figuras 10, 11 e 12. A concentração de nutrientes no eixo da variável independente foi delimitado com o eixo tracejado, a fim de melhor ajuste de equação. O valor de R^2 encontrado pelo ajuste da equação quadrática variou entre 0,54 a 0,94, sendo o menor e maior respectivamente para Mn e Na (TABELA 19).

Ali, (2018) obteve valores de R^2 0,52 e 0,94 para a cultura da manga na região do Egito. Já em estudo pioneiro realizado na África do Sul, Smith e Hardie (2022), utilizaram a cultura “Rooibos tea”, e aplicaram a linha de fronteira para o diagnóstico nutricional e obtiveram o valor de R^2 entre 0,70 e 0,87.

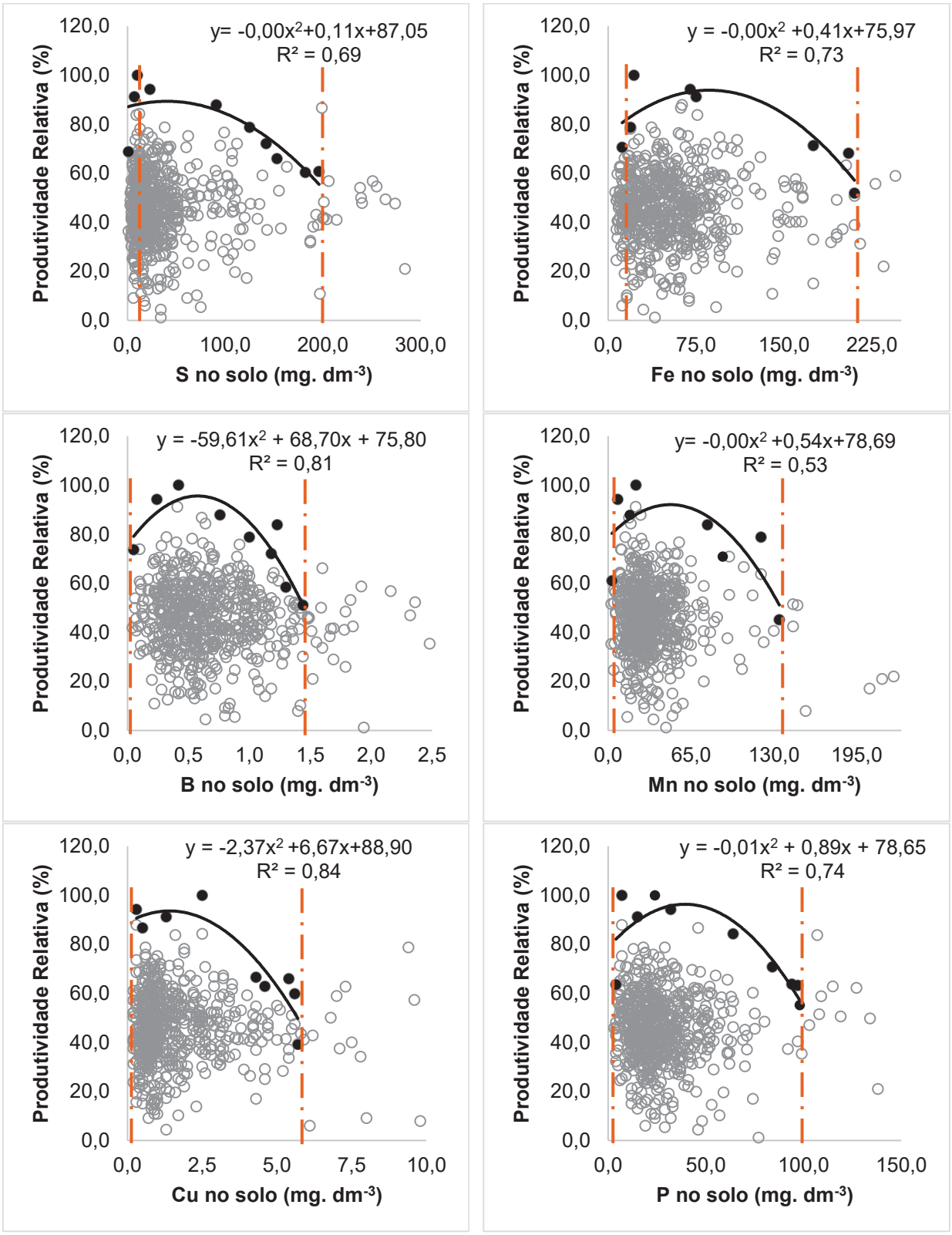
As concentrações de P, S, Fe e Mn não foram significativos pelo teste F, já para Ca e Argila os teores foram significativos apenas a 5 % de probabilidade, sendo os demais significativos a 1%.

FIGURA 10 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO PRODUTIVIDADE RELATIVA E CONCENTRAÇÃO NO SOLO NA CAMADA 0 A 30CM.



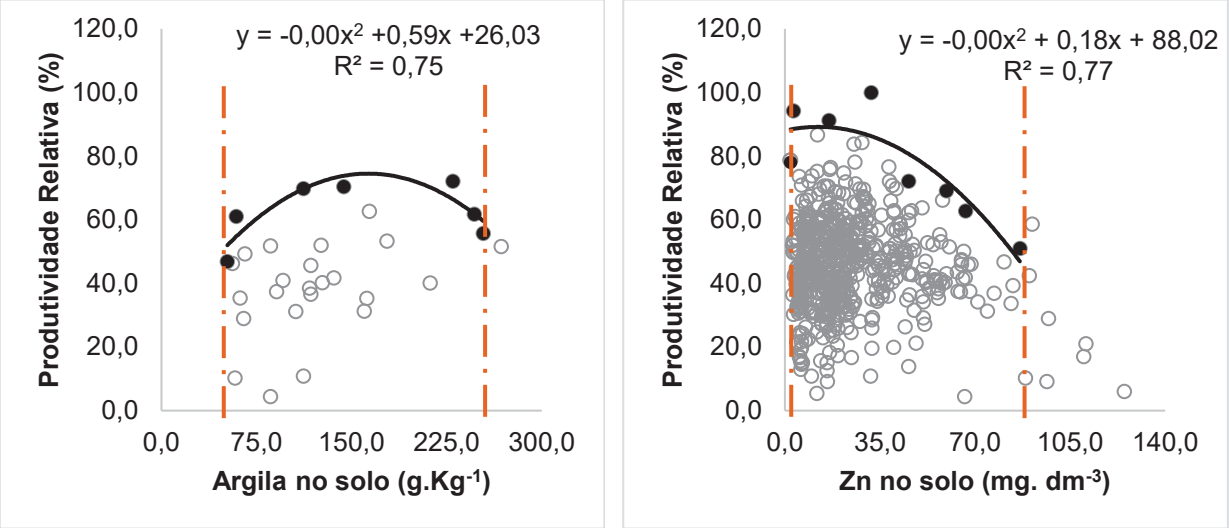
FONTE: O autor (2023).

FIGURA 11 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO PRODUTIVIDADE RELATIVA E CONCENTRAÇÃO NO SOLO NA CAMADA 0 A 30CM.



FONTE: O autor (2023).

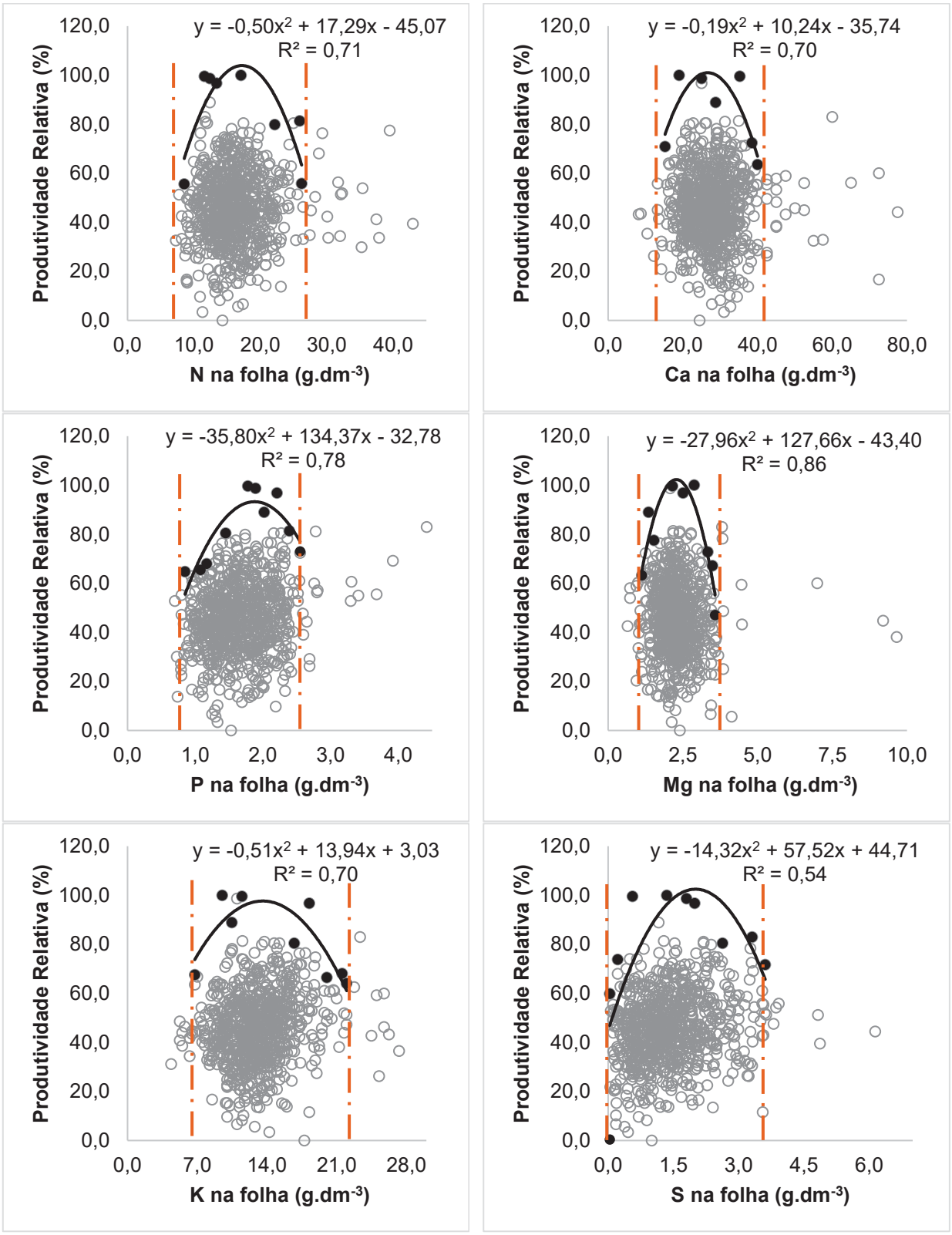
FIGURA 12 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO PRODUTIVIDADE RELATIVA E CONCENTRAÇÃO NO SOLO NA CAMADA 0 A 30CM.



FONTE: O autor (2023).

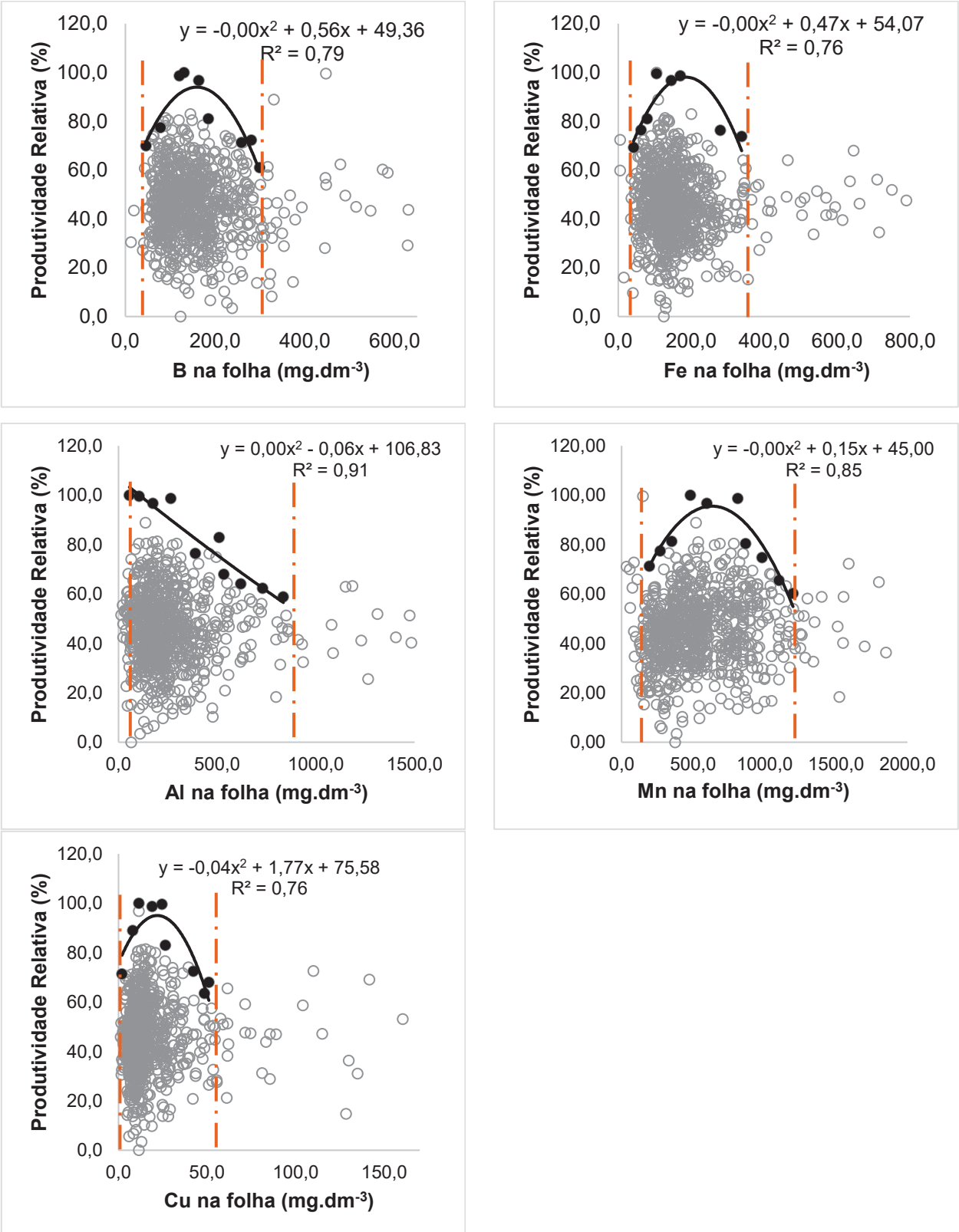
Para os teores foliares através do método linha de fronteira são observados nas Figuras 13, 14 e 15. O valore de R^2 variou entre 0,54 a 0,90, sendo o menor e maior respectivamente para S e Al (TABELA 19). O resultado do teste F indicou nível de significância de 5% de probabilidade para B, Fe, Zn e Na e os demais a 1%.

FIGURA 13 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO ENTRE PRODUTIVIDADE RELATIVA E TEOR NA FOLHA EM FASE DE INDUÇÃO FLORAL.



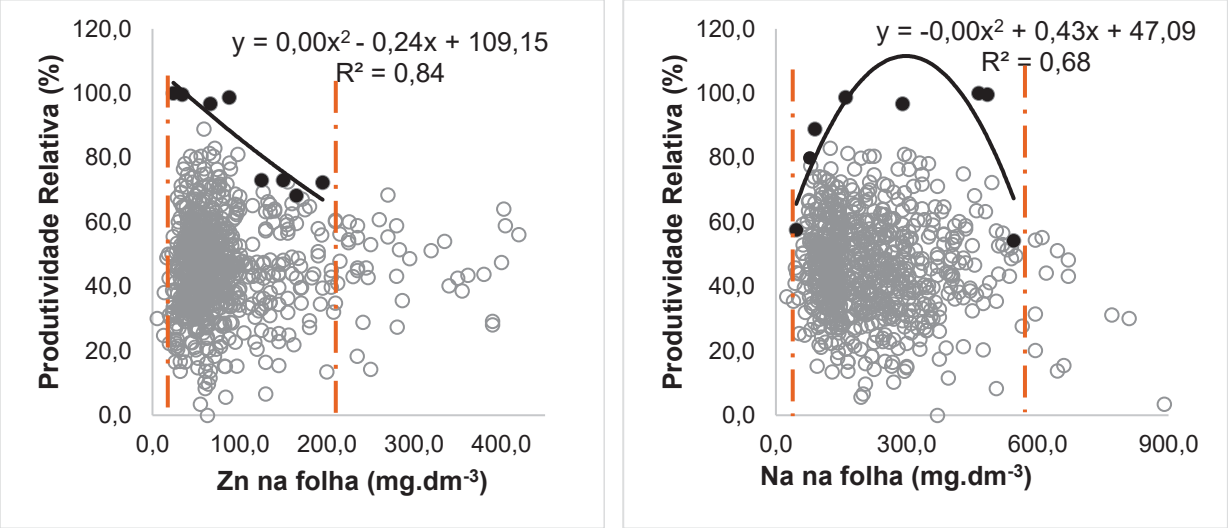
FONTE: O autor (2023).

FIGURA 14 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO ENTRE PRODUTIVIDADE RELATIVA E TEOR NA FOLHA EM FASE DE INDUÇÃO FLORAL.



FONTE: O autor (2023).

FIGURA 15 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE FRONTEIRA DO RELACIONAMENTO ENTRE PRODUTIVIDADE RELATIVA E TEOR NA FOLHA EM FASE DE INDUÇÃO FLORAL.



FONTE: O autor (2023).

TABELA 19 – NÍVEL CRÍTICO E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA PARA A CULTURA DA MANGA ATRAVÉS DA LINHA DE FRONTEIRA.

SOLO				
Elementos	**Nível crítico**	**Faixa adequada**	**Equações**	**R^2**
MO(g.dm^{-3})	5,2	5,2 – 7,5	y = -0.279x^2 + 5.0399x + 66.45**	R² = 0.79
pH	3,2	3,2 – 3,3	y = -16.685x^2 + 171.92x - 350.15**	R² = 0.83
Argila (g.Kg^{-1})	108,1	108,1 – 125,0	y = -0.001x^2 + 0.5935x + 26.03*	R² = 0.75
P (mg.dm^{-3})	13,1	13,1 – 24,4	y = -0.011x^2 + 0.897x + 78.65 ns	R² = 0.73
K (mmlo$_c$.dm^{-3})	0,4	0,4 – 2,0	y = -3.367x^2 + 12.879x + 87.61**	R² = 0.85
Ca (cmol$_c$.dm^{-3})	15,9	15,9 – 32,8	y = -0.009x^2 + 0.6099x + 80.60*	R² = 0.74
Mg (cmol$_c$.dm^{-3})	4,4	4,4 – 7,8	y = -0.149x^2 + 3.2671x + 76.94**	R² = 0.86
S (mg.dm^{-3})	26,6	26,6 – 116,7	y = -0.001x^2 + 0.113x + 87.05 ns	R² = 0.69
B (mg.dm^{-3})	0,04	0,04 – 3,03	y = -59.612x^2 + 68.703x + 75.80**	R² = 0.81
Cu (mg.dm^{-3})	0,6	0,6 – 5,8	y = -2.376x^2 + 6.6784x + 88.90**	R² = 0.84
Fe (mg.dm^{-3})	34,2	34,2 – 58,5	y = -0.002x^2 + 0.4145x + 75.97 ns	R² = 0.73
Mn (mg.dm^{-3})	21,0	21,0 – 39,6	y = -0.005x^2 + 0.5476x + 78.69 ns	R² = 0.53
Zn (mg.dm^{-3})	11,1	11,3 – 68,6	y = -0.007x^2 + 0.1887x + 88.02 **	R² = 0.77
Na (mg.dm^{-3})	0,3	0,3 – 0,1	y = -6.403x^2 - 26.879x + 104.63**	R² = 0.95
FOLHA				
Elementos	**Nível crítico**	**Faixa adequada**	**Equações**	**R^2**
N (g.kg^{-1})	8,3	8,3 – 8,9	y = -0.50x^2+ 17.2929x - 45.07**	R² = 0.71
P (g.kg^{-1})	1,9	1,9 – 2,1	y= -35.80x^2+134.370x- 32.78**	R² = 0.78
K (g.kg^{-1})	6,7	6,7 – 7,5	y = -0.51x^2 +13.9489x + 3.03**	R² = 0.70
Ca (g.kg^{-1})	12,7	12,7 – 13,7	y = -0.19x^2 +10.2492x - 35.74**	R² = 0.70

Mg ($g.kg^{-1}$)	0,7	0,7 – 0,8	$y= 27.96x^2+127.6628x -43.40^{**}$	$R^2 = 0.86$
S ($g.kg^{-1}$)	0,04	0,04 – 6,1	$y = -14.32x^2\ 57.5216x + 44.71^{**}$	$R^2 = 0.54$
B ($mg.kg^{-1}$)	72,8	72,8 – 90,7	$y = -0.001x^2 + 0.5605x + 49.36^{*}$	$R^2 = 0.80$
Cu ($mg.kg^{-1}$)	8,5	8,5 – 14,4	$y = -0.04x^2 + 1.7752x + 75.58^{**}$	$R^2 = 0.76$
Fe ($mg.kg^{-1}$)	75,9	75,9 – 97,0	$y = -0.001x^2 + 0.4753x + 54.07^{*}$	$R^2 = 0.76$
Mn ($mg.kg^{-1}$)	281,8	281,8 – 344,4	$y = -0.0001x^2 + 0.1599x + 45.00^{**}$	$R^2 = 0.85$
Zn ($mg.kg^{-1}$)	76,8	76,8 – 36,7	$y = 0.0002x^2 - 0.2498x + 109.15^{*}$	$R^2 = 0.84$
Na ($mg.kg^{-1}$)	99,5	99,5 – 122,7	$y = -0.0007x^2 + 0.4326x + 47.09^{*}$	$R^2 = 0.68$
Al ($mg.kg^{-1}$)	258,9	258,9 – 105,1	$y = 0.0000x^2 - 0.0650x + 106.83^{**}$	$R^2 = 0.91$

FONTE: O autor (2023).

Observando o resultado do método DQRsp, verificou-se que mais de 50% dos talhões para todos os nutrientes, exceto para K, Ca, S e Mn, estão nos quadrantes II e IV, ou seja, possíveis limitações na produtividade são de fatores não nutricionais (TABELA 20).

Considerando que somente os talhões que se encontram-se no quadrante III teriam resposta a adubação, apenas 11, 49, 22, 21, 39, 8, 2, 26, 30, 18, 29 % respondem a adubação com P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na, respectivamente. Sendo os nutrientes mais limitantes a produção dos talhões em ordem decrescente são: K>S>Mn>Na>Fe>Ca>Mg>Zn>P>B>Cu.

A limitação de K afeta diretamente a produção da planta, pois o nutriente desenvolve papel importante na fisiologia da planta, interferindo no metabolismo (ZORB; SENBAYRAMB; PEITER, 2014). Avaliando a fertilidade do solo na região semiárida brasileira, Sampaio et al. (1995) apresentaram uma sistematização e indicam que o K necessita de média reposição no solo da região.

Nesse sentido, em solos onde a concentração de Na no solo é elevado, ocorre a inibição de absorção de nutrientes, como o K (MUNNS & TERMAAT, 1986; FARIAS et al., 2009).

Observa-se a limitação de S, mais vale ressaltar que a capacidade do solo em suprir a demanda desse nutriente está relacionada ao teor de MO e sua mineralização, liberando formas inorgânicas de sulfato para a solução do solo que poderão ser absorvidas pelas plantas (TISDALE et al., 1985; TIECHER et al., 2012).

TABELA 20 - PORCENTAGEM DE TALHÕES EM CADA QUADRANTE CONFORME OS CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELO MÉTODO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO PLANTA-SOLO (DQRsp).

Quadrante	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
						%					
I	38	4	29	26	14	38	29	22	21	20	21
II	13	41	19	17	34	6	1	23	25	12	23
III	11	49	22	21	39	8	2	26	30	18	29
IV	37	6	30	36	14	48	68	29	24	49	27

FONTE: O autor (2023).

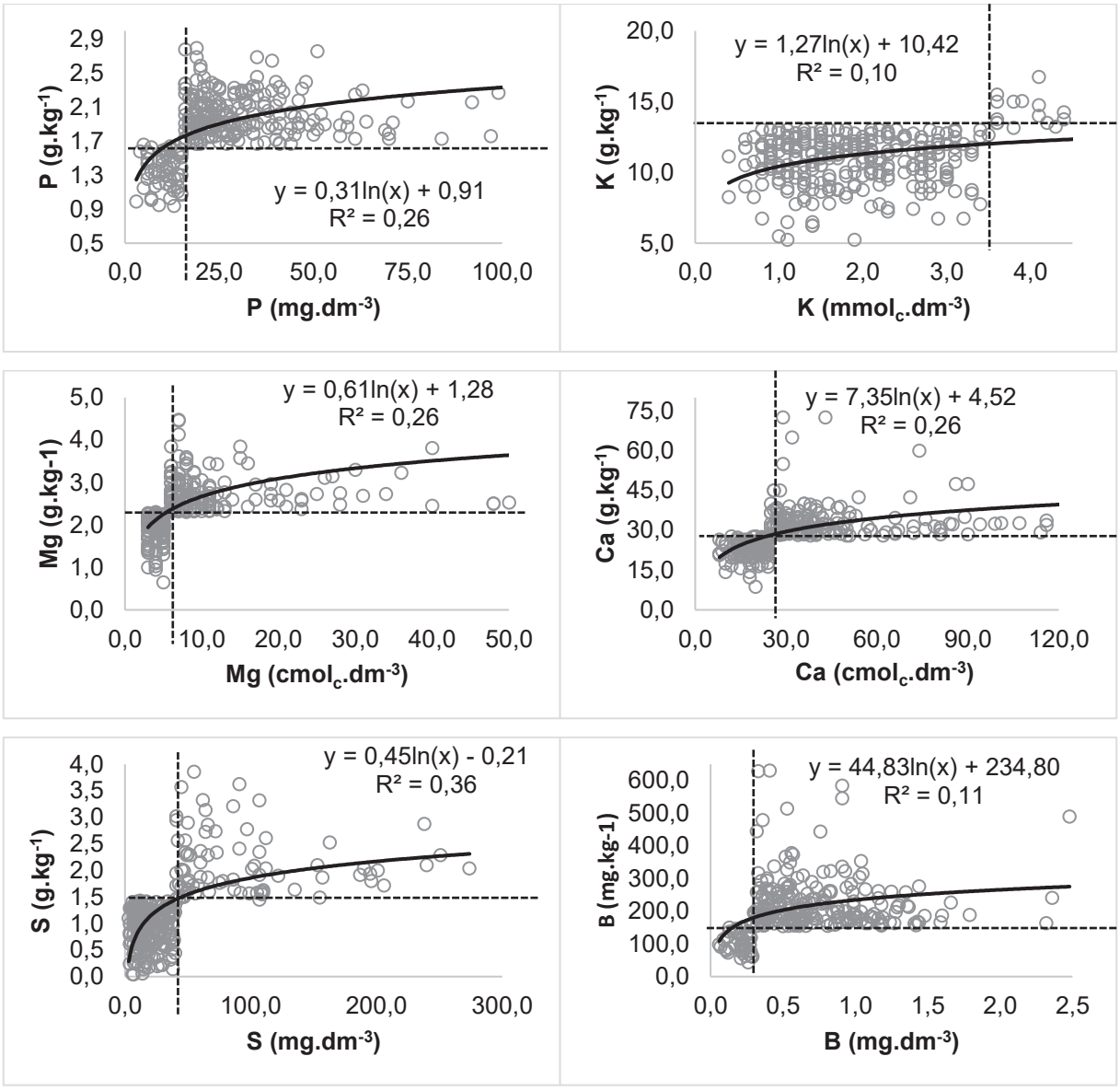
Deus et al. (2018), em estudo com a banana Prata, encontraram que mais de 50% das parcelas estavam nos quadrantes II e IV.

O resultado do diagrama de quadrantes do relacionamento solo-planta é apresentado na Figura 16 e 17.

Foi verificado valores de coeficiente R^2 variando entre 0,10 a 0,36, com exceção do Cu, que obteve resposta nula. Já Lima Neto et al. (2020) encontraram valores de R^2 para o relacionamento solo-planta para eucalipto variando entre 0,41 a 0,68. Sousa et al. (2018) para a cultura de café encontraram coeficientes de 0,46 a 0,69.

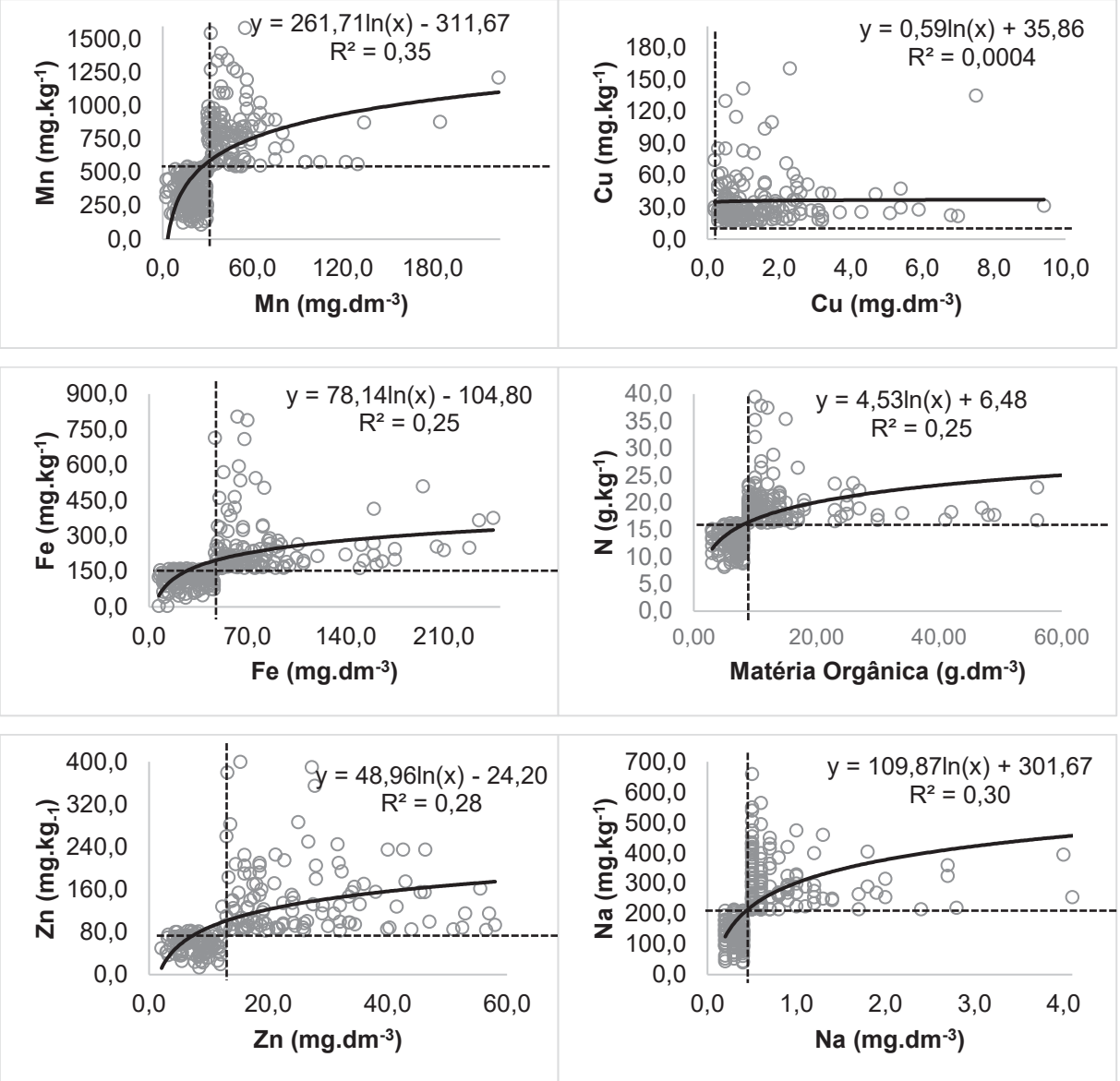
O modelo logaritmo foi o melhor no ajuste aos dados dos quadrantes I e III do relacionamento solo-planta (FIGURA 16 e 17). Observa-se que aumentos crescentes na concentração do solo contribuem para aumentos crescentes na concentração foliar, porém respostas maiores na produtividade até atingir o nível crítico e posterior estabilização.

FIGURA 16 - RELACIONAMENTO ENTRE O TEOR NA FOLHA DE MANGA EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO NO SOLO (0 - 30 CM), OBTIDO PELO MÉTODO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO SOLO-PLANTA.



FONTE: O autor (2023).

FIGURA 17 - RELACIONAMENTO ENTRE O TEOR NA FOLHA DE MANGA EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO NO SOLO (0 - 30 CM), OBTIDO PELO MÉTODO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO SOLO-PLANTA.



FONTE: O autor (2023).

A faixa adequada para o teor foliar para a cultura da manga pelo método de DQRsp é de: 7,1 – 31,2 g.kg^{-1} de N; 0,1 – 3,6 g.kg^{-1} de P; 4,1 – 23,8 g.kg^{-1} K, 13,1 – 51,9 g.kg^{-1} de Ca, 1,1 – 4,3 g.kg^{-1} de Mg, 0,1 – 3,0 g.kg^{-1} de S, 119,1 – 348,9 mg.kg^{-1} de B, 35,1 – 57,0 mg.kg^{-1} de Cu, 154,1 – 367,9 mg.kg^{-1} de Fe, 402,1 – 1131,4 mg.kg^{-1} de Mn, 57,1 – 221,7 mg.kg^{-1} de Zn, 180,1 – 429,1 mg.kg^{-1} de Na, 101,1 – 619,0 mg.kg^{-1} de Al (TABELA 21).

TABELA 21 - NÍVEL ADEQUADO E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA FOLIAR PARA A CULTURA DA MANGA ATRAVÉS DO DQRsp.

DQRsp	Nível crítico	Faixa adequada	Equação	R^2
P x P	1,7	1,7 – 11,9	y = 0.31ln(x) + 0.91**	R^2 = 0.26
K x K	9,3	9,3 – 11,3	y = 1.27ln(x) + 10.42**	R^2 = 0.10
Ca x Ca	24,8	24,8 – 30,2	y = 7.35ln(x) + 4.52**	R^2 = 0.26
Mg x Mg	2,2	2,2 – 2,5	y = 0.61ln(x) + 1.28**	R^2 = 0.26
S x S	1,3	1,3 – 1,9	y = 0.45ln(x) - 0.21**	R^2 = 0.36
B x B	90,5	90,5 – 284,5	y = 44.83ln(x) + 234.80**	R^2 = 0.11
Cu x Cu	35,6	35,6 – 36,9	y = 0.59ln(x) + 35.86**	R^2 = 0.00
Fe x Fe	171,2	171,2 – 213,1	y = 78.14ln(x) - 104.80**	R^2 = 0.25
Mn x Mn	485,1	485,1 – 651,1	y = 261.71ln(x) - 311.67**	R^2 = 0.35
Zn x Zn	94,5	94,5 – 182,9	y = 48.96ln(x) - 24.20**	R^2 = 0.28
Na x Na	169,4	169,4 – 48,7	y = 109.87ln(x) + 301.67**	R^2 = 0.30
MO x N	13,9	13,9 – 15,6	y = 4.53ln(x) + 6.48**	R^2 = 0.25

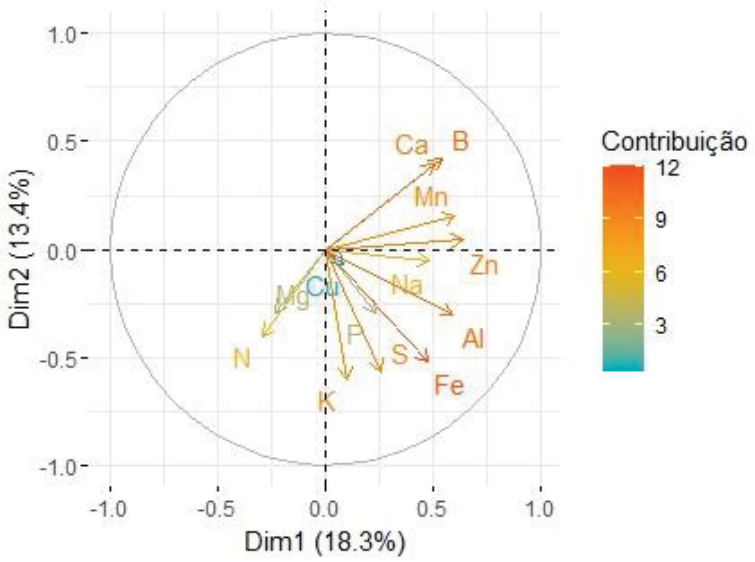
FONTE: O autor (2023).

Realizando a análise de componentes principais pode ser observado na Figura 18, que para análise da folha o CP1 representa o Zn com 18,3 % de explicação da variabilidade, isso é observado pelo menor ângulo entre a variável e o eixo correspondente ao CP.

Já para o segundo componente CP2 que representa o K essa explicação foi de 13,4%. Portanto, 31,7% do total da variabilidade é explicado por esses dois componentes, indicando que para o estabelecimento de uma norma, esses nutrientes devem compor a base de dados (FIGURA 18).

Observa-se correlação positiva CP1 com Ca, B, Mn, Zn, Na, Al e Cu, sem correlação negativa, e correlação positiva do CP2 com Fe, S, P e K e correlação negativa com N e Mg (FIGURA 18).

FIGURA 18 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS NAS VARIÁVEIS DA FOLHA NA FASE DE INDUÇÃO FLORAL.

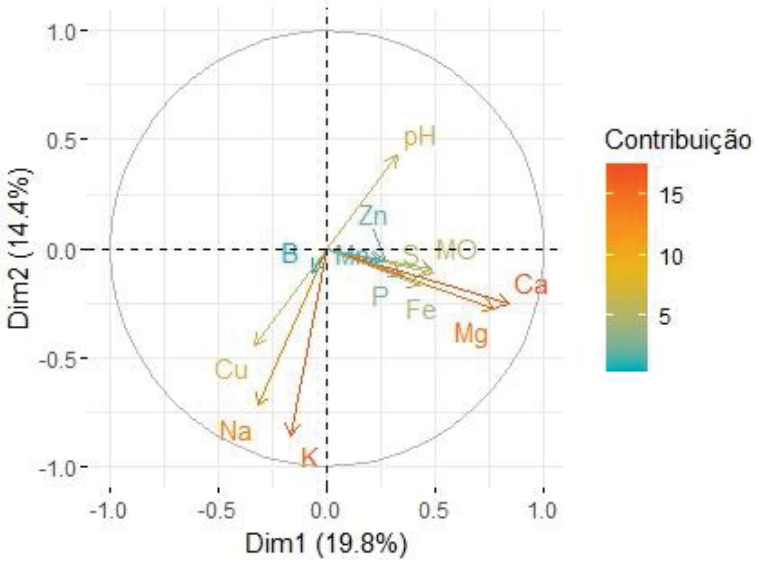


FONTE: O autor (2023).

Já para a análise do solo (FIGURA 19), o CP1 foi MO com 19,8% de explicação da variação e o CP2 foi K com 14,4% de explicação. Portanto, 34,2% do total de variação pode ser explicado com esses dois componentes principais.

Observa-se correlação positiva CP1 com Zn, S, MO, Mn, Ca, Mg, Fe e P, sem correlação negativa, e correlação positiva do CP2 com pH e correlação negativa com B, Cu, Na e K (FIGURA 19).

FIGURA 19 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS NAS VARIÁVEIS DO SOLO NA CAMADA DE 0 A 30CM.



FONTE: O autor (2023).

Analisando o resultado dos métodos em relação a faixa adequada quando comparado com autores, de maneira geral as faixas são muito próximas a literatura e os métodos (TABELA 22).

Observa-se que o diagrama de quadrantes do relacionamento solo-planta (DQRsp) teve a amplitude maior para os micronutrientes do que para os macros. (TABELA 22).

Para o método CND, o qual através do teste de acurácia demostrou a fase de indução os melhores resultado, demonstrando alta especificidade e sensibilidade, pode-se indicar como sendo um método mais refinado.

Foi observado que o método LFS, em geral, foi o que apresentou menores valores da faixa. Já, Ali (2018), sugere que a norma CND é mais sensível que a linha de fronteira para o diagnóstico nutricional na cultura da manga. Porém ambos tiveram bons resultados quanto a faixa, quando comparado com a literatura.

Oliveira et al. (2019) afirma que intervalos suficientes, ao considerar a especificidade da região, prática de cultivo, material genético e equilíbrio nutricional são cada vez mais necessário.

TABELA 22 - FAIXAS ADEQUADAS DE ELEMENTOS PARA A CULTURA DA MANGA ESTABELECIDAS EM DIFERENTES MÉTODOS DE DIAGNOSE BEM COMO A REFERÊNCIA ENCONTRADA NA LITERATURA.

	N(g.kg^{-1})	**P(g.kg^{-1})**	**K(g.kg^{-1})**	**Ca(g.kg^{-1})**	**Mg(g.kg^{-1})**	**S(g.kg^{-1})**	
Método	Faixa	Faixa	Faixa	Faixa	Faixa	Faixa	
CND[1]	13.6 - 19.2	1.5 - 2.1	12.2 - 16.8	22.6 - 29.4	1.9 - 2.6	1.3 - 2.3	
LSF[2]	8,3 – 8,9	1,9 – 2,1	6,7 – 7,5	12,7 – 13,7	0,7 – 0,8	0,04 – 6,1	
DQRsp[3]	13,9 – 15,6	1,7 – 11,9	9,3 – 11,3	24,8 – 30,2	2,2 – 2,5	1,3 – 1,9	
LSF, Rezende et al.,[4] (2023)	15.1 - 18.9	1.6 - 2.4	11.5 - 15.3	24.6 - 36.4	1.7 - 2.2	1.0 - 1.9	
DRIS, Tullio e Rozane[5] (2022)	13.7 - 19.1	1.5 - 2.1	12.4 - 17.2	21.8 - 30.0	1.9 - 2.7	1.3 - 2.3	
LSF, Ali, [6](2018)	7.4 - 14.3	0.7 - 14.2	5.4 - 10.4	13.7 - 26.5	1.5 - 3.0	-	
CND, Ali,[6] (2018)	9.2 - 12.1	0.7 - 10.6	5.8 - 9.4	10.0 - 20.8	1.1 - 3.8	-	
Manual Adubação - PR,[7](2017)	13.0 – 15.0	0.9 - 1.0	10.0 – 11.0	18.0 – 21.0	1.9 – 2.1	1.3 – 1.4	
Manual, Adubação – PR,[8](2017)	12.0 - 13.0	0.9 - 1.1	8.0 - 9.0	20.0 - 23.0	1.8 - 2.0	1.2 - 1.4	

	B(mg.kg^{-1})	**Cu(mg.kg^{-1})**	**Fe(mg.kg^{-1})**	**Mn(mg.kg^{-1})**	**Zn(mg.kg^{-1})**	**Na(mg.kg^{-1})**	**Al(mg.kg^{-1})**
Método	Faixa	Faixa	Faixa	Faixa	Faixa	Faixa	Faixa
CND[1]	92.0 - 169.0	6.5 - 29.1	72.4 - 213.5	495.9 - 848.7	54.0 - 138.1	112.6 - 342.2	138.7 - 371.3
LSF[2]	72,8 – 90,7	8,5 – 14,4	75,9 – 97,0	281,8 – 344,4	76,8 – 36,7	99,5 – 122,7	258,9 – 105,1
DQRsp[3]	90,5 – 284,5	35,6 – 36,9	171,2 – 213,1	485,1 – 651,1	94,5 – 182,9	169,4 – 48,7	-
LSF, Rezende et al.,[4] (2023)	141.8 - 221.3	6.6 - 14.5	113.1 - 449.6	328.3 - 684.1	31.7 - 148.1	-	-
DRIS, Tullio e Rozane[5] (2022)	93.2 - 177.4	7.1 - 28.7	68.4 - 216.8	451.1 - 850.9	53.0 - 136.0	116.5 - 321.9	132.4 - 391.2
LSF, Ali, [6](2018)	-	2.4 - 12.1	389.0 - 1148.0	23.1 - 60.5	28.4 - 56.3	-	-
CND, Ali,[6] (2018)	-	2.4 - 11.4	277.5 - 849.2	27.9 - 82.4	29.2 - 44.6	-	-
Manual Adubação - PR,[7](2017)	22.0 – 29.0	16.0 – 31.0	61.0 - 77.0	459.0 - 573.0	18.0 - 25.0	-	-
Manual, Adubação – PR,[8](2017)	24.0 - 30.0	16.0 - 33.0	55.0 - 68.0	411.0 - 560.0	19.0 - 24.0	-	-

[1] Tommy Atkins, fase de indução floral; [2] Keiit, Kent e Tommy Atkins, fase de indução floral; [3] Keiit, Kent e Tommy Atkins, fase de indução floral; [4] Tommy Atkins, fase de pleno florescimento; [5] Keitt, fase de indução floral; [6] Manga, fase de pleno florescimento; [7] Palmer, fase de início do pleno florescimento; [8] Tommy Atkins, fase de início do pleno florescimento.

4.6 CONCLUSÕES

A faixa adequada dos atributos do solo pelo método de linha de fronteira na camada de 0 – 30cm é: 5,2 – 7,5 $g.dm^{-3}$ de MO; 3,2 – 3,3 pH; 13,1 – 24,4 $mg.dm^{-3}$ de P; 0,4 – 2,0 $mmol_c.dm^{-3}$ de K; 15,9 – 32,8 $cmol_c.dm^{-3}$ de Ca; 4,4 – 7,8 $cmol_c.dm^{-3}$ de Mg; 26,6 – 116,7 $mg.dm^{-3}$ de S; 0,04 – 3,03 $mg.dm^{-3}$ de B; 0,6 – 5,8 $mg.dm^{-3}$ de Cu; 34,2 – 58,5 $mg.dm^{-3}$ de Fe; 21,0 – 39,6 $mg.dm^{-3}$ de Mn; 11,3 – 68,6 $mg.dm^{-3}$ de Zn; 0,3 – 0,1 $mg.dm^{-3}$ de Na.

Os nutrientes mais limitantes, utilizando o DQRsp, a produção dos talhões em ordem decrescente são: K>S>Mn>Na>Fe>Ca>Mg>Zn>P>B>Cu.

A faixa adequada para o teor foliar para a cultura da manga pelo método de DQRsp é de: 13,9 – 15,6 $g.kg^{-1}$ de N; 1,7 – 11,9 $g.kg^{-1}$ de P; 9,3 – 11,3 $g.kg^{-1}$ K, 24,8 – 30,2 $g.kg^{-1}$ de Ca, 2,2 – 2,5 $g.kg^{-1}$ de Mg, 1,3 – 1,9 $g.kg^{-1}$ de S, 90,5 – 284,5 $mg.kg^{-1}$ de B, 35,6 – 36,9 $mg.kg^{-1}$ de Cu, 171,2 – 213,1 $mg.kg^{-1}$ de Fe, 485,1 – 651,1 $mg.kg^{-1}$ de Mn, 94,5 – 182,9 $mg.kg^{-1}$ de Zn, 169,4 – 48,7 $mg.kg^{-1}$ de Na.

4.7 REFERÊNCIAS

ALI, A.M. Nutrient sufficiency ranges in mango using boundary-line approach and compositional nutrient diagnosis norms in El-Salhiya, Egypt. **Commun Soil Science Plant**. 49:188-201. 2018.

ALVAREZ V., V. H. Avaliação da fertilidade do solo (Superfícies de resposta - Modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta). Viçosa, Imprensa Universitária, UFV. 75 p. 1985.

EVANYLO, G. K., SUMNER, M. E. Utilization of the boundary line approach in the development of soil nutriente norms for soybean production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**.18 (12):1379–401. 1987.

FARIA, L.N.; SOARES, A.A.; DONATO, S.L.R.; SANTOS, M.R.D.; CASTRO, L.G. The effects of irrigation management on floral induction of Tommy Atkins' mango in bahia semiarid. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, p.387-398, 2016.

FARIAS, S. G. G.; SANTOS, R. S.; FREIRE, A. L. O.; SILVA, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1499-1505. 2009.

LIRA, A.L.F.; SILVA, K.A.DA.; RODRIGUES, M.S.; SOUZA, C.G.P.; MOREIRA, F.B.R.; LIMA, A.M.N. Spatial correlation between soil and leaf macronutrients in semiarid Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) fields. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal. v. 43, n. 4: (e-149). 2021.

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole plant responses to salinity. **Australian Journal Plant Physiol.**, v.13, n.1, p.143-160. 1986

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; CORRÊA, M.C.M.; QUEIROZ, R.F.; SOUZA, H.A.DE.; LIMA NETO, A.J.DE. Manejo da fertilidade do solo e estado nutricional de fruteiras no bioma mata atlântica do nordeste brasileiro. In: SOUZA, H.A.DE.; LEITE, L.F.C.; MEDEIROS, J.C. (org.). **Solos Sustentáveis para a Agricultura no Nordeste**. Parte IV. Brasília. EMBRAPA, p. 493-536. 2021.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (ed.). Fertilidade do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. 1017p. 2007.

PARENT, S. E, PARENT, L. E., ROZANE, D. E., HERNANDES, A, NATALE, W. Nutrient balance as paradigm of soil and plant chemometrics. In: Issaka, R. N. (Ed.), **Soil fertility. InTech Publications**, New York, pp.83-114. 2012.

PIMENTEL-GOMES, F.P.; GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais. Piracicaba: **FEALQ**, 309p, 2002.

RAIJ, B. Van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto de Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa. 142 p. 1981.

RODRIGUES, M.S.; SOUZA, C. de.; LIMA, D.D.; da SILVA, S.D.P.; ALVES, D.C.; MACHADO, N.S. Impacto do cultivo do coqueiro irrigado na qualidade física do solo na região semiárida brasileira. **Ciencia del Suelo**, Argentina. v. 34, pag. 139-144, 2016.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, F.B.R. Fertilidade de solos do semi-árido do Nordeste. In: PEREIRA, J.R.; FARIA, C.M.B., (Ed). **Fertilizantes: insumos básicos para a agricultura e combate a fome.** Petrolina. Embrapa, p.51-71. 1995.

SMITH, J.F.N.; HARDIE, A.G. Determinação de faixas de suficiência de nutrientes foliares em chá de rooibos cultivado usando a abordagem da linha limítrofe. **South African Journal of Plant and Soil,** Pretória, v.39, n.3, p.226-33, 2022.

SOUSA, J. S. Análise foliar para ajuste da recomendação de adubação do cafeeiro. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. (Dissertação de Mestrado). 2016.

SOUSA, J. S.; NEVES, J. C. L.; MARTINEZ, H. E. P.; ALVAREZ V., V. H. Relationship between coffee leaf analysis and soil chemical analysis. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 42, 2018.

SWETS, J. A. Measuring the accuracy of diagnostic systems. **Science**, 240(4857), p.1285–1293. 1988.

TIECHER, T. SANTOS, D. R.; RASCHE, J. W. A.; BRUNETTO, G.; MALLMANN, F. J. K.; PICCIN, R. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. Bragantia, v. 71, n. 4, p.518-527, 2012.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. Soil fertility and fertilizer. 3ª ed. New York, Collier Mc Millan International editions. 694 p.1975.

WALWORTH, JL; LETZSCH, WS; SUMNER, ME Uso de linhas de fronteira no estabelecimento de normas de diagnóstico. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.50, n.1, p.123-8, 1986.

WEBB, R. Use of the boundary line in the analysis of biological data. **Journal Horticulture Science**. 47:309-19. 1972.

ZORB, C.; SENBAYRAMB, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture Status and perspectives. **Journal of Plant Physiology**. v.171, p.656–669, 2014.

5 CONCLUSÃO GERAL

Atualização quanto a faixa adequada de nutrientes para a cultura da manga é válida para a região apresentada.

A agricultura moderna exige que o produtor tradicional exerça a função de empresário rural, obtendo alta eficiência com índices de aproveitamento elevado na cultura.

Otimização e sustentabilidade de um sistema é alcançada sempre que os resultados da pesquisa são aplicados na prática.

REFERÊNCIAS

AITCHISON, J. Statistical analysis of compositional data. New York: **Chapman and Hall**; 1986.

ALI, A.M. Nutrient sufficiency ranges in mango using boundary-line approach and compositional nutrient diagnosis norms in El-Salhiya, Egypt. **Commun Soil Science Plant**. 49:188-201. 2018.

ALVAREZ V., V. H. Avaliação da fertilidade do solo (Superfícies de resposta - Modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta). Viçosa, **Imprensa Universitária**, UFV. 75 p. 1985.

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. Anuário estatístico - setor de fertilizantes 2021. São Paulo: ANDA, 2022.

ARAÚJO, J.J. de. **Avaliação do estado nutricional da mangueira Tommy Atkins irrigada no Vale do Açu em diferentes épocas de amostragem foliar**. 2010. (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

AVILAN, L.A.R.; CARMELO, R.A. El mango. **Caracas: Editorial America**. 401p. 1990.

BARBOSA, L.F.S.; CAVALCANTE, I.H.L.; LIMA, A.M.N. Desordem fisiológica e produtividade de mangueira cv.Palmer associada à nutrição de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.38, n.1, p.1-9, 2016.

BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. **Soil Science Bulletin**, Pietermararitzburg: University of Natal, v 1, p. 132, 1973.

BEVERLY, R.B. Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. **Journal of Plant Nutrition**, v.10, p.901-920, 1987.

BEVERLY, R.B.; HALLMARK, W.B. Prescient diagnostic analysis: a proposed new approach to evaluating plant nutrient diagnostic methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.23, p.2633-2640, 1992.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Planilha de Custos de produção de manga. 2022. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/818-manga. Acesso em: 10 de março 2023.

COSTA, A.N. da.; COSTA, A. de F.S. da.; CAETANO, L.C.S., VENTURA, J.A. Recomendações técnicas para a produção de manga. Incaper, **Vitória**, Brasil. 56 p. 2008.

DOW, A.I.; ROBERTS, S. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. **Agronomy Journal, v** 74, p. 401–403. 1982.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Observatório da manga. 2023. Disponível em: https://www.embrapa.br/observatorio-da-manga. Acesso em: 10 de março 2023.

EVANYLO, G. K., SUMNER, M. E. Utilization of the boundary line approach in the development of soil nutriente norms for soybean production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**.18 (12):1379–401. 1987.

FAO. Food and agriculture organization of the United Nations. The state of the world's land and water resources for food and agriculture. **Roma.** 2011.

FARIA, L.N.; SOARES, A.A.; DONATO, S.L.R.; SANTOS, M.R.D.; CASTRO, L.G. The effects of irrigation management on floral induction of Tommy Atkins' mango in bahia semiarid. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, p.387-398, 2016.

FARIAS, P. I. V.; FREIRE, E.; CUNHA, A. L. C.; POLIDORO, J. C.; ANTUNES, A. M. S. Input assurance for Brazilian food production. **Fertilizer Focus**, v. 38, n. 1, p. 52-54, 2021.

FARIAS, S. G. G.; SANTOS, R. S.; FREIRE, A. L. O.; SILVA, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1499-1505. 2009.

FRANCO-HERMIDA, J.J.; QUINTERO-CASTELLANOS, M.F.; GUZMÁN, A.I.; GUZMÁN, M.; CABRERA, R.I. Validating integrative nutrient diagnostic norms for greenhouse cut-roses. **Scientia Horticulturae**. 264: 109094. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário. 2023. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html. Acesso em 10 de março de 2023.

LIMA NETO, A.J.; NEVES J.C.L.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUSA, J.S.; FERNANDES, L.V. Establishment of critical nutrient levels in soil and plant for eucalyptus. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 44: 1-16. 2020.

LIRA, A.L.F.; SILVA, K.A.DA.; RODRIGUES, M.S.; SOUZA, C.G.P.; MOREIRA, F.B.R.; LIMA, A.M.N. Spatial correlation between soil and leaf macronutrients in semiarid Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) fields. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal. v. 43, n. 4: (e-149). 2021.

MA, J. F.; HIRADATE, S.; NOMOTO, K.; IWASHITA, T.; MATSUMOTO, H. Internal detoxification mechanism of Al in hydrangea (Identification of Al form in the leaves). **Plant Physiology**, Rockville, v.113, n.4, p.1033-1039, 1997.

MEDEIROS, A. A; AMORIM, J. R. A. de; SILVA, D. J; GUEDES, F. X; GUERRA, A. G; DANTAS, J. A. Composição mineral de folhas e exportação de nutrientes pelos frutos de mangueira, em cultivo irrigado, no Rio Grande do Norte**. Natal, RN: Emparn, 2005.** 13 p. (Emparn. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 30).

MENESES, N.B. **Diagnóstico do estado nutricional do milho-doce**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole plant responses to salinity. **Australian Journal Plant Physiol.**, v.13, n.1, p.143-160. 1986

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; CORRÊA, M.C.M.; QUEIROZ, R.F.; SOUZA, H.A.DE.; LIMA NETO, A.J.DE. Manejo da fertilidade do solo e estado nutricional de fruteiras no bioma mata atlântica do nordeste brasileiro. In: SOUZA, H.A.DE.; LEITE, L.F.C.; MEDEIROS, J.C. (org.). **Solos Sustentáveis para a Agricultura no Nordeste**. Parte IV. Brasília. EMBRAPA, p. 493-536. 2021.

NELSON, L.A.; ANDERSON, R.L. Partitioning of soil test-crop response probability. In: Peck TR, Cope-Junior JT, Whitney DA (ed.) Soil testing: correlating and interpreting the analytical results. Madison: **American Society of Agronomy, Crop Science Society of America**; 1977.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (ed.). Fertilidade do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. 1017p. 2007.

OLIVEIRA, C.T.; ROZANE, D.E.; AMORIM, D.A.; SOUZA, H.A.; FERNANDES, B.S.; NATALE, W. Diagnosis of the nutritional status of ‘Paluma’ guava trees using leaf and flower analysis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 42, n. 3: (e-132). 2020.

OLIVEIRA, G.P., SIQUEIRA, D.L., SALOMÃO, L.C. C., CECON, P.R., MACHADO, D.L.M. Paclobutrazol and branch tip pruning on the flowering induction and quality of mango tree fruits. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. n 47. 2017.

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura,** v. 33, p. 321-334, 2011.

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient 251 diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, p.239-242, 1992.

PARENT, S. E, PARENT, L. E., ROZANE, D. E., HERNANDES, A, NATALE, W. Nutrient balance as paradigm of soil and plant chemometrics. In: Issaka, R. N. (Ed.), **Soil fertility. InTech Publications**, New York, pp.83-114. 2012.

PARENT, S.E.; PARENT, L.E.; ROZANE, D.E.; NATALE, W. Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (Mangifera Indica). **Frontiers in Plant Science,** v.4, n. 39, p. 1-10. 2013.

PIMENTEL-GOMES, F.P.; GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais. Piracicaba: **FEALQ**, 309p, 2002.

POLITI, L. S.; FLORES, R. A.; SILVA, J. A. S.; WADT, P. G. S.; PINTO, P. A. C.; PRADO, R. M. Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 11-18, 2013.

QUAGGIO, J.A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O.M. (Ed.) **Manga**: tecnologia de produção e mercado. Vitória da Conquista: UESB, 1996. p.106-135.

RAIJ, B. Van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto de Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa. 142 p. 1981.

RAJ. G.B.; RAO. A.P. Identification of Yield-Limiting Nutrients in Mango through DRIS Indexes. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.37, p. 1761-1774, 2006.

REZENDE, J. S., FREIRE, F. J., SILVA, S. R. V. DA., MUSSER, R. DOS S., CAVALCANTE, Í. H. L., SALDANHA, E. C. M., SANTOS, R. L. DOS., & CUNHA, J. C. Nutritional diagnosis of mango plants post-harvest in anticipation of pre-flowering avoids nutritional stress. Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental, 27(5), 359–366, 2023.

RODRIGUES, M.S.; SOUZA, C. de.; LIMA, D.D.; da SILVA, S.D.P.; ALVES, D.C.; MACHADO, N.S. Impacto do cultivo do coqueiro irrigado na qualidade física do solo na região semiárida brasileira. **Ciencia del Suelo**, Argentina. v. 34, pag. 139-144, 2016.

ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status**. Cientifica**, v. 44, n. 1, p. 102-112, 2016.

ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PRADO, R. DE. M.; BARBOSA, J.C. Tamanho da amostra foliar para avaliação do estado nutricional de goiabeiras com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v13, p. 233-239. 2009.

ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PRADO, R.DE.M.; BARBOSA, J.C. Amostragem para diagnose do estado nutricional de mangueiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 264 Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 371-376. 2007.

ROZANE, D.E.; PRADO, R.DEM. Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints. In: Anoop Kumar Srivastava, Chengxiao Hu. **ELSEVIER**. 2020.E-book.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, F.B.R. Fertilidade de solos do semi-árido do Nordeste. In: PEREIRA, J.R.; FARIA, C.M.B., (Ed). **Fertilizantes: insumos básicos para a agricultura e combate a fome. Petrolina**. Embrapa, p.51-71. 1995.

SANTOS, E.M.H dos. **Diagnose da Composição Nutricional (CND) para a cultura da Atemoia.** 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo – Área de concentração em Solo e Ambiente) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; ROJAS, E.P.; MORAIS, H.S. de.; CONRAD, V.D.A.; GUIMARÃES, F.C.N. Estabelecimento de normas DRIS para o algodoeiro com diferentes critérios de seleção da população de referência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília. v.48, p. 1472-1480, 2013.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; ROJAS, E.P.; VITORINO, A.C.T. Beaufils ranges to assess the cotton nutrient status in the southern region Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 171-181, 2012.

SHEN R.F.; MA, J.F.; KYO, M.; IWASHITA, T. Compartmentation of aluminium in leaves of an Alaccumulator, Fagopirum esculentum Moench. **Planta**, New York, v.215, n.3, p.394-398, 2002.

SILVA, D.R.; PEREIRA, R.; MOUCO, M.A.; ALBUQUERQUE, A.S. de.; RAIJ, B.; SILVA, C. A. Nutrição mineral e adubação da mangueira em condições irrigadas. **Petrolina:** Embrapa Semiárido, 13 p. (Embrapa Semi-Árido, Circular Técnica, 77). 2004.

SILVA, G.G.C., NEVES, J.C.L.; ALVAREZ, V.H. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M- DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 755-761, 2005.

SILVA, G.P.; PRADO, R.M.; WADT, P.G.S.; MODA, L.R.; CAIONE, G. Accuracy of nutritional diagnostics for phosphorus considering five standards by the method of diagnosing nutritional composition in sugarcane. **Journal of Plant Nutrition**. v. 43, ed. 10, p.1485 -1497. 2020.

SILVA, J.B.C.; NOVAIS, R.F.; SEDIYAMA, C.S. Identificação de genótipos de sorgo tolerantes a toxicidade de alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 292 77-83, 1984.

SMITH, J.F.N.; HARDIE, A.G. Determinação de faixas de suficiência de nutrientes foliares em chá de rooibos cultivado usando a abordagem da linha limítrofe. **South African Journal of Plant and Soil,** Pretória, v.39, n.3, p.226-33, 2022.

SOUSA, J. S. Análise foliar para ajuste da recomendação de adubação do cafeeiro. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. (Dissertação de Mestrado). 2016.

SOUSA, J. S.; NEVES, J. C. L.; MARTINEZ, H. E. P.; ALVAREZ V., V. H. Relationship between coffee leaf analysis and soil chemical analysis. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 42, 2018.

SOUZA, H.A.; ROZANE, D.E.; AMORIM, D.A de.; NATELE, W. Normas preliminares DRIS e faixas de suficiência para goiabeira ‘Paluma’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 282-291, 2013.

SWETS, J. A. Measuring the accuracy of diagnostic systems. **Science**, 240(4857), p.1285–1293. 1988.

TIECHER, T. SANTOS, D. R.; RASCHE, J. W. A.; BRUNETTO, G.; MALLMANN, F. J. K.; PICCIN, R. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. **Bragantia**, v. 71, n. 4, p.518-527, 2012.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. Soil fertility and fertilizer. 3ª ed. New York, **Collier Mc Millan International editions**. 694 p.1975.

ULRICH, A. Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants. **Annual Review of Plant Physiology,** v 3, p. 207–228. 1952.

URANO, EM. O.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.C. Avaliação do estado nutricional da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 1.421-1.428, 2006.

WADT, P.G.S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.227-234, 2005.

WADT, P.G.S.; LEMOS, C.O. Medidas de acurácia para diagnósticos nutricionais e seu impacto no manejo das adubações. In: PRADO, R. de M.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CORREIA, M.A.R.; PUGA, A.P. (Ed.). **Nutrição de plantas**: diagnose foliar em hortaliças. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, p.213-236. 2010.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F.; DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 661-666, 1998.

WADT, P.G.S.; SILVA, D. J.; Normas multivariadas para avaliação do estado nutricional de mangueiras cultivar Tommy Atkins, pelo método da Composição da Diagnose Nutricional. **EMBRAPA.** Comunicado técnico n° 412. 2020.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). In: STEWART, B. A. **Advances in Soil Science**, New York: Springer - Verlag. v.6, p.150-188. 1987.

WALWORTH, JL; LETZSCH, WS; SUMNER, ME Uso de linhas de fronteira no estabelecimento de normas de diagnóstico. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.50, n.1, p.123-8, 1986.

WEBB R. Use of the boundary line in the analysis of biological data. **Journal Horticulture Science**. 47:309-19. 1972.

ZORB, C.; SENBAYRAMB, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture Status and perspectives. **Journal of Plant Physiology**. v.171, p.656–669, 2014.