**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL E DA FERTILIDADE DO
SOLO NA CULTURA DO PLÁTANO
(*Musa* AAB SUBGRUPO PLÁTANO cv. HÁRTON)**

VIANEL DE JESÚS RODRÍGUEZ PÉREZ

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura
“Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de
Concentração: Fitotecnia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Abril - 2003

**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL E DA FERTILIDADE DO
SOLO NA CULTURA DO PLÁTANO
(*Musa* AAB SUBGRUPO PLÁTANO cv. HÁRTON)**

VIANEL DE JESÚS RODRÍGUEZ PÉREZ

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **EURÍPEDES MALAVOLTA**

Co-orientador: Prof. Dr. **JOÃO ALEXIO SCARPARE FILHO**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura
“Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de
Concentração: Fitotecnia.

PIRACICABA

Estado de São Paulo – Brasil

Abril - 2003

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Rodríguez Pérez, Vianel de Jesús

Avaliação do estado nutricional e da fertilidade dos solos na cultura do plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hárton) / Vianel de Jesús Rodríguez Pérez. - - Piracicaba, 2003.

70 p.

Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003.
Bibliografia.

1. Avaliação nutricional 2. Fertilidade do solo 3. Plátano I. Título

CDD 634.973394

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Dedicatória

*Aos que realmente
promovem o progresso.*

A meu pai José R. C.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade de realização do curso.

Ao FONACIT pela bolsa de estudos concedida.

À Universidade Centroccidental “Lisandro Alvarado” pela liberação e financiamento para a realização do curso.

Ao CDCHT-UCLA pelo financiamento dos análises foliares e de solos.

Ao Prof. Dr. Eurípides Malavolta pela orientação, ensinamentos e apoio.

Ao Prof. Orlando A. Rodríguez R. pela amizade, incentivo e construtivas críticas.

À Profa. Aymara Sánchez pela solidariedade, apoio e parceria no laboratório para a condição criada para concretização deste trabalho.

A Hermes Rosales e Carlos Gómez, da Subestação Chama, pela seriedade na condução da coleta dos dados deste trabalho.

A minha mamãe pelas orações e a meu irmão Leonel Rodríguez P. pelas correrias do dia a dia.

Muito especial e com gratidão a meus filhos Jesús e Vianel por aceitar incondicionalmente os retos de se afastar de nosso país.

A minha esposa Elicel, especial dedicatória pelo indeclinável apoio.

Ao inesquecível povo Brasileiro, pela solidariedade do dia a dia.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1.INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Metodologias de interpretação de análise.....	3
2.2 Populações de referência.....	4
2.3 Formas de amostragem.....	5
2.4 Tamanho da amostra.....	6
2.5 Estabelecimento ou obtenção de valores de referencia no contexto do balanço nutricional.....	7
2.5.1 Obtenção dos valores de referencia como tal.....	8
2.5.1.1 Valores de referencia estabelecidos através da media aritmética.....	8
2.5.1.2 Valores de referencia estabelecidos como o ponto de inflexão em curvas de respostas.....	9
2.5.2 Avaliação do balanço nutricional.....	9
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	12

3.1 Estratificação.....	12
3.2 Amostragem.....	13
3.2.1 Definição da unidade experimental.....	13
3.2.2 Definição das amostras.....	13
3.2.3 Definição do esquema de amostragem.....	13
3.3 Processamento das amostras.....	13
3.3.1 Análises de laboratório.....	14
3.3.1.1 Amostras de folhas.....	14
3.3.1.2 Amostras de solos.....	14
3.3.2 Análise estatística.....	15
3.3.2.1 Análise exploratória dos dados.....	15
3.3.2.2 Análise de regressão por componentes principais.....	15
3.3.2.2.1 Determinação dos valores a ser propostos como de referência, no balanço nutricional ótimos.....	16
3.3.2.3 Análise de regressão múltipla.....	16
3.3.2.3.1 Determinação dos valores a ser propostos como de referência, no balanço nutricional ótimo.....	17
3.3.2.4 Média aritmética das plantas excepcionais.....	17
3.3.2.4.1 Determinação dos valores a ser propostos como de referência, no balanço nutricional ótimo.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 Amostragem estratificada.....	18
4.2 Análise exploratória dos dados.....	18
4.3 Análise de regressão por componentes principais.....	22
4.3.1 Balanço nutricional.....	22
4.3.2 Determinação dos valores a ser propostos como de referência, no balanço	

nutricional ótimo.....	23
4.4 Análise de regressão múltipla.....	26
4.4.1 Balanço nutricional.....	26
4.4.2 Determinação dos valores a ser propostos como de referencia, no balanço nutricional ótimo.....	27
4.5 Media aritmética das plantas excepcionais.....	30
4.5.1 Balanço nutricional.....	30
4.5.2 Determinação dos valores a ser propostos como de referencia, no balanço nutricional ótimo.....	33
4.6 Comparação dos valores de referência e do balanço ótimo obtido pelos três procedimentos.....	33
4.7 Determinação da combinação ou balanço nutricional de referência.....	37
4.8 Validação das variáveis no contexto do balanço nutricional de referência.....	39
4.9 Quantificação do balanço nutricional.....	45
5 CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	50
ANEXO.....	70

LISTA DE TABELAS

	Página.
1 Teste de t para as variáveis do solo, entre as duas profundidades de amostragem: 0 – 20 e 21 – 40 cm.....	19
2 Teste de normalidade e valor da transformação (ñ) nas variáveis do solo.....	20
3 Teste de normalidade e valor de transformação (ñ) nas variáveis da folha.....	21
4 Coeficientes dos componentes principais (C. P.) e de cada variável do solo e da folha, nas combinações lineares associadas al rendimento.....	22
5 Médias aritméticas nas varáveis do solo, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho ⁻¹ , classificadas pelos pesos estimados por compôntes principais.	24
6 Medias aritméticas nas variáveis da folha, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho ⁻¹ , classificadas pelos pesos estimados por compôntes principais.	26
7 Coeficientes das variáveis que compõem o modelo de regressão múltipla entre as variáveis do solo e da folha.....	27
8 Medias aritméticas nas variáveis do solo, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho ⁻¹ , classificadas pelo pesos estimados por regressão múltipla.....	28
9 Medias aritméticas nas variáveis da folha, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho ⁻¹ , classificadas pelo pesos estimados por regressão múltipla.....	30
10 Medias aritméticas nas variáveis do solo, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho ⁻¹ , classificadas diretamente pelos pesos observados.....	31
11 1 Medias aritméticas nas variáveis da folhas, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho ⁻¹ , classificadas diretamente pelos pesos observados.....	32
12 Média da massa dos cachos nas plantas excepcionais ou >18 kg cacho ⁻¹ , obtidas pelos modelos de regressão com as combinações lineares, regressão	

múltipla, por a massa ou peso observado, e ademais, novamente a massa do cacho calculada a partir dos nutrientes das mesmas plantas, pero pelos modelos de regressão múltipla (R. M.) e pelas combinações lineares (C. L.).	34
13 Contribuição total de cada variável do solo, nos coeficientes das combinações lineares.....	36
14 Contribuição total de cada variável da folha, nos coeficientes das combinações lineares.....	36
15 Balanço nutricional das variáveis do solo, por classes de rendimento.....	38
16 Balanço nutricional das variáveis da folha, por classes de rendimento.....	38
17 Percentagem dos nutrientes K, Ca e Mg, em folhas de plátano Hárton, classificadas de acordo com a massa do cacho.....	42
18 Quocientes K/Ca e K/Mg em folhas de plátano Hárton, classificados de acordo com a massa do cacho.....	42
19 Quociente K/Mg no solo, na cultura do plátano Hárton, classificados de acordo com a massa do cacho.....	43
20. Quocientes K/N, N/P e K/P em folhas de plátano Hartón, classificados de acordo com a massa do cacho.....	43
21. Quociente N/S em folhas de plátano Hartón, classificados de acordo com a massa do cacho.....	44
22 Contribuição das variáveis do solo e da folha no modelo de regressão do rendimento com as combinações lineares em: A média da subpopulação amostrada e na classe de $>20 \text{ kg cacho}^{-1}$ na cultura do plátano Harton.....	46

**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL E DA FERTILIDADE DO SOLO
NA CULTURA DO PLÁTANO
(*Musa* AAB SUBGRUPO PLÁTANO cv. HÁRTON)**

Autor: VIANEL DE JESÚS RODRÍGUEZ PÉREZ

Orientador: Prof. Dr. EURÍPEDES MALAVOLTA

Co-Orientador: Prof. Dr. JOÃO ALEXIO SCARPARE FILHO

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de propor uma metodologia adequada ao diagnóstico nutricional e à avaliação da fertilidade do solo, dentro do contexto do balanço nutricional da cultura do plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hárton) no Sul do Lago do Maracaibo, Venezuela. O procedimento inicial foi, estratificar a área de amostragem por séries semelhantes de solos da região. Desta maneira, selecionaram-se quatro lavouras com um histórico de melhor rendimento, na série de solos de texturas francas. Em seguida fez-se a amostragem completamente ao acaso, entre os meses de julho a dezembro dos anos 2000 e 2001. O tamanho da amostra tirada por lavoura, foi de 30 unidades experimentais. Entretanto, por segurança acrescentaram-se cerca de 25%, dadas as possibilidades de perdas por rajadas de vento e chuva e outros infortúnios. A unidade experimental foi formada pela planta “mãe” e seu broto lateral “filho” em pleno desenvolvimento. Em cada unidade coletou-se a amostra foliar, na planta “mãe” de acordo a norma estabelecida pelo Método de Amostragem Internacional de Referência (MEIR). Concomitantemente, tomou-se a amostra de solo, na faixa de

adubação, em frente do “filho” em duas profundidades 0 – 20 cm e 21 – 40 cm. As amostras de folhas foram analisadas para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. Nas amostras de solo se determinou-se pH, condutividade elétrica, matéria orgânica, areia, silte, argila, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Os dados foram avaliados por análises de regressão com as combinações lineares dos componentes principais, regressão múltipla e obtenção da média aritmética das plantas com maior rendimento. Os resultados demonstraram que o modelo de regressão das combinações lineares com o rendimento deu uma melhor avaliação e predição do rendimento do plátano Hárton, dentro do contexto do balanço nutricional. Com esse modelo, posteriormente estimou-se o rendimento e se separou a população em classes desde o menor até o maior rendimento. Observaram-se nos dados dos análises de solos e folhas, incrementos, decréscimos ou ausência da variação nas concentrações de nutrientes em relação com o rendimento. Isto permitiu realizar interpretações simultâneas das análises de solos e folhas sem a necessidade de valores de referência. Por conseguinte vê-se que o modelo de regressão do rendimento com as combinações lineares vai além do uso de valores de referência isolados, pois permitiu determinar e utilizar o balanço nutricional entre todas as variáveis estudadas. Os resultados assim obtidos, permitem que a metodologia utilizada, seja indicada como uma proposta de interpretação dos resultados de análises de solos e folhas.

**EVALUATION OF THE NUTRITIONAL STATUS AND OF THE SOIL
FERTILITY FOR THE PLANTAIN CROP
(*Musa* AAB SUBGRUPO PLANTAIN cv. HÁRTON)**

Author: VIANEL DE JESÚS RODRÍGUEZ PÉREZ

Adviser: Prof. Dr. EURÍPEDES MALAVOLTA

Co-adviser: Prof. Dr. JOÃO ALEXIO SCARPARE FILHO

SUMMARY

The aim of this work is to suggest an adequate methodology for the evaluation of the nutritional status and of the fertility of soil for plantain grown in the South of Lake Maracaibo, Venezuela. Initially the area to sample was split into similar soil series. Four high yielding plantations were selected within a soil series of intermediate texture. Afterwards a random sampling was carried out from July to December 2000 and 2001. The sample per plantation had 30 experimental units, plus 25 % for safety reasons, since losses could occur due to weather conditions and other adverse factors. The experimental unit consisted of the “mother” plant and its fully developed “daughter”. In each unit leaf sampling was done according to the “Method of International Sampling for Reference”(MEIR). Soil Samples were collected in front of the daughter in the fertilization band at the depths of 0-20 and 21-40 cm. Leaf samples were analysed for N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn. pH, conductivity, organic matter, sand, silt, clay, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn were determined in the soil samples. Data were evaluated by regression analysis with the lineal combinations of the main

components, and by multiple regression. Results have shown that the regression model of the lineal combination with yield gave a better evaluation and prediction of the plantain crop, within the context of nutritional balance. This, on its turn allowed for the assessment of yield and for the separation of the population in yield classes. It was possible to observe both in the soils and leaves concentrations of nutrients related and not related to yield. It was possible, therefore, to conduct simultaneous interpretation of soil and leaf analyses obviating the need for reference values. The model of regression of yield against lineal combinations goes farther than the isolated reference values since it allowed for the determination and utilization of nutritional balance among all variables. This methodology could be proposed for the interpretation of the results of soil and plant analyses.

1 INTRODUÇÃO

A indústria plataneira venezuelana é conduzida por métodos tradicionais e tem tido poucas oportunidades de reorientação. No século passado, o grande cambio foi a troca da cultura do plátano Dominico pelo plátano Hárton de hoje em dia. Na década dos noventa, o aparecimento da Sigatoka Negra, foi o evento que iniciou a transformação da indústria (Nava, 1997), exigindo tratamentos culturais cada vez mais variados, adaptados ou gerados na mesma região, que aumentaram os custos e indicaram a necessidade de melhorar o desempenho dos existentes, entre eles o diagnóstico nutricional e avaliação da fertilidade do solo para recomendação de adubos.

Poucos trabalhos exploram o diagnóstico nutricional (Rodríguez & Rodríguez, 1997) e o balanço nutricional (Rodríguez, et al., 1999) e menos ainda, os relacionados com a avaliação da fertilidade do solo na cultura do plátano Hárton, temas que se pretendem explorar com este trabalho.

Em geral, o fundamento do diagnóstico da nutrição mineral de plantas tem base na complexidade do balanço da composição mineral do tecido, a qual é geralmente representada pela seguinte equação (Malavolta et al., 1997; Failla et al., 1997):

$$Y = f(Pl, S, Cl, Pc, Pe \dots\dots \text{etc})$$

Y = Composição mineral da folha

Pl = Planta (espécie, cultivar, porta-enxerto, idade, etc)

S = Solo, adubação, calagem, gessagem.

Cl = Condições climáticas.

Pc = Práticas culturais.

Pe = Pragas e doenças

Comumente é resumida da seguinte forma:

$$Y = f(S)$$

Interpretando-se de esta maneira, que o diagnostico foliar propriamente dito consiste na análise do solo usando a planta como solução extratora. Portanto: a diagnose foliar é um método para avaliação do estado nutricional e, por meio dele, a fertilidade do solo e as necessidades de adubos dentro de critérios econômicos (Malavolta, 1999), semelhante ao que se faz diretamente com a análises de solos, em relação a fertilidade.

Para atingir esses objetivos, devem-se obedecer os princípios de reprodutibilidade, operacionalidade e incerteza e cumprir as etapas de calibração (Relação entre nutrientes e a produção) e a comprovação (Malavolta, 1999).

Por esta razão, na elaboração de metodologias de interpretação de análise, os princípios são fundamentais no processo de seleção da população a ser referência, surgindo a convenção que a população deve representar acertadamente, em cada uns de seus valores da composição mineral das folhas e do solo, as condições ecofisiológicas e as correlações com o rendimento.

Essa representação e a confiabilidade da composição mineral é exigente na criação de bancos de dados por região, tipo de solo, diferentes épocas (seca e chuvosa) e por variedades. É possível o agrupamento de diferentes bancos de dados, sempre que exista compatibilidade entre eles. Quanto mais específico for o banco de dados, maior é a probabilidade de obter uma interpretação confiável (Gallo et al., 1972; Evanylo et al., 1987; Righetti et al. 1988a, 1988b; Parent & Granger, 1989; Bataglia & Santos, 1990; Leandro et al., 1999; Sumner, 1999; Reis, 2002).

Por isso, o objetivo do presente trabalho, é propor uma metodologia adequada ao diagnostico nutricional da planta e a avaliação da fertilidade do solo, no contexto do balanço nutricional da cultura do plátano Hárton no Sul do Lago do Maracaibo, Venezuela.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Metodologias de interpretação de análise

O ponto crítico na implementação de qualquer sistema de interpretação ou diagnóstico foliar é o estabelecimento dos valores de referência (Prevot & Ollagnier, 1957; Holland, 1966; Bates, 1971; Walworth & Sumner, 1987; Lucena, 1997). Sem referência não se pode fazer a interpretação.

No caso do diagnóstico foliar, ele pode ser feito utilizando como valores de referência os quocientes: nutriente com a matéria seca e nutriente com outro nutriente.

O uso do quociente, nutriente com a matéria seca, é representado pelo nível crítico (Macy, 1936; Clark & Powers, 1945; Ulrich, 1952; Prevot & Ollagnier, 1957), nível crítico inferior ou nível crítico fisiológico (Malavolta et al., 1997). Variantes para melhorar este conceito são: patamar do nível crítico (Melsted et al., 1969; Dow & Roberts, 1982), e o nível crítico fisio-económico (Malavolta et al., 1997).

Por outro lado, o uso do quociente entre nutrientes, com dois elementos, é representado pela técnica “Diagnostic Physiologique”, a qual foi proposta por Beaufils (1957), técnica que deu base ao DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) (Beaufils, 1973, 1976) para a interpretação de análise de folhas e de solos (Oliveira, 1999), ao igual que a relação entre três elementos proposta por Lagatu & Maume feita em 1926 (Holland, 1966), na técnica denominada “Diagnostic Foliare”.

Propostas de metodologias de interpretação de análises abrangendo todos os elementos, atualmente estão representados por: DRIS através dos índices dos nutrientes (ID-DRIS) (Beaufils, 1973) e os índices de balanço dos nutrientes-DRIS (IBN-DRIS)

(Sumner, 1977a; 1977d), os índices de balanço DOP (Deviation from Optimum Percentage) (Monge et al., 1995; Montañez et al., 1995; Sanz et al., 1999), os conceitos de CND (Compositional Nutrient Diagnosis) (Parent & Dafir, 1992; Parent et al., 1993; Parent et al., 1994a; Parent et al., 1994b; Parent et al., 1995) e por PCA (Principal components analysis) (Holland, 1966; Ovalles & Collins, 1988; Delvaux, 1995).

Convém lembrar que quando foram desenvolvidos para dois, três ou todos os elementos, as propostas envolveram a importância fundamental dos quocientes entre elementos visando o equilíbrio nutricional, visto que os nutrientes nas folhas e no solo não são independentes uns de outro, dado que interatuam em um balanço complexo e dinâmico.

2.2 Populações de referência

Na sequência da interpretação dos análises de folhas e solos, os valores de referência são obtidos em populações a ser consideradas como tal.

Sua acertada seleção é fundamental no sucesso e eficiência da interpretação.

Estas populações podem ser indivíduos dos estudos controlados em estações experimentais e/ou obtidas nas melhores lavouras.

Com experimentos e delineamentos apropriados, além do ajuste dos modelos mais adequados, tem-se estimativas não enviesadas dos parâmetros de resposta (Nelson, 1999) a ser estabelecidos como valores de referência.

Esta alternativa requer anos de trabalho, que não se ajusta às necessidades da avaliação da fertilidade e nutrição de plantas em áreas novas, culturas ou híbridos novos e/ou estratégias de culturas em meios de sustentação diferentes ao solo.

Por esta razão, Marchal et al. (1972); Beaufils (1973, 1976), Delvaux et al. (1986), Delvaux et al. (1990), Dorel & Perrier (1990), Lahav (1995), Delvaux (1995), Failla et al. (1997), fazem a proposta da formação de populações de referência ou bancos de dados através do inventário, pesquisa ou revisão bibliográfica de todos os dados disponíveis das atividades dos agricultores e/ou das condições experimentais.

Nesta proposta, o principal objetivo é determinar a influencia das condições edafo-climáticas e tratos culturais no potencial de rendimento numa cultura (Delvaux, 1995).

A formação de bancos por inventario disponibilizam a possibilidade de comparar diferentes condições de solos e clima num virtual arranjo experimental multilocais que poderiam demonstrar o efeito de tratos culturais sob diversos solos (Delvaux, 1996).

Alternativa originalmente difundida, se baseou na extração e processamento da informação dos dados já existentes (Beaufils, 1973; Sumner, 1977 a; 1977b; 1977c; Amundson & Koehler, 1987; Evanylo et al., 1987; Mackay et al., 1987; Walworth & Sumner, 1987; Bataglia, 1989; Angeles et al., 1990; Hallmark et al., 1990; Savoy & Robinson, 1990; Jones & Sinclair, 1991; Goh & Malakouti, 1992; Angeles et al., 1993; Cadwell et al., 1994; Bell et al., 1995; Raghupathi et al., 2002). O conjunto de dados geralmente é proveniente de experimentos sob condições controladas, com observações aleatoriamente distribuídas e associadas ao rendimento.

Entretanto nas culturas e/ou áreas novas, dentro da qual se tem de pouca ou nenhuma informação, o amostragem da população surge como uma alternativa confiável (Cochran, 1965; Esteban & Aguilar, 1976; Langenegger & Du Plessis, 1977; Delvaux et al., 1986; Bataglia, 1989; Hockman et al., 1989; Lozano & Huynh, 1989; Bataglia & Santos, 1990; Bowen, 1990; Szücs & Kallay, 1990; Dara et al., 1992; Goh & Malakouti, 1992; Adetunji, 1994; Parent et al., 1995; Failla et al., 1997; Awasthi et al., 1998; Raghupathi et al., 2002).

A alternativa exige um conhecimento claro de seus princípios para sua impecável aplicação. A amostra é boa quando se está seguro de que se tomou a amostra corretamente.

2.3 Formas de amostragem

Uma área pode ser avaliada usando técnicas particulares de amostragem que possam estimar o nível médio de cada nutriente e a dispersão (variância) de toda o área. As recomendações para uma lavoura que não esta entre as lavouras que foram amostradas é baseada na média aritmética para toda a área e de qualquer outra

informação sobre o trato cultural passado e as diferenças particulares da primeira (Nelson, 1999).

Ao tomar uma amostra de tamanho n de uma população N , pode-se estimar a média ($\bar{x}$) e a variância (s^2) da população. Estes parâmetros descrevem bem uma distribuição, especialmente a distribuição normal (Nelson, 1999).

Infelizmente, poucos dados da composição mineral dos tecidos e do solo estão normalmente distribuídos (Walworth & Sumner, 1987; Szücs, et al., 1990; Schaller et al., 1995), precisando-se de apropriadas transformações (Holland, 1966; Holland, 1969; Beverly, 1987a; 1987b; Parent & Dafir, 1992), e ainda assim, tem-se dificuldade em obter a normalidade da distribuição em populações muito heterogêneas.

Haynes em 1948, citado por Fitts & Nelson (1956), assinalou que em populações muito heterogêneas, o melhor método é a amostragem estratificada, seguido pelo zig-zag, particularmente a níveis de amostragem muito baixos. Nelson (1999) estabelece que a vantagem da estratificação é que baixa a variância e aumenta a precisão.

Os principais tipos de solos (Cline, 1944, Evanylo et al., 1987) ou as diferenças de manejo justificam a estratificação.

2.4 Tamanho da amostra

Ao realizar um estudo por amostragem, um dos aspectos mais importantes é determinar o tamanho da amostra que será usada quando se quer estimar alguns dos parâmetros da população (Alvarez, 1988).

A subpopulação deve coincidir com a população da qual se desejam as informações (população objetivo). Qualquer informação complementar, que possa ser recolhida com respeito à natureza das possíveis diferenças entre a sub-população da amostra e a população objetivo, pode ser útil na interpretação dos dados (Cochran, 1965).

Quando é associada a precisão e o tamanho desejável, a precisão da média da amostra ($\bar{x}$) aumenta na medida que cresce o tamanho da amostra e essa precisão

dependerá de quanto o pesquisador deseja ou permitirá que a estimativa e o parâmetro, se afastem (Alvarez, 1988; Nelson, 1999).

A média da amostra se aproxima da distribuição normal na medida que aumenta o tamanho daquela, sem tomar em conta a forma da população que esta em estudo. Isto se explica pela teoria do Limite Central. Uma amostragem de 30 indivíduos (Delvaux et al., 1986), segundo Nelson (1999) é bastante grande como para assegurar uma adequada aproximação á distribuição normal (enquanto, pode ser necessário mais de 30 indivíduos para lograr a precisão desejada). Para que esta relação se conserve admite-se que a variância é finita e a amostra foi tomada ao azar (Nelson, 1999).

Na pratica, quanto mais simétrica ou próxima da normalidade estiver a distribuição da população , menor a necessidade de amostras muito grandes e, em muitos casos, uma de 4 a 5 elementos já é suficiente (Costa Neto, 1999).

2.5 Estabelecimento ou obtenção de valores de referência no contexto do balanço nutricional

Em geral, os valores de referência podem ser estabelecidos das maneiras seguintes:

1. Através de experimentos em campo, onde se determinam as resposta á aplicação de adubos (Wood , 1980; Mamaril, 1985; Nelson, 1999), seja no rendimento ou no teor no tecido.
2. Plantas crescendo em condições hidropônicas, que implica controladas condições nutricionais e ambientais (Lucena, 1997).
3. Analises estatísticas de numerosos dados, proveniente de populações de alto rendimento (Reuter & Robinson, 1988; Lucena, 1997).

Pela natureza da operação matemática utilizada, os valores dos nutrimentos a ser considerados como referência obtêm-se através de dois grandes critérios:

1. Valores de referência estabelecidos através da média aritmética, e
2. Valores de referência estabelecidos no ponto de inflexão das curvas de resposta.

No critério 1, acredita-se que nas médias aritméticas obtidas, nas populações experimentais, seja qual fora o procedimento aplicado como se explica o itens 2.5.1.1, correspondem ao balanço nutricional desejável, podendo-se fazer diagnósticos posteriores confiáveis, com as diversas metodologias, discutidas no itens 2.5.2.

A média não é sempre uma boa estimativa do balanço nutricional, visto que cada valor da média é obtido independentemente, sem indicação do balanço ideal entre todos os nutrientes.

No critério 2, tem-se uma semelhança ao balanço nutricional, avaliações feitas com regressão linear múltipla. Calcula-se a variável dependente (y) (geralmente o rendimento) em função de duas ou mais variáveis independentes (x_i). Admite-se que (y) varie linearmente com as variáveis (x_i), de maneira conjunta, em sua relação funcional.

Entretanto, as variáveis onde não existe uma relação funcional ficam fora do modelo de regressão, do mesmo modo que a possibilidade de avaliar sua contribuição no balanço nutricional.

2.5.1 Obtenção dos valores de referência como tal

2.5.1.1 Valores de referência estabelecidos através da média aritmética

Parte-se do principio na qual, a média aritmética ao ser estimada em grupos de plantas excepcionais, dada a distribuição normal das observações, permite obter uma estimativa dos valores do elemento a ser considerados de referência.

Neste critério podem ser selecionados todos ou só alguns dos nutrientes.

No primeiro caso, a seleção atinge todas as combinações possíveis entre os nutrientes estudados, as quais apresentam a maior razão de variância entre a população de menor e mais alto rendimento, que sejam ou não estatisticamente diferentes (Jones, 1981; Angeles, et al., 1990; Savoy & Robinson, 1990; Szücs & Kállay, 1990; Rafthon & Burger, 1991; Sánchez et al., 1991; Arnold et al., 1992; Dara et al., 1992; Malavolta, et al., 1993; Angeles, et al., 1993; Cerdá et al., 1995; Creste, 1996; Malavolta et al. 1997;

Rodríguez & Rodríguez, 1997; Rodríguez et al., 1997; Raghupathi & Bhargava, 1999; Awasthi et al. 2000; Singh et al., 2000).

No segundo caso, a seleção só atinge os nutrientes cujas médias e variâncias sejam estatisticamente diferentes (Alkoshab et al., 1988), ou simplesmente as médias, aos níveis de probabilidade do 0,01, 0,05 ou 0,1 (Rossi, 1976; Jones, 1981; Caron & Parent, 1989; Hockman et al., 1989; Lozano & Huynh, 1989; Needham et al., 1990; Caron et al., 1991; Rafthor & Burger, 1991; Beverly & Worley, 1992; Hamel et al., 1992; Malakouti, 1992; Wortmann et al., 1992; Navvabzdeh & Malakouti, 1993; Cadwel et al., 1994; Schaller et al., 1995; Creste & Nakagawa, 1997; Nogueira et al., 1997; Burke & Raynal, 1998; Hartz et al., 1998; Wadt et al. 1998a; 1998b; Wadt et al, 1999).

2.5.1.2 Valores de referência estabelecidos como o ponto de inflexão em curvas de respostas

Parte do princípio que se pode obter ou estimar o rendimento ou outra variável de interesse, partindo do conhecimento de outras variáveis (geralmente um elemento). A relação entre essas variáveis é dada por uma função matemática cujos coeficientes são determinados por métodos, que estatisticamente apropriados, podem ser mais informativos e úteis (Pimentel & Conagin, 1991; Nelson, 1999).

O valor encontrado nos modelos pode ser obtido através de níveis crescentes do elemento estudado via fertilizante, ou por inventario de populações em diferentes condições de fertilidade de solos (Szücs et al., 1990; Failla et al., 1997).

2.5.2 Avaliação do balanço nutricional

Diversas metodologias de interpretação de análise nos quais proponha-se avaliar o balanço nutricional, foram apresentados por Holland, 1966 através do análise dos componentes principais; Beaufils, 1973, Sumner 1977 a, 1977d, através do DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System); Parent & Dafir, 1992, através do

CND (Compositional Nutrient Diagnosis); Schaller et al., 1995, a través do CND-DRIS, e Montañes et al., 1995, através do DOP (Desviation from Optimum Percentage).

- A análise dos componentes principais, pode ser descrita como um procedimento que transforma um conjunto de dados dentro de outros conjuntos, com certas propriedades: a) os novos conjuntos de dados são independentes uns de outros. b) há uma relação funcional linear c) a variação total do novo conjunto, equivale á variação total dos dados originais.

Estas propriedades são muito importantes porque permitem avaliar simultaneamente numerosas variáveis (tecidos, solos, etc) numa relação funcional linear (Holland, 1966), vantagem que permitiria obter o balanço ou desbalanço nutricional com distintos níveis do rendimento ou variável a avaliar.

Esta proposta exige normalidade na distribuição dos dados e utiliza a média da população como valor de referência. Esta ultima desvantagem pode ser contornada calculando a contribuição total de cada variável, dentro dos componentes principais (associados ao rendimento) na população excepcional, obtendo-se desta maneira, classificação das variáveis desde a que mais contribui para o máximo rendimento ate a que menos o faz.

- A avaliação do balanço nutricional através do DRIS, tem inicio no uso dos valores de referência estabelecidos através da média aritmética como se indica no item 2.5.1.1, sobre os quais agrupa-se em combinações binárias, para posteriormente ser padronizados (pelas funções DRIS), transformados (pelos índices DRIS) e finalmente associados ao rendimento ou outra variável através do Índice de Balaço Nutricional (IBN) para poder fazer a avaliação.

Desta maneira, quanto maior é o valor do IBN, maior será o indicio de que a planta encontra-se em desequilíbrio nutricional e, por tanto , menor será seu rendimento (Creste, 1996; Rodríguez et al., 1999; Wadt, 1999). Lamentavelmente essa relação funcional entre as duas variáveis não sempre é possível de ser explicada com una linha teórica de regressão (Bataglia et al., 2001), fazendo impossível a avaliação do balanço nutricional.

- Por outro lado CND e CND-DRIS, fundamentam-se na teoria da análise multivariada dos dados de composição dos tecidos.

Inicia seu cálculo no uso de valores de referência obtidos de populações excepcionais, sobre os quais se agrupam em combinações de multinutrientes, incluindo a matéria seca, posteriormente padroniza-os (pelos índices CND) para finalmente fazer a análise dos componentes principais.

O CND descarta informação ao acaso e conserva só componentes significativos.

Esta proposta está limitada só à análise de tecidos.

- O DOP, como o DRIS, inicia-se com os mesmos valores de referência, que são diretamente transformados (Índices DOP) e logo associados na somatória DOP.

Como no DRIS, quanto maior o valor da somatória DOP, maior é a indicação de desequilíbrio nutricional, e por tanto, apresenta as mesmas desvantagens já assinaladas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Estratificação

Estabeleceram-se os estratos de acordo com a série de solos que caracterizam ao setor rio Mucujepe-Escalante, zona sul do lago de Maracaibo, Venezuela (Kijeswski, et al., 1981). A região tem características de bosque úmido tropical, temperatura média anual de 26,8 °C, umidade relativa de 83%, precipitação de 1738,4 mm e 54 m.s.n.m.

O procedimento inicialmente aplicado foi localizar as propriedades (que previamente já se sabia ter o histórico de melhores produtoras) no mapa de séries de solos (Gallo et al., 1974; Delvaux et al., 1986), fazendo uma separação previa em grupos de os quais se apresentassem numa mesma série.

Médiate esse procedimento obteve-se quatro propriedades (Anexo 1), que apresentam solos das unidades Chama # 1 (Unidade com 41.114 ha) e Padre # 37 (Unidade com 29.563 ha), as duas com textura predominante franca, com alta quantidade de silte.

Os restantes estratos selecionados, ficam à disposição de futuras amostragens.

Dentro do estrato selecionado, realizou-se a amostragem completamente ao acaso, entre os meses de julho a dezembro (período anual com os mais altos rendimentos) nos anos 2000 e 2001.

O tamanho da amostra, baseou-se em 30 amostras (Delvaux et al., 1986). Entretanto, visto que entre o período de amostragem e a obtenção de informação referente ao rendimento de cada unidade, transcorreram 10 semanas (como é explicado no seguinte tópico), por segurança foram agregadas um 25% a mais de cepas, dada a

possibilidade de perdas por rajadas de vento e chuva, e outros infortúnios, muitos frequentes na região.

3.2 Amostragem

3.2.1 Definição da unidade experimental

Foram selecionadas como unidade experimental a “touceira” de plátano, que apresentava duas plantas, sendo a planta “mãe” no momento da emissão da inflorescência, com um broto lateral “filho” em pleno desenvolvimento.

3.2.2 Definição das amostras

Tomou-se a amostra foliar na planta “mãe”, de acordo á normativa estabelecida pelo Método de Amostragem Internacional de Referência (MEIR) (Martin-Prével, 1980a; 1980b), concomitantemente, a amostra de solos tomou-se sobre a faixa de aplicação dos adubos, ao frente do broto lateral “filho” a duas profundidades: 0 – 20 cm e 21- 40 cm.

3.2.3 Definição do esquema de amostragem

Tendo em consideração que as fazendas tinham um histórico de melhores produtoras, dentro da área de plantação foi tomado ao acaso qualquer lote e estabeleceu-se uma diagonal de referência para localizar as touceiras de novo na colheita. Percorrendo a diagonal foram tomadas as amostra nas plantas que reuniam as condições estabelecidas no Método de Amostragem Internacional de Referência. As plantas foram marcadas com tinta brilhante.

3.3 Processamento das amostras

3.3.1 Análises de laboratório

As amostras foram enviadas anualmente à Unidade de Investigação em Solos e Nutrição de plantas do Departamento de Química e Solos do Decanato de Agronomia da Universidade Centroccidental “Lisandro Alvarado”, sediada em Tarabana, Edo. Lara, Venezuela.

Com o exceção de uma alíquota da matéria seca, a qual foi enviada para o laboratório de Química Analítica “Henrique Bergamin Filho” do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, Brasil.

3.3.1.1 Amostras de folhas

O nitrogênio e o enxofre foram determinados diretamente na matéria seca ao colocar-se no cano de combustão do forno do analisador N-S 2000. O nitrogênio foi quantificado por variação da condutividade térmica e o enxofre por absorção de infravermelho.

Os nutrientes fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco foram determinados no extratos da matéria seca obtida por digestão via seca (forno elétrico a 550°C) até a obtenção de cinza branca.

Os fósforo e o boro foram quantificados por colorimetria do metavanadato (Malavolta et al., 1997) e colorimetria com o reagente azometina-H (Lachica, 1976; Malavolta et al. 1997), respectivamente. Entretanto, os nutrientes potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica.

No caso do molibdênio, na preparação do extrato da matéria seca, foi obtido por digestão nitro-perclórica e a quantificação do nutriente a partir dele, foi feita pela técnica de espectrofotometria de emissão atômica com plasma de argônio, ou ICP – AES (Malavolta, et al., 1997).

3.3.1.2 Amostras de solos

Os atributos: pH em água e condutividade elétrica no extrato solo-água na relação 1:2; matéria orgânica pelo método de combustão úmida com determinação do carbono orgânico por colorimetria e a análise textural pelo método de Bouyoucos.

Os nutrientes: Fósforo, pelo método Olsen, extração com solução de bicarbonato de sódio (NHCO_3) 0,5 M a pH 8,5 e determinação colorimétrica, potássio, cálcio e magnésio extraídos com acetato de amônio 1 N, pH 7,0 e a determinação do potássio por fotometria de chama e cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica. Enxofre foi determinado por turbidimetria e o boro por colorimetria. Cobre, ferro, manganês e zinco foram extraídos com DTPA, pH 7,2 e determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

3.3.2 Análise estatística

3.3.2.1 Análise exploratória dos dados

Aos dados do solo, aplicou-se o teste t, entre as profundidades de amostragem, com o objetivo de determinar se existem diferenças entre as profundidades de 0-20 e 21-40.

Com as profundidades definidas de acordo ao teste t para as variáveis do solo, procedeu-se a determinar a normalidade dos dados de solos e folhas, aplicando a prova de Shapiro & Wilk (1965), e no caso de precisar-se foi aplicado a transformação de dados entre (-2) a 2 , de Box & Cox (1964).

3.3.2.2 Análise de regressão por componentes principais

Antes de estabelecer o modelo, foram padronizada só as variáveis normalmente distribuídas, mediante a subtração em cada observação da média geral dividida pelo seu respectivo desvio padrão, como se indica na fórmula seguinte:

$$x_{ip} = (x_i - \bar{x}) / \sigma$$

$$x_{ip} = \text{valor padronizado}$$

x_i = qualquer observação x_i

$\bar{x}$ = média da população

σ = desvio padrão

Esse cálculo permitiu ter as variáveis de solo e folhas numa mesma unidade, com média zero e desvio padrão 1.

Posteriormente foram construídas combinações lineares não correlacionadas das variáveis medidas (componentes principais) do solo e folhas.

Por ultimo foi estabelecido um modelo de regressão do rendimento com as combinações lineares via método de Stepwise (Johnson & Wichern, 1995).

3.3.2.2.1 Determinação dos valores a ser propostos como de referência, no balanço nutricional ótimos

Para obter os valores das variáveis na faixa de rendimento de acordo com seu balanço nutricional respectivo, foi dividida a sub-população em dois grupos, de acordo aos pesos estimados pelo modelo de regressão do rendimento com as combinações lineares: Plantas com massa de cacho de mais e de menos de 18 kg (Haddad et al., 1994; Rodríguez & Rodríguez. 1997).

Em seguida se procedeu ao calculo da média de cada elemento no solo e na folha em cada faixa.

3.3.2.3 Analise de regressão múltipla

Foi estabelecido um modelo de regressão linear múltipla (Rossi, 1976; Awasthi, et al., 1998) a partir das variáveis, que estivessem ou não normalmente distribuídas, pelo método de Stepwise (Beauclair, 1991; Carmello, 1991; Johnson & Wichern, 1995). A finalidade foi a de relacionar as variáveis do solo e folhas com o rendimento e dispor assim de um modelo matemático que possa determinar o balanço ideal da concentração dos nutrientes, ou valor do atributo no solo, para um determinado rendimento da cultura.

3.3.2.3.1 Determinação dos valores a ser propostos como de referência, no balanço nutricional ótimo

Em seguida foi dividida a sub-população de amostragem em dois grupos, de acordo aos pesos estimados pelo modelo de regressão linear múltipla: Plantas com massa de cacho de mais e de menos de 18 kg (Haddad et al., 1994; Rodríguez & Rodríguez. 1997).

E finalmente se procedeu ao calculo da média de cada elemento em solos e na folha em cada faixa.

3.3.2.4 Média aritmética das plantas excepcionais

Foram utilizadas todas as variáveis, estivessem ou não com distribuição normal, sem nenhum calculo adicional do que foi feito pelo teste t e a transformação das variáveis.

A subpopulação de amostragem foi dividida em dois grupos, desta vez, de acordo aos pesos observados ou obtidos na lavoura, em: Plantas com massa de cacho de mais e de menos de 18 kg (Gallo et al., 1974; Letzsch & Sumner, 1984; Angeles et al., 1990; Angeles et al., 1993; Rodríguez & Rodríguez. 1997).

Em seguida se procedeu ao calculo da média de cada elemento no solo e na folha em cada faixa.

3.3.2.4.1 Determinação dos valores a ser propostos como de referência, no balanço nutricional ótimo

Em principio assume-se que as médias na faixa de mais de 18 kg cacho⁻¹ correspondem ao balanço nutricional ótimo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Amostragem estratificada

Os resultados obtidos, provenientes da amostragem das lavouras, encontram-se no anexo A.

4.2 Análise exploratória dos dados

A fim de determinar se há diferenças em cada variável do solo, entre as duas profundidades de amostragem, aplicou-se o teste t, cujos resultados mostram-se na tabela 1.

Os resultados demonstram que há diferenças nas variáveis: condutividade elétrica (CE), matéria orgânica (MO), argila (A), fósforo (P), magnésio (Mg), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Por conseguinte o processo de avaliação de fertilidade de solo foi feito separadamente nas profundidades de amostragem: 0 – 20 e 21 – 40 cm.

Entretanto os resultados demonstram que as variáveis pH, areia (a), silte (L), potássio (K), cálcio (Ca) e enxofre (S), não apresentam diferenças entre as profundidades de amostragem. Por isso juntaram-se numa só profundidade de amostragem de 0 – 40 cm para os efeitos de avaliação da fertilidade do solo.

O valor de t, permite também avaliar que as variáveis do solo diminuem com a profundidade de amostragem, exceto pH, areia e silte que aumentaram, mais sem ter a magnitude necessária para apresentar diferenças estatisticamente significativas.

Com os resultados da tabela 1, e posterior reagrupamento das variáveis do solo na profundidade de 0 – 40, procedeu-se logo à aplicação do teste de normalidade de Shapiro & Wilk (1965).

Tabela 1. Teste de t para as variáveis do solo, entre as duas profundidades de amostragem: 0 – 20 e 21 – 40 cm.

Variável	Valor t	Pr > t
pH	1,34	0,1825 n.s.
Condutividade elétrica (CE)	-2,22	0,0272 *
Matéria orgânica (MO)	-8,53	0,0001 **
Areia (a)	0,44	0,65 n.s.
Silte (L)	0,44	0,66 n.s.
Argila (A)	-1,90	0,049 *
Fósforo (P)	-3,10	0,002 **
Potássio (K)	-1,48	0,14 n.s.
Cálcio (Ca)	-0,51	0,61 n.s.
Magnésio (Mg)	-3,76	0,0002 **
Enxofre (S)	-0,12	0,90 n.s.
Boro (B)	-2,17	0,033 *
Cobre (Cu)	-4,65	0,0001 **
Ferro (Fe)	-2,31	0,0217 *
Manganês (Mn)	-2,47	0,01 **
Zinco (Zn)	-2,98	0,003 **

Nas tabelas 2 e 3, são observados os resultados do teste de normalidade, incluindo as variáveis onde foi necessário a transformação.

Nas variáveis transformadas, é visto o valor de $\tilde{n}$, selecionado entre -2 e 2 ao qual foi elevado cada observação, e que permitiu obter a normalidade da distribuição de seus dados.

Tabela 2. Teste de normalidade e valor da transformação ($\tilde{n}$) nas variáveis do solo.

Variável	x	$\tilde{n}$	Pr < W
pH _{0 - 40}	6,64	---	< 0,0001**
CE _{0 - 20}	1,118	-0,1	0,6651
CE _{21 - 40}	1,304	-0,2	0,0501
MO _{0 - 20}	1,376	0,7	0,1693
MO _{21 - 40}	1,041	---	< 0,0001**
a _{0 - 40}	20,94	---	< 0,0001**
L _{0 - 40}	59,16	---	< 0,0001**
A _{0 - 20}	11,201	0,8	0,1277
A _{21 - 40}	4,327	0,5	0,0555
P _{0 - 20}	1.328	0,1	0,1306
P _{21 - 40}	1,276	0,1	0,3323
K _{0 - 40}	0,928	-0,9	0,7996
Ca _{0 - 40}	2037,5	---	0,0430 *
Mg _{0 - 20}	0,572	-0,2	0,5037
Mg _{21 - 40}	0,4606	-0,3	0,9606
S _{0 - 40}	234,85	---	< 0,0001**
B _{0 - 20}	0,19	---	0,0107 *
B _{21 - 40}	0,15	---	0,0363 *
Cu _{0 - 20}	1,377	0,6	0,6278
Cu _{21 - 40}	0,9741	-0,1	0,1424
Fe _{0 - 20}	57,048	---	< 0,0001**
Fe _{21 - 40}	39,96	---	< 0,0001**
Mn _{0 - 20}	0,8046	-0,1	0,5624
Mn _{21 - 40}	0,479	-0,4	0,5113
Zn _{0 - 20}	0,9283	-0,2	0,2153
Zn _{21 - 40}	1,0285	-0,3	0,0665

(*,**) Com o nível de significância de 0,05 e 0,01, não apresentam distribuição normal.

Tabela 3. Teste de normalidade e valor da transformação ($\tilde{n}$) nas variáveis da folha.

Variável	$\bar{x}^{(1)}$	$\tilde{n}$	Pr < W
N	2,6109	---	0,089
P	2,265	-0,5	0,1910
K	4,239	---	0,5339
Ca	0,827	0,5	0,8488
Mg	1,451	-0,3	0,6701
S	0,8593	0,1	0,0642
B	10,944	---	0,0410 *
Cu	3,6006	0,6	0,2354
Fe	0,3103	-0,3	0,0815
Mo	1,381	---	< 0,0001**
Mn	0,6549	-0,1	0,2107
Zn	0,1354	-0,7	0,0990
Na	590	---	0,0006**

(1) médias elevadas ao valor correspondente de $\tilde{n}$.

(**) Com o nível de significância de 0,01, não apresentam distribuição normal.

Foi necessário também aplicar a transformação aos valores do rendimento, sendo o valor de $\tilde{n} = -0,1$ para obter a normalidade com a probabilidade da estatística W de Pr < W = 0,893.

Na tabela 2, se observam variáveis do solo pH₀₋₄₀, MO₂₁₋₄₀, a₀₋₄₀, L₀₋₄₀, Ca₀₋₄₀, S₀₋₄₀, B₀₋₂₀, B₂₁₋₄₀, Fe₀₋₂₀, Fe₂₁₋₄₀ e na tabela 3 as variáveis da folha B, Mo e Na, que ainda, aplicadas as transformações de Box & Cox (1964) de -2 até 2, não foi possível obter sua normalidade na distribuição dos dados

Esses resultados poderiam ser explicados por inconsistência nas metodologias de determinação, contaminação ou outras causas pelo fato de aparecer dados muitos discrepantes ou repetitivos que afetaram a moda.

4.3 Análise de regressão por componentes principais

4.3.1 Balanço nutricional

Para aplicar esta proposta, foram padronizados as variáveis com distribuição normal, continuando logo com a construção das combinações lineares e finalmente, estabelecendo-se o modelo de regressão do rendimento com as combinações lineares via método de stepwise.

Ao aplicar o procedimento stepwise, utilizaram-se todos os componentes principais obtidos, a fim de avaliar sua participação no 100 % da variabilidade.

A tabela 4 mostra os resultados dos parâmetros dos componentes principais e de cada variável.

Tabela 4. Coeficientes dos componentes principais (C. P.) e de cada variável do solo e da folha, nas combinações lineares associadas al rendimento.

	C. P. 2	C. P. 4	C. P. 6	C. P. 19
Coeficiente	0,25313	0,33611	0,14187	0,23272
Variável				
CE ₀₋₂₀	0,104323	0,042621	0,194218	-0,117804
CE ₂₁₋₄₀	0,07196	0,150585	0,045628	0,09748
MO ₀₋₂₀	-0,308735	0,107164	-0,056275	0,036847
P ₀₋₂₀	-0,313132	0,206537	0,108124	-0,042737
P ₂₁₋₄₀	-0,306924	0,052139	0,220478	0,031344
K ₀₋₄₀	0,309318	0,023899	-0,204016	-0,036264
Mg ₀₋₂₀	0,108006	-0,066755	0,052435	-0,184331
Mg ₂₁₋₄₀	0,045493	0,074794	-0,052778	0,024313
A ₀₋₂₀	0,157327	0,084017	0,14842	-0,007573
A ₂₁₋₄₀	0,18761	-0,045173	0,208826	-0,068859

Tabela 4. Coeficientes dos componentes principais (C. P.) e de cada variável do solo e da folha, nas combinações lineares associadas al rendimento.

	C. P. 2	C. P. 4	C. P. 6	C. P. 19
Mn ₀₋₂₀	-0,054476	-0,046853	0,184052	-0,223581
Mn ₂₁₋₄₀	-0,106874	-0,049569	0,008657	-0,002646
Cu ₀₋₂₀	-0,070781	0,145035	-0,231422	-0,060559
Cu ₂₁₋₄₀	0,12144	-0,018704	-0,102876	-0,091326
Zn ₀₋₂₀	0,344701	0,055242	-0,129377	0,112915
Zn ₂₁₋₄₀	0,230048	0,104701	-0,375083	-0,093853
N (folha)	-0,033641	-0,012274	-0,431781	0,095717
P (folha)	-0,116309	0,159376	0,215425	-0,36889
K (folha)	0,281155	-0,023356	0,276468	-0,284065
Ca (folha)	-0,16158	0,474798	-0,106528	0,369547
Mg (folha)	0,010846	-0,388173	0,192436	0,446829
S (folha)	0,257831	0,348997	0,37929	0,364232
Cu (folha)	0,283248	-0,190338	0,009167	0,171474
Fe (folha)	0,106413	0,364118	0,06986	-0,050287
Mn (folha)	-0,030545	-0,148471	0,145219	0,348279
Zn (folha)	-0,205475	-0,379492	-0,029124	-0,012576

O modelo obtido apresentou uma propriedade de ajuste do 51,98 % (r^2), significativo ao nível de 1% de probabilidade, estando a normalidade dos resíduos padronizados, em virtude de se ter todas as variáveis com sua distribuição normal.

4.3.2 Determinação dos valores a ser propostos como de referência, no balanço nutricional ótimo

Com os estimadores da tabela 4, construiu-se no formato de calculo do aplicativo Excel 2000 (Microsoft ®, 2000), uma folha de calculo a fim de estimar os kg cacho⁻¹ em cada uma das amostras e logo, foram separados em cachos acima e abaixo dos 18 kg.

Tive-se a precaução de fazer a transformação prévia das variáveis (de acordo as tabelas 2 e 3), antes de proceder-se às operações de multiplicar por cada uns dos estimadores da tabela 4.

Obtido o valor transformado do rendimento, aplicou-se o inverso de $\tilde{n} = (-) 0,1$ ou $(-) \log 0,1$ para aparecer em unidades de campo de kg cacho⁻¹.

Nas tabelas 5 e 6 observam-se os resultados.

Tabela 5. Médias aritméticas nas variáveis do solo, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho⁻¹, classificadas pelos pesos estimados por componentes principais.

Variáveis	10,96 – 17,9 kg cacho ⁻¹	> 18 kg cacho ⁻¹
pH ₀₋₄₀	6,66	6,59
CE ₀₋₂₀ (dS m ⁻¹)	0,309	0,408
CE ₂₁₋₄₀ (dS m ⁻¹)	0,255	0,336
MO ₀₋₂₀ (g kg ⁻¹)	15,5	16,96
MO ₂₁₋₄₀ (g kg ⁻¹)	10,1	12,01
P ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	16,78	18,35
P ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	10,75	14,27
K ₀₋₄₀ (mmol _e dm ⁻³)	1,058	1,21
Ca ₀₋₄₀ (mmol _e dm ⁻³)	87,89	111,44
Mg ₀₋₂₀ (mmol _e dm ⁻³)	16,54	15,52
Mg ₂₁₋₄₀ (mmol _e dm ⁻³)	13,22	13,30
S ₀₋₄₀ (mg dm ⁻³)	212,83	249,91
a ₀₋₄₀ (%)	19,12	27,92
L ₀₋₄₀ (%)	60,26	54,92

Tabela 5. Médias aritméticas nas variáveis do solo, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho^{-1} , classificadas pelos pesos estimados por componentes principais.

Variáveis	10,96 – 17,9 kg cacho^{-1}	> 18 kg cacho^{-1}
A ₀₋₂₀ (%)	21,42	16,98
A ₂₁₋₄₀ (%)	19,39	16,29
B ₀₋₂₀ (mg dm^{-3})	0,187	0,207
B ₂₁₋₄₀ (mg dm^{-3})	0,151	0,155
Cu ₀₋₂₀ (mg dm^{-3})	1,72	1,64
Cu ₂₁₋₄₀ (mg dm^{-3})	1,29	1,32
Fe ₀₋₂₀ (mg dm^{-3})	54,78	65,75
Fe ₂₁₋₄₀ (mg dm^{-3})	38,78	44,48
Mn ₀₋₂₀ (mg dm^{-3})	8,97	8,11
Mn ₂₁₋₄₀ (mg dm^{-3})	6,48	5,57
Zn ₀₋₂₀ (mg dm^{-3})	1,33	2,05
Zn ₂₁₋₄₀ (mg dm^{-3})	0,86	1,16

Ainda, se observa que na tabela 5 aparecem as variáveis pH₀₋₄₀, MO₂₁₋₄₀, a₀₋₄₀, L₀₋₄₀, Ca₀₋₄₀, S₀₋₄₀, B₀₋₂₀, B₂₁₋₄₀, Fe₀₋₂₀, Fe₂₁₋₄₀ e na tabela 6 as variáveis da folha B, Mo e Na, que muito a pesar de que não formaram parte dos componentes principais (tabela 4), por não ter distribuição normal em seus dados (tabelas 2 e 3), seguem sendo utilizadas. Isso aconteceu, porque na folha de cálculo não foram apagadas intencionalmente durante o processo de agrupamento pelo rendimento estimado, e o software as ordenou, munidas todas.

Como se lembrou, essas variáveis estatisticamente não são confiáveis, nem podem ser utilizadas para estimar o rendimento, não obstante, no processo de agrupamento de suas homologas, poderiam dar indicio de sua participação no balanço geral da planta e do solo.

Desta maneira poderiam contribuir na avaliação do balanço nutricional, por enquanto es resolvido seus problemas relacionados com a falta da normalidade da distribuição de seus dados.

Tabela 6. Médias aritméticas nas variáveis da folha, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho^{-1} , classificadas pelo pesos estimados por componentes principais.

Variáveis	Classes em kg cacho^{-1}	
	10,96 – 17,9 kg cacho^{-1}	> 18 kg cacho^{-1}
	(g kg^{-1})	
N	25,6	27,9
P	1,91	2,09
K	42,89	40,45
Ca	7,16	5,67
Mg	2,94	2,68
S	2,4	1,50
	(mg kg^{-1})	
B	9,08	12,21
Cu	8,49	8,33
Fe	46,65	62,47
Mn	68,64	69,46
Zn	19,27	12,40
Mo	1,313	1,428
Na	590	490

4.4 Análise de regressão múltipla

4.4.1 Balanço nutricional

Partindo dos resultados das tabelas 1, 2 e 3, procedeu-se ao calculo, pelo método do stepwise, do modelo polinômico de regressão múltipla que melhor se adapte às variáveis estudadas de solo e folhas.

Para esta procedimento, participaram do calculo todas as variáveis, estejam ou não normalmente distribuídas e as variáveis em que foi necessária a transformação para obter distribuição normal, foram analisadas na condição transformada.

A tabela 7 reúne os coeficientes das variáveis que compõem o modelo determinado. O modelo ajusta-se com uma aproximação de 99,99% (R^2), com normalidade dos resíduos padronizados ($Pr < w = 0,2554$).

Tabela 7. Coeficientes das variáveis que compõem o modelo de regressão múltipla, entre as variáveis do solo e da folha.

Variáveis	$\tilde{n}$	Coeficiente	F
CE ₀₋₂₀	-0,1	0,055	**
P ₂₁₋₄₀	-0,1	0,0309	*
a ₀₋₄₀	---	0,0045	**
L ₀₋₄₀	---	0,00046	**
A ₀₋₂₀	0,8	0,0056	**
A ₂₁₋₄₀	0,5	0,02	**
S (folha)	0,1	0,217	**
P (folha)	-0,5	-0,018	*
Ca (folha)	0,5	0,026	**
Zn (folha)	-0,7	-0,1626	**

4.4.2 Determinação dos valores a ser propostos como de referência, no balanço nutricional ótimo

Com os estimadores do modelo de regressão múltipla da tabela 7, construiu-se no formato de calculo do aplicativo Excel 2000 (Microsoft®, 2000), outra folha de calculo a fim de estimar os kg cacho^{-1} em cada uma das amostras.

Tive-se a precaução de fazer a transformação previa das variáveis (de acordo as tabelas 2 e 3), antes de fazer as operações de multiplicar por cada uns dos estimadores da tabela 7.

Obtido o valor transformado da massa do cacho aplicou-se o inverso de $\tilde{n} = (-) 0,1$ ou $(-)\log 0,1$ para aparecer em unidades de campo de kg cacho^{-1} .

Assim estimado a massa do cacho, procedeu-se à separação da população em dois agrupamentos: acima e abaixo de 18 kg cacho^{-1} .

Nas tabelas 8 e 9 observam-se os resultados. Assim, na coluna de $>18 \text{ kg cacho}^{-1}$ aparecem as médias das variáveis da tabela 7, consideradas valores de referência para os efeitos de diagnóstico nutricional e avaliação da fertilidade do solo.

Tabela 8. Médias aritméticas nas variáveis do solo, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho^{-1} , classificadas pelo pesos estimados por regressão múltipla.

Variáveis	12,19 – 17,81 kg cacho^{-1}	$> 18 \text{ kg cacho}^{-1}$
pH ₀₋₄₀	6,56	6,71
CE ₀₋₂₀ (dS m^{-1}) (*)	0,297	0,356
CE ₂₁₋₄₀ (dS m^{-1})	0,251	0,286
MO ₀₋₂₀ (g kg^{-1})	14,2	17,1
MO ₂₁₋₄₀ (g kg^{-1})	8,8	11,8
P ₀₋₂₀ (mg dm^{-3})	16,92	19,40
P ₂₁₋₄₀ (mg dm^{-3})(*)	9,46	13,28
K ₀₋₄₀ (mmol c dm^{-3})	0,98	1,18
Ca ₀₋₄₀ (mmol c dm^{-3})	97,41	168,75
Mg ₀₋₂₀ (mmol c dm^{-3})	15,67	16,41
Mg ₂₁₋₄₀ (mmol c dm^{-3})	12,45	13,98

Tabela 8. Médias aritméticas nas variáveis do solo, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho^{-1} , classificadas pelos pesos estimados por regressão múltipla.

Variáveis	12,19 – 17,81 kg cacho^{-1}	> 18 kg cacho^{-1}
S_{0-40} (mg dm^{-3})	194,4	842,1
a_{0-40} (%) (*)	17,59	23,86
L_{0-40} (%) (*)	61,34	57,26
A_{0-20} (%) (*)	21,82	19,35
A_{21-40} (%) (*)	20,77	17,43
B_{0-20} (mg dm^{-3})	0,204	0,12
B_{21-40} (mg dm^{-3})	0,158	0,09
Cu_{0-20} (mg dm^{-3})	1,67	1,73
Cu_{21-40} (mg dm^{-3})	1,27	1,32
Fe_{0-20} (mg dm^{-3})	60,46	51,08
Fe_{21-40} (mg dm^{-3})	49,98	37,33
Mn_{0-20} (mg dm^{-3})	9,44	8,24
Mn_{21-40} (mg dm^{-3})	7,02	5,71
Zn_{0-20} (mg dm^{-3})	1,23	1,68
Zn_{21-40} (mg dm^{-3})	0,78	1,056

(*) Variáveis que compõem o modelo de regressão múltipla

A consideração é válida porque este procedimento parte do princípio que, se podem obter ou estimar o rendimento ou outra variável de interesse, partindo do conhecimento de outras variáveis (geralmente nutrientes) e a relação entre essas variáveis esta dada por uma função matemática cujos coeficientes são vistos na tabela 7.

Entretanto, como no ponto 4.3.2, também aparecem as outras variáveis analisadas que não compõem o modelo de regressão múltipla da tabela 7, não obstante seu calculo poderia orientar na avaliação do balanço geral do solo e na folha, estando ciente que não possuem uma relação funcional com o rendimento

Provavelmente haveria um erro maior que no caso da análises dos componentes principais, pelo fato de que só 10, das 39 variáveis amostradas estimam o rendimento. Utilizando menos variáveis, fica prejudicada a previsão da massa do cacho.

Tabela 9. Médias aritméticas nas variáveis da folha, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho⁻¹, classificadas pelos pesos estimados por regressão múltipla.

Variáveis	12,19 – 17,81 kg cacho ⁻¹	> 18 kg cacho ⁻¹
	(g kg ⁻¹)	
N	25,6	26,4
P (*)	1,97	1,92
K	44,3	40,7
Ca (*)	7,34	6,42
Mg	3,01	2,78
S (*)	2,7	1,79
	(mg kg ⁻¹)	
B	10,64	15,5
Cu	8,81	8,14
Fe	43,38	55,65
Mn	76,11	63,1
Zn (*)	23,07	14,13
Mo	1,4	1,105
Na	568	581

(*) Variáveis que compõem o modelo de regressão múltipla

4.5 Média aritmética das plantas excepcionais

4.5.1 Balanço nutricional

Como nos procedimentos anteriores, procedeu-se ao cálculo das médias, em função dos resultados das tabelas 1, 2 e 3 e participaram todas as variáveis ainda que estivessem ou não, normalmente distribuídas.

As variáveis, de acordo aos valores de $\bar{n}$ das tabelas 2 e 3 foram transformadas antes de fazer as operações de separar ou agrupar o acima e abaixo de 18 kg cacho⁻¹.

Este procedimento é mais simples e direto e, em função dos pesos observados em campo, foram feitos os agrupamentos. As tabelas 10 e 11 mostram os resultados.

Tabela 10. Médias aritméticas nas variáveis do solo, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho⁻¹, classificadas diretamente pelos pesos observados.

Variáveis	8,6 – 17,99 kg cacho ⁻¹	> 18 kg cacho ⁻¹
pH ₀₋₄₀	6,63	6,66
CE ₀₋₂₀ (dS m ⁻¹)	0,379	0,421
CE ₂₁₋₄₀ (dS m ⁻¹)	0,307	0,368
MO ₀₋₂₀ (g kg ⁻¹)	15,73	17,47
MO ₂₁₋₄₀ (g kg ⁻¹)	9,4	11,71
a ₀₋₄₀ (%)	20,59	21,10
L ₀₋₄₀ (%)	59,28	58,84
A ₀₋₂₀ (%)	21,11	19,51
A ₂₁₋₄₀ (%)	19,23	19,23
P ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	23,39	25,74
P ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	14,11	16,61
K ₀₋₄₀ (mmol _c dm ⁻³)	1,408	1,408
Ca ₀₋₄₀ (mmol _c dm ⁻³)	90,29	118,79
Mg ₀₋₂₀ (mmol _c dm ⁻³)	18,87	18,37
Mg ₂₁₋₄₀ (mmol _c dm ⁻³)	14,57	15,61
S ₀₋₄₀ (mg dm ⁻³)	171,04	328,13
B ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	0,203	0,195

Tabela 10. Médias aritméticas nas variáveis do solo, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho⁻¹, classificadas diretamente pelos pesos observados.

Variáveis	8,6 – 17,99 kg cacho ⁻¹	> 18 kg cacho ⁻¹
B ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	0,145	0,166
Cu ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	1,74	1,78
Cu ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	1,35	1,51
Fe ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	51,65	71,85
Fe ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	36,96	48,19
Mn ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	10,72	13,18
Mn ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	8,88	8,51
Zn ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	1,63	2,25
Zn ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	1,11	1,69

Tabela 11. Médias aritméticas nas variáveis da folha, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho⁻¹, classificadas diretamente pelos pesos observados.

Variáveis	8,60 – 17,99 kg cacho ⁻¹	> 18 kg cacho ⁻¹
	(g kg ⁻¹)	
N	25,6	27,3
P	1,97	2,01
K	43,0	40,6
Ca	7,18	6,58
Mg	2,99	2,82
S	2,45	1,84
	(mg kg ⁻¹)	
B	10,13	12,12
Cu	8,58	8,36
Fe	50,75	63,64

Tabela 11. Médias aritméticas nas variáveis da folha, nas plantas acima e abaixo dos 18 kg cacho⁻¹, classificadas diretamente pelos pesos observados.

Variáveis	8,60 – 17,99 kg cacho ⁻¹	> 18 kg cacho ⁻¹
	(mg kg ⁻¹)	
Mn	74,68	74,54
Zn	21,92	18,26
Mo	1,439	1,297
Na	586	545

4.5.2 Determinação dos valores a ser propostos como de referência, no balanço nutricional ótimo

Este procedimento parte do princípio no qual, a média aritmética ao ser estimada em grupos de plantas excepcionais, já pela distribuição normal das observações, permite obter uma estimativa segura dos valores do elemento a ser considerado como referência.

De acordo ao princípio, as variáveis: No solo o pH₀₋₄₀, MO₂₁₋₄₀, a₀₋₄₀, L₀₋₄₀, Ca₀₋₄₀, S₀₋₄₀, B₀₋₂₀, B₂₁₋₄₀, Fe₀₋₂₀ e Fe₂₁₋₄₀ e na folha o B, Mo e Na, não são confiáveis por não ter distribuição normal, o seu cálculo, entretanto, poderia orientar na avaliação do balanço geral do solo e na folha.

As tabelas 10 e 11 mostram na coluna de >18 kg cacho⁻¹ as médias das variáveis a ser consideradas valores de referência para os efeitos de diagnóstico nutricional e avaliação da fertilidade do solo.

Desta maneira acredita-se que as médias aritméticas obtidas, representam o balanço nutricional desejável, podendo-se fazer diagnósticos posteriores confiáveis, com as diversas propostas, discutidas no item 2.5.2.

4.6 Comparação dos valores de referência e o balanço ótimo obtido pelos três procedimentos.

Confrontando os resultados das tabelas 5, 6, 8, 9, 10 e 11 dos três procedimentos de obtenção de valores de referência e do balanço nutricional ótimo nas plantas excepcionais ou com massa do cacho maior a 18 kg, apreciam-se diferenças e coincidências entre as variáveis avaliadas.

Com a finalidade de selecionar criteriosamente quais dos três procedimentos acerta mais com a média da massa dos cachos com mais de 18 kg, foi calculada a massa do cacho a partir das médias das variáveis no solo e na folha, das plantas com mais de 18 kg das tabelas 5, 6, 8, 9, 10 e 11.

A tabela 12 mostra a média da massa do cacho das plantas excepcionais ou >18 kg cacho⁻¹ obtidas pelos modelos de regressão do rendimento com as combinações lineares (tabelas 5 e 6), a qual foi de 19,87 kg cacho⁻¹, de regressão múltipla (tabelas 8 e 9), a qual foi de 21,56 kg cacho⁻¹ e pelos pesos observados (tabelas 10 e 11), a qual foi de 20,18 kg cacho⁻¹.

Tabela 12. Média da massa dos cachos nas plantas excepcionais ou >18 kg cacho⁻¹, obtidas pelos modelos de regressão com as combinações lineares, regressão múltipla, por a massa ou peso observado, e ademais novamente a massa do cacho calculada a partir dos nutrientes das mesmas plantas, pero pelos modelos de regressão múltipla (R. M.) e pelas combinações lineares (C. L.)

Procedimento	Média da massa do cacho nas plantas excepcionais	Massa do cacho calculada por R. M.	Massa do cacho calculada por C. L.
C.P.	19,87	18,77	19,46
R.M.	21,56	21,39	13,44
Peso observado	20,18	19,33	15,22

Nessa mesma tabela observa-se também as respectivas massas do cacho, pero calculadas novamente pelo modelo de regressão múltipla e das combinações lineares, a

partir das médias dos nutrientes em solos e folhas das plantas excepcionais ou $>18 \text{ kg cacho}^{-1}$ das tabelas 5, 6, 8, 9, 10 e 11.

Na primeira linha (C. L.) da tabela 12, observa-se massas do cacho muito semelhantes. Entretanto, na segunda e terceira linha (R. M. e peso observado) gritantes diferenças são obtidas no cálculo da massa do cacho.

Este fato pode ser explicado através das propriedades da análise dos componentes principais, sendo uma delas a linearidade da relação funcional, que também pode ser determinada em algumas variáveis por regressão múltipla e não é possível por separação direta através dos peso observados. A outra propriedade dos componentes principais é a existência e a explicação da variação total dos dados originais, condição que não pode ser explicada por regressão múltipla, e muito menos por separação direta através dos pesos observados nas populações de referência.

Estas propriedades proporcionam vantagens muito importantes porque por esta metodologia pode-se avaliar simultaneamente numerosas e diversas variáveis, além disso dispensa a necessidade de valores de referência (fato muito importante em áreas e culturas novas) e de outras metodologias de interpretação de análise, ao poder associar ao rendimento esperado, uma combinação ou balanço de médias das variáveis estudadas.

Portanto, estes resultados indicam e põem em evidência os erros dos diagnósticos nutricionais cujos valores de referência estejam baseados nas médias aritméticas das variáveis das plantas excepcionais onde não exista uma relação, tal é o caso por separação direta através dos pesos observados.

Outra vantagem deste procedimento é que permite classificar as variáveis estudadas mediante o cálculo da contribuição total de cada variável (tabelas 13 e 14).

A tabela 13, mostra como entre as variáveis do solo, o nutriente zinco na profundidade de amostragem de 0-20 centímetros é o que mais contribui na estimação do rendimento e na tabela 14, mostra-se os nutrientes nas folhas, onde agora aparece o elemento enxofre, na maior contribuição na estimação do rendimento.

É importante mencionar que estes valores, não devem ser tomados como desbalanço nutricional porque referem-se à flutuação das variáveis no banco de dados, de modo que os que mais contribuem, com pequenas variações, observariam-se grandes

variações no rendimento. Também é válido destacar que em algumas variáveis aparece o sinal negativo, isto não implica o efeito depressivo sobre a produção, pois os sinais ocorrem por ajustes matemáticos.

Tabela 13. Contribuição total de cada variável do solo, nos coeficientes das combinações lineares.

Variáveis	Contribuição	X100	Variáveis	Contribuição	x100
CE ₀₋₂₀	0,040870986	4	AA ₀₋₂₀	0,087357094	8,7
CE ₂₁₋₄₀	0,097987149	9,7	AA ₂₁₋₄₀	0,0459079	4,5
MO ₀₋₂₀	(-) 0,041539899	(-) 4	Mn ₀₋₂₀	(-) 0,055457585	(-) 5,5
P ₀₋₂₀	(-) 0,004450155	(-) 0,4	Mn ₂₁₋₄₀	(-) 0,043101261	(-) 4,3
P ₂₁₋₄₀	(-) 0,021593643	(-) 2	Cu ₀₋₂₀	(-) 0,01609421	(-) 1,6
K ₀₋₄₀	0,04894725	4,8	Cu ₂₁₋₄₀	(-)0,011394899	(-) 1,1
Mg ₀₋₂₀	(-) 0,030556021	(-) 3	Zn ₀₋₂₀	0,113744417	11,3
Mg ₂₁₋₄₀	0,034825161	3	Zn ₂₁₋₄₀	0,018368608	1,8

Tabela 14. Contribuição total de cada variável da folha, nos coeficientes das combinações lineares.

Variáveis	Contribuição	x100	Variáveis	Contribuição	x100
S	0,321140086	32,1	Mg	0,003563561	0,3
N	(-) 0,051622471	(-) 5,1	Cu	0,048930013	4,8
P	(-) 0,031159166	(-) 3,1	Fe	0,147528271	14,7
K	0,036433488	3,6	Mn	0,044019265	4,4
Ca	0,189571461	18,9	Zn	(-) 0,186621451	(-) 18,6

Para fins de avaliação em áreas novas, constitui-se uma ferramenta básica porque orienta os esforços dos tratos culturais, para estabelecer estratégias mais definidas com as variáveis mais importantes.

Outra vantagem deste procedimento é que o banco de dados pode ser alimentado constantemente, não está fechado ao ingresso de novas observações. Pode-se desta maneira monitorar as mudanças das variáveis em sua ordem de contribuição com o rendimento e no tempo fazer paralelamente as mudanças dos tratos culturais e de outras atividades do processo produtivo, como seria no caso da cultura do plátano Hartón.

4.7 Determinação da combinação ou balanço nutricional de referência

Na visão clássica, estes valores seriam chamados de valores de referência. Entretanto omite-se seu uso porque lembra o nutriente de forma unilateral, simples, isolado, sem conexão com os concorrentes na avaliação nutricional e estimação do rendimento.

Portanto propõe-se “balanço nutricional de referência” porque um conjunto de variáveis que avaliam simultaneamente as propriedades físicas e químicas do solo e o estado nutricional da planta participam do processo de diagnóstico nutricional e de avaliação da fertilidade do solo, associados ao rendimento.

Desta maneira, já no início se obtive a calibração de todas em seu conjunto, indo além dos princípios da diagnose foliar, ao alcançar as seguintes etapas: a) entre nutrientes do solo e folha com a produção, e b) entre nutriente no solo e nutriente na folha (Malavolta, 1999), restando só a comprovação.

O discutido anteriormente é possível pela propriedade dos componentes principais onde há uma relação funcional linear, que permite separar em classes a população estudada através dos pesos estimados pelo modelo de regressão do rendimento com as combinações lineares.

Nas tabelas 15 e 16 apresenta-se os valores das variáveis num balanço nutricional de referência (ou desbalanço se for o caso) estimados pelo modelo apresentado na

Tabela 15. Balanço nutricional das variáveis do solo, por classes de rendimento.

Variáveis	Classes em kg cacho ⁻¹			
	10,96 – 13,92	14,00 – 17,90	18,00 – 19,90	> 20 kg
pH _{0 - 40}	6,62	6,68	6,56	6,64
CE _{0 - 20}	0,302	0,313	0,404	0,417
CE _{21 - 40}	0,240	0,264	0,311	0,404
MO _{0 - 20}	13,80	16,5	16,9	19,4
MO _{21 - 40}	8,8	10,7	11,2	13,8
a _{0 - 40}	16,42	20,75	28,86	25,68
L _{0 - 40}	62,11	59,15	54,34	56,31
A _{0 - 20}	22,22	20,94	16,89	17,19
A _{21 - 40}	20,58	18,69	15,83	17,41
P _{0 - 20}	13,35	19,20	20,38	14,23
P _{21 - 40}	8,87	12,03	13,19	17,17
K _{0 - 40}	0,913	1,16	1,15	1,36
Ca _{0 - 40}	84,15	97,90	124,49	137,92
Mg _{0 - 20}	15,59	17,13	15,63	15,25
Mg _{21 - 40}	12,45	13,71	13,19	13,57
S _{0 - 40}	202,4	92,16	344,95	468,54
B _{0 - 20}	0,19	0,24	0,21	0,13
B _{21 - 40}	0,15	0,17	0,18	0,08
Cu _{0 - 20}	1,76	1,69	1,64	1,64
Cu _{21 - 40}	1,30	1,28	1,18	1,74
Fe _{0 - 20}	61,15	50,96	66,27	64,54
Fe _{21 - 40}	40,97	37,47	49,37	32,89
Mn _{0 - 20}	9,78	8,51	7,20	10,82
Mn _{21 - 40}	7,42	5,99	5,27	6,38
Zn _{0 - 20}	1,16	1,44	1,70	3,28
Zn _{21 - 40}	0,78	0,91	0,93	2,03

Tabela 16. Balanço nutricional das variáveis da folha, por classes de rendimento.

Variáveis	Classes em kg cacho^{-1}			
	10,96 – 13,92	14,00 – 17,90	18,00 – 19,90	> 20 kg
	g kg^{-1}			
N	25,5	25,7	28,2	27,1
P	1,95	1,88	2,10	2,06
K	44,4	41,9	39,4	42,8
Ca	7,76	6,83	5,87	5,23
Mg	3,06	2,87	2,57	2,51
S	2,97	2,11	1,57	1,48
	mg kg^{-1}			
B	8,89	10,03	13,92	15,45
Cu	8,71	8,35	8,17	8,71
Fe	38,58	52,57	60,10	68,59
Mn	74,54	65,35	70,94	66,07
Zn	23,54	17,3	13,42	10,43
Mo	1,27	1,52	1,63	1,13
Na	560	610	510	480

tabela 4 e organizados nas seguintes classes de rendimento, a seguir: 10,96 – 13,92 kg cacho^{-1} , 14,00 – 17,90 kg cacho^{-1} , 18,00 – 19,90 kg cacho^{-1} e > 20 kg cacho^{-1} .

Na tabela 15 nota-se que ainda aparecem as variáveis do solo: pH_{0-40} , MO_{21-40} , a_{0-40} , L_{0-40} , Ca_{0-40} , S_{0-40} , B_{0-20} , B_{21-40} , Fe_{0-20} , Fe_{21-40} , e na tabela 16, aparecem os nutrientes da folha: B, Mo e Na.

Não obstante, como foi discutido no ponto 4.3.2, ainda que não participem da estimação do rendimento, poderiam contribuir na avaliação do balanço nutricional, desde que seja resolvido seus problemas relacionados com a falta da normalidade da distribuição dos dados.

4.8 Validação das variáveis no contexto do balanço nutricional de referência

Num modo geral, os resultados da tabela 15 e 16, não concordam com os obtidos por Godefroy (1990), que constatou menor precisão dos resultados quando a amostragem foi realizada na faixa de aplicação de adubos, pelo fato da maior variabilidade. Não obstante, a variabilidade é expressa pelo procedimento deste trabalho.

Ainda numa visão geral, na tabela 16 constata-se uma diminuição da concentração de alguns nutrientes com o aumento do rendimento (K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Zn, Mo e Na). Ao respeito, Martin-Prével, 1984, assinalou que no caso da bananeira, pode ocorrer que um mesmo teor foliar, por exemplo no caso do nitrogênio corresponda-se a diferentes porcentagem do rendimento máximo (Efeito de Steenbjerg). Considerou indispensável atrelar a análises foliar com medidas do crescimento, na espera que uma concepção da amostragem mais quantificada forneça uma vista mais dinâmica de dados diretamente mais interpretáveis.

Agora, no detalhe de cada variável, na tabela 15: os conteúdos de matéria orgânica, sensivelmente crescentes com o rendimento, em ambas profundidades, concorda com Delvaux et al. (1986), autores que assinalam que solos argilosos e relativamente pobres em matéria orgânica tem menor aptidão bananeira.

Ademais, na tabela 15, Os conteúdos de areia (a), silte (L) e argila (A) coincidem com os reportados por Hedge & Srinivas (1989) os quais expressam que em condições de altos potenciais mátricos, tem-se redução de peso fresco e a matéria seca dos frutos das bananas. Segundo Godefroy (1969); Avilán et al. (1979); Delvaux et al. (1986, 1990); Araya & Blanco (2001), os melhores enraizamientos são observados em solos com melhores expectativas de boa drenagem.

O elemento P à profundidade de 0 – 20, apresenta inconsistência com o rendimento, por outro lado de 21 – 40 vai desde o nível baixo até o patamar maior, sendo qualificado de baixo a alto por López & Espinosa (1995) e Espinosa & Belalcázar (2000). Isto evidencia as relações estreitas do fósforo no solo nesta profundidade e o rendimento e ainda mais se corresponde com a concentração foliar, das quais, vai nas classes de menor rendimento com concentrações abaixo do nível crítico ($2,0 \text{ g kg}^{-1}$),

segundo Lahav & Turner, 1983) até as classes de maior rendimento com concentrações acima do nível crítico.

O K no solo (Tabela 15), se qualifica de acordo a López & Espinosa (1995) e Espinosa & Balalcázar (2000) com nível baixo.

A média dos níveis de cálcio no solo foram de $101,88 \text{ mmolc dm}^3$, concentração semelhantes á reportada por Delvaux et al. (1986), Twyford & Walmsley (1973) e Warner & Fox (1977), em solos bananeiros.

O elemento Mg no solo, não apresenta variações com o rendimento, tendo-se no patamar baixo, de acordo com López & Espinosa (1995) e Espinosa & Balalcázar (2000).

Em condições semelhantes de solos, ao respeito, Martin-Prével (1984) e Lahav (1995) comentam que altos níveis de Ca e Mg no solo, inibem a absorção de K na bananeira, mantendo-se no patamar de 31 a 34 g kg^{-1} na folha, nosso caso foi ao contrario, tendo-se ais elevado ainda, no patamar de 44,4 a $39,4 \text{ g kg}^{-1}$ na folha de plátano, o qual acredita-se mais por efeito clonal, que nutricional

Martin-Prével (1984), assinalou que pelo efeito clonal, não significa necessariamente que cultivares diferentes reclamem, num mesmo solo e sob um mesmo clima, provisões de fertilizantes diferentes: cada um possui mecanismos de absorção e de translocação que podem compensar, não compensar, ou ultrapassar, estas diferenças de “necessidades internas”.

O patamar de 44,4 a $39,4 \text{ g kg}^{-1}$ K na folha (tabela 16) não indica associação com o rendimento quando sua avaliação é feita com seus valores absolutos. Ao contrario, quando é feita pelo porcentual dos três elementos (tabela 17) aparecem incrementos do nutriente K e por outro lado, a diminuição dos nutrientes Ca e Mg, pelo efeito da interação.

As percentagem da tabela 17, não coincidem com as ótimas apresentadas para a cultura da bananeira por Delvaux et al. (1986) de: K = 52-60, Ca = 22-29 e Mg = 16-25; García et al. (1976a) de : K = 50-53,5, Ca = 25,5-31,5 e Mg = 14-17.

Essas diferenças clonais, vai a ter profunda influencia na magnitude dos quocientes foliares K/Ca e K/Mg (Tabela 18), onde são vistas diferenças em relação ao

Tabela 17. Percentagem dos nutrientes K, Ca e Mg, em folhas de plátano Hárton, classificadas de acordo com a massa do cacho.

Nutriente (%)	Classes em kg cacho ⁻¹			
	10,96 – 13,92	14,0 – 17,9	18,0 – 19,9	> 20
K	80,4	81,2	82,4	84,8
Ca	14,1	13,2	12,3	10,4
Mg	5,5	5,6	5,4	4,9

valores adequados reportados por García et al. (1976a) para bananas nos quocientes K/Ca na faixa de 1,3 a 1,6 e K/Mg na faixa de 3,0 a 3,7.

Também é visto que o potássio aparece em maior proporção na classe de > 20 kg.

Tabela 18. Quocientes K/Ca e K/Mg em folhas de plátano Hárton, classificados de acordo com a massa do cacho.

Quociente	Classes em kg cacho ⁻¹			
	10,96 – 13,92	14,0 – 17,9	18,0 – 19,9	> 20
K/Ca	5,72	6,13	6,71	8,18
K/Mg	14,5	14,2	15,3	17,1

Em relação aos teores de K e Mg no solo (tabela 15) e a partir do trabalho de Godefroy et al. (1965) (os quais também os determinaram em acetato de amônio, 1N, pH 7), são analisados como relações na tabela 19.

Os citados autores reportaram balanços adequados no quociente K/Mg = 0,6 em bananeira, e é evidente a tendência crescente no balanço K/Mg na classe 10,96 – 13,92 kg cacho⁻¹, até a classe >20 kg cacho⁻¹. Balanço que poderia atingir valores semelhantes, sim os níveis de K são colocados no patamar de 2,9 mmolc dm³, nível esse considerado por Espinosa & Belalcázar (2000) como crítico para a cultura do plátano em solos das áreas plataneiras da Colômbia.

Tabela 19. Quociente K/Mg no solo, na cultura do plátano Hárton, classificados de acordo com a massa do cacho.

		Classes em kg cacho^{-1}			
Quociente		10,96 – 13,92	14,0 – 17,9	18,0 – 19,9	> 20
K/Mg	0 – 20	0,19	0,22	0,24	0,28
	21 - 40	0,23	0,28	0,28	0,33

O N folhar (tabela 16) vai desde $25,5 \text{ g kg}^{-1}$, teor abaixo do nível crítico de $26,0 \text{ g kg}^{-1}$ considerado por Lahav & Turner (1983), até $28,2 \text{ g kg}^{-1}$, teor que coincide com o nível associado com o máximo rendimento em bananas segundo Warner & Fox (1977).

Quando o N é analisado como quociente, os resultados são mostrados na tabela 20.

Tabela 20. Quocientes K/N, N/P e K/P em folhas de plátano Hartón, classificados de acordo com a massa do cacho.

Quociente	Classes em kg cacho^{-1}				Valor de referência ⁽¹⁾	Autor
	10, ⁹⁶ -13, ⁹²	14, ⁰ -17, ⁹	18, ⁰ -19, ⁹	>20		
K/N	1,74	1,63	1,39	1,57	1,5-1,7	Dumas, 1960
					1,05-1,25	Martin-Prével et al., 1969
					1,3-1,5	García et al., 1976b
					1,37	Twyford & Coulter, 1964
					1,31	Rodríguez, 1980
N/P	13,07	13,67	13,42	13,15	11,5-14	Martin-Prével et al., 1969
K/P	22,76	22,28	18,76	20,77	17,94 ⁽²⁾	Rodríguez, 1980
					11,38 ⁽³⁾	Twyford & Coulter, 1964

(1) Bananeira.

(2) Nível inadequado: 15,58.

(3) Nível inadequado: 8,90

De acordo aos valores de referência de Dumas (1960), Martin-Prével et al. (1969), García et al. (1976b); Twyford & Coulter (1964), Rodríguez (1980), evidencia-se os desbalanços K/N nas classes de mais baixo rendimento.

Na mesma tabela, é visto que a relação N/P não apresenta fortes mudanças associadas ao rendimento e na relação K/P põe em evidencia as diferenças clonais do alto conteúdo de K na folhas.

Quando é feita a relação do nitrogênio com o enxofre (tabela 21), é visto crescente tendência da relação N/S.

Tabela 21. Quociente N/S em folhas de plátano Hartón, classificados de acordo com a massa do cacho.

	Classes em kg cacho^{-1}			
Quociente	10,96 – 13,92	14,0 – 17,9	18,0 – 19,9	> 20
N/S	8,58	12,18	19,96	18,31

Entretanto, por seu lado, a concentração de enxofre no solo aumenta com o rendimento (tabela 15), e é classificado de muito alto, de acordo aos limites de interpretação do Instituto Agronômico de Campinas (1997) e na folha pelo contrario (tabela 16), diminui com o rendimento, sem cair abaixo de $1,0 \text{ g kg}^{-1}$, nível crítico para bananeira reportado por Warner & Fox (1977), e dentro da faixa do máximo desenvolvimento relativo para o plátano de 1 a 3 g kg^{-1} (Lahav, 1995), ainda que, sob o nível crítico de $2,3 \text{ g kg}^{-1}$ sugerido por Marchal et al. (1972).

Quanto os micronutrientes no solo (tabela 15), o boro se classificou de acordo aos limites de interpretação do Instituto Agronômico de Campinas (1997), nas quatro classes estudadas como baixo, entretanto na folha (tabela 16) não estaria dentro dos níveis deficitários de acordo a Lahav & Tuner (1983).

O cobre, ferro, manganês e zinco classificam-se de alto para o Instituto Agronômico de Campinas (1997), ainda que o zinco mantivesse uma tendência crescente, nas duas profundidades, parece desejável rever os limites deste nutriente para

a cultura do plátano, nas condições dos solos estudados, onde as constantes aplicações de adubos fosfatados e ademais, as elevadas concentrações nativas de cálcio, estão presentes.

Entretanto, na folha (tabela 17) dentre os micronutrientes o zinco só com um desempenho previsível e com base nos limites de interpretação de Lahav & Turner (1983), se qualifica de adequado ao limite do déficit.

Uma explicação para a diminuição dos teores foliares do zinco, pode ser feita, pelos resultados de Lopez (1972), autor que usou a cevada como planta indicadora em solos com dose constante de zinco e crescentes aplicações de fosfatos e calagem. Ele observou que essas aplicações diminuíram os teores de zinco na planta, o que pode ser previsível nas condições dos solos deste estudo.

O molibdênio foliar, reflete os efeitos provocados pelo pH. Altos valores de pH indicam teores de Mo elevados, os quais se classificam como adequados de acordo a Lahav & Tuner (1983).

Inversamente, Gallo et al. (1974), em condições abaixo do pH 6, relataram teores de Mo ao redor de $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$, em bananeira.

6.2 Quantificação do balanço nutricional

O balanço nutricional zero, mediante esta proposta de interpretação dos resultados das análises de solos e folhas, é obtido a partir da média das variáveis padronizadas, como se explicou no itens 3.3.2.2.

Este fato implica que nas condições deste trabalho, onde se coletou ampla informação desde o mais baixo ($8,8 \text{ kg cacho}^{-1}$) até o mais alto rendimento (29 kg cacho^{-1}), o balanço zero corresponde-se com a media do rendimento da subpopulação amostrada. Quando se observa o balanço nutricional na classes extremas, aparecem grandezas no balanço relacionadas mais com os desvios desde a media, que o relacionado propriamente com o balanço em sim. Por isso não é aplicável o conceito da literatura (Sumner, 1977a; 1977b; Monge et al., 1995; Montañez et al., 1995; Sanz et al.,

1999; Rodríguez et al., 1999; Bataglia et al., 2001) onde a maior desbalanço nutricional, será indicio de menor rendimento.

O conceito assinalado, só é aplicável em condições, onde exista a possibilidade que a média da subpopulação amostrada e o rendimento medio sejam da subpopulação excepcional o de mais alto rendimento.

Então, para resolver o assunto, nas condições desta pesquisa, a solução estriba-se na possibilidade de medir ou quantificar o balanço nutricional a partir do calculo da contribuição de cada variável (vistas nas tabelas 13 e 14).

Assim, quando qualquer amostra a avaliar tenha os mesmos valores da média da subpopulação amostrada, a contribuição iguala-se a zero (tabela 22) e estima-se logicamente o rendimento médio da população de $15,4257 \text{ kg cacho}^{-1}$. Por tanto a interpretação é que o balanço zero é o rendimento médio e não o mais alto rendimento.

Tabela 22. Contribuição das variáveis do solo e da folha no modelo de regressão do rendimento com as combinações lineares em: A média da subpopulação amostrada e na classe de $>20 \text{ kg cacho}^{-1}$ na cultura do plátano Harton.

	Media da subpopulação	Classe de $> 20 \text{ kg cacho}^{-1}$	
Rendimento esperado	$15,425 \text{ kg cacho}^{-1}$	$20,842 \text{ kg cacho}^{-1}$	
	Desvio	Desvio x	x100
Variáveis		Contribuição	
CE_{0-20}	0	-0,099743699	(-) 9,9
CE_{21-40}	0	-0,287400095	(-) 28,7
MO_{0-20}	0	-0,121140107	(-) 12,11
P_{0-20}	0	0,008325293	0,83
P_{21-40}	0	-0,001557343	(-) 0,15
K_{0-40}	0	-0,047537344	(-) 4,7
Mg_{0-20}	0	-0,013151492	(-) 1,3
Mg_{21-40}	0	-0,005565191	(-) 0,55

Tabela 22. Contribuição das variáveis do solo e da folha no modelo de regressão do rendimento com as combinações lineares em: A média da subpopulação amostrada e na classe de >20 kg cacho⁻¹ na cultura do plátano Harton.

Rendimento esperado	Media da subpopulação	Classe de > 20 kg cacho ⁻¹	
	15,425 kg cacho ⁻¹	20,842 kg cacho ⁻¹	
Variáveis	Desvio	Desvio x	x100
		Contribuição	
AA ₀₋₂₀	0	-0,208015357	(-) 20,80
AA ₂₁₋₄₀	0	-0,061480094	(-) 6,14
Mn ₀₋₂₀	0	0,043641012	4,36
Mn ₂₁₋₄₀	0	0,003906558	0,39
Cu ₀₋₂₀	0	0,020838846	2,08
Cu ₂₁₋₄₀	0	0,074225465	7,42
Zn ₀₋₂₀	0	-0,502038899	(-) 50,20
Zn ₂₁₋₄₀	0	0,159411316	15,94
S (folha)	0	-1,646060281	(-) 164,6
N (folha)	0	-0,113741459	(-) 11,37
P (folha)	0	0,041025705	4,10
K (folha)	0	0,02364761	2,36
Ca (folha)	0	-0,453734386	(-) 45,37
Mg (folha)	0	0,199153065	19,91
Cu (folha)	0	-1,013370985	(-) 101,33
Fe (folha)	0	0,043263963	4,32
Mn (folha)	0	-0,413344331	(-) 41,33
Zn (folha)	0	0,03347066	3,34

No mesmo ordem de idéias, quando qualquer amostra a avaliar tenha os mesmos valores da subpopulação de mais alto rendimento e como neste caso, de 20 kg cacho⁻¹, a contribuição terá os valores dos desvios com respeito á média da subpopulação, vezes a

contribuição de cada variável (tabelas 22). Portanto, a interpretação é que o balanço tem a magnitude dos desvios com respeito á media da subpopulação vezes a contribuição de cada variável é o mais alto rendimento, com media de 20,842 kg cacho $^{-1}$.

Para uma melhor visão dos números, na coluna x100 da tabela 22, aparecem as contribuições vezes 100.

A interpretação agora esta facilitada, faltando só comparar e conferir o obtido:

- O maior efeito absoluto das variáveis do solo sobre o rendimento foi do zinco á profundidade de 0 - 20 cm, a condutividade elétrica á profundidade de 21-40 cm e da argila á profundidade de 0-20 cm.

- O maior efeito absoluto das variáveis da folha sobre o rendimento foi do enxofre, cobre, cálcio e manganês.

O restante é questão de integrar a interpretação desses resultados aos tratos culturais da cultura, buscando atingir nas lavouras com problemas nutricionais os níveis dos nutrientes no solo e na folha semelhantes aos obtidos na classe de > 20 kg cacho $^{-1}$, planejando primeiramente mudar as condições que afetam no solo ao zinco, condutividade elétrica e a argila, e na folha o enxofre, cálcio e cobre, pelo fato que pequenas mudanças dessas variáveis têm fortes efeitos no rendimento.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, para a cultura do plátano Hartón, nas condições assinaladas conclui-se o seguinte:

- 1 A análise multivariada dos componentes principais, apresentou melhor estimativa do rendimento ao considerar o maior número de variáveis, que o modelo de regressão múltipla e as médias da subpopulação excepcional.
- 2 Não são necessários valores de referência para poder fazer o diagnóstico nutricional e a avaliação da fertilidade do solo mediante o uso da análise multivariada pelos componentes principais.
- 3 A análise multivariada pelas análises dos componentes principais, vai além do uso de valores de referência isolados, pois permite entre todas as variáveis estudadas determinar e utilizar como referência, o balanço nutricional delas.
- 4 Obtendo-se um diagnóstico ao início do estudo ou avaliação, fornece-se a base para poder proceder a desenhar a estratégia dos tratamentos culturais a aplicar posteriormente, com a possibilidade de monitorar nutricionalmente a evolução da cultura, sem necessidade de valores de referência.
- 5 Estas discussões permitem apresentar o procedimento acima discutido, como uma proposta de interpretação dos resultados de análises de solos e folhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADETUNJI, M. T. Optimum sample size and sampling depth for soil nutrient analysis of some tropical soils. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 25, n. 3/4, p.199-205, 1994.
- AMUNDSON, R.; KOEHLER, F. Utilization of DRIS for diagnosis of nutrient deficiencies in winter wheat. **Agronomy Journal**, v. 79, p. 472-476, 1987.
- ARAYA, M.; BLANCO, F. Changes in the stratification and spatial distribution of the Banana (Musa AAA cv. Grand Naine) root systems of poor, regular and good developed plants. **Journal of the Plant Nutrition**, v. 24, n. 11, p. 1679-1693, 2001.
- ARNOLD, R.; JETT, J.; ALLEN, H. Identification of nutritional influences on cone production in Fraser Fir. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 586-591, 1992.
- ANGELES, D.M.; SUMNER, M. E.; BARBOUR, N. W. Preliminary nitrogen, phosphorus and potassium DRIS norms for pineapple. **HortScience**, v. 25, p. 652-655, 1990.
- ANGELES, D.M.; SUMNER, M. E.; LAHAV, E. Preliminary DRIS norms for bananas. **Journal of Plant Nutrition**, v. 16, p. 1059-1070, 1993.

- ALKOSHAB, O.; RGHETTI, T.; DIXON, A. Evualation of DRIS for judging the nutritional status of hazelnuts. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 113, p. 643-647, 1998.
- ALVAREZ CAJAS, V. M. Tamaño de muestra: Procedimientos usuales para su determinación. Chapingo, México. 1988. 161p. Tesis (Maestro en Ciencias)-Colegio de Posgraduados.
- AVILÁN, L.; MENESES, L.; SUCRE, R.; ORTA, C.; SANGLE, O. Distribución del sistema radical del Banano “Pigneo gigante” bajo cuatro sistemas de manejo de suelo. **Agronomía Tropical**, v. 29, n. 4, p. 229-312, 1979.
- AWASTHI, R. P.; SHARMA, S. K.; BHUTÁNI, V. P. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms peach (*Prunus persica* L.) cv. July Elberta in Himacal Pradesh. **The Indian Journal of Horticulture**, v. 57, n. 4, p. 277-280, 2000.
- AWASTHI, R.P.; BHUTANI, V.P.; SHARMA, J.C.; KAITH, N.S. Mineral nutrient status of apple orchards in shimla district of Himachal Pradesh. **The Indian Journal of Horticulturae**, v. 55, p. 314-322, 1998.
- BATAGLIA, O. C. DRIS-CITROS: Uma alternativa para avaliar a nutrição das plantas. **Laranja**, v. 10, n. 2, p. 565-576, 1989.
- BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. dos. Efeito do procedimento de calculo e da população de referência nos índices do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, v. 14, p. 339-344, 1990.

- BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R.; QUAGGIO, J.A. Reference populations for evaluation of the nutritional status of coffee by DRIS. In: PLANT NUTRITION – FOOD SECURITY AND SUSTAINABILITY OF AGRO-ECOSYSTEMS, Bonn, Alemanha, 2001. **Plant nutrition food security and sustainability of Agro-ecosystems**. Netherlands: Kluwer Academic, 2001. p. 728 – 729.
- BATES, T. E. Factor affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation. A review. **Soil Science**, v. 112 n. 2, p. 115-234, 1971.
- BEAUCLAIR, E. G. F de. Relações entre algumas propriedades químicas do solo e a produtividade da cana de açúcar (*Saccharum* spp.), através de regressão linear múltipla. Piracicaba, 1991. 90 p. Dissertação (mestrado.) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- BEAUFILS, E.R. Research for rational exploitation of *Hevea brasiliensis* using a physiological diagnosis based on mineral analysis of various parts of plant. **Fertilite** v. 6, n. 3, p. 27-37, 1957.
- BEAUFILS, E. R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Soil Science Bulletin**, v. 1, n. 1, p. 1-132, 1973.
- BEAUFILS, E. R. Plant/ Soil/ Environment calibration (D.R.I.S.). In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON THE CONTROL OF PLANT NUTRITION, 4., Gent, 1976. Gent: A. Cottenie., 1976. v. 1. p. 21-36.
- BELL, P.; HALLMARK, W.; SABBE, W.; DOMBECK, D. Diagnosing nutrient deficiencies in soybean, using M-DRIS and critical nutrient level procedures. **Agronomy Journal**, v. 87, p. 859-865, 1995.

- BEVERLY, R. B.. Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, n. 8, p. 901-920, 1987.
- BEVERLY, R.; WORLEY, R. Preliminary DRIS diagnostic norms for pecan. **HortScience**, v. 27, p. 271-274, 1992.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformation. **Journal of Royal Statistics Society. Series B**, v. 26, p. 211-234, 1964.
- BOWEN, J. Comparative DRIS and critical concentration interpretation of papaya tissue analysis data. **Tropical Agriculture**, v. 69 n. 1, p. 63-67, 1990.
- BURKE, M.; RAINAL, D. Liming influences growth and nutrient balances in sugar maple (*Acer saccharum*) seedling on an acidic forest soil. **Environmental and Experimental Botany**, v. 39, p.105-116, 1998.
- CALDWELL, J.; SUMNER, M. E.; VAVRINA, C. S. Development and testing of preliminary foliar DRIS norms for onions. **HortScience**, v. 29, p. 1501-1504, 1994.
- CARMELLO, Q. A. DE C. Regressão lineal multipla aplicada à seleção de dados das analyses químicas de terra e de folhas, que mais relacionam às produtividades de amendoim e milho. Piracicaba, 1991. 94 p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CLARK, H.E.; POWERS, W.L. Leaf analysis as an indicator of potassium requirement of cane fruits. **Plant Physiology**, v. 20, p. 51-61, 1945.
- CLINE, M. G. Principles of soil sampling. **Soil Science**, v. 58. p. 275-288, 1944.

- CARON, J.; PARENT, L. E Derivation and assessment of DRIS norms for greenhouse tomatoes. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 69, p. 1027-1035, 1989.
- CARON, J.; PARENT, L.; GOSSELIN, A. Effect of nitrogen and salinity levels in the nutrient solution on the DRIS diagnosis of greenhouse tomato. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 22, p. 879-892, 1991.
- CERDÁ, A.; NIEVES, M.; MARTÍNEZ, V. An evaluation of mineral analysis of Verna lemons by DRIS. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 26, n. 11/12, p. 1697-1707, 1995.
- COSTA NETO, P. L. **Estatística**. São Paulo:Edgard Blücher, 1999. 264p.
- CRESTE, J. E. 1996. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do limoeiro siciliano. Botucatu, 1996. 120 p. Tese (Doutoramento)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. "Julio de Mesquita Filho".
- CRESTE, J.; NAKAGAWA, J. Estabelecimento do DRIS para a cultura do limoeiro em função da análise foliar. I. Calculo de normas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 19, n. 3, p.297-305, 1997.
- COCHRAN, W. **Técnicas de amostragem**. Rio de Janeiro:Editora Fundo de cultura, 1965. 553p.
- DARA, S.; FIXEN, P.; GELDERMAN, R. Sufficiency level and diagnosis and recommendation integrated system approaches for evaluating nitrogen status of corn. **Agronomy Journal**, v. 84, p. 1006-1010, 1992.
- DELVAUX, B. SOILS. IN: GOWEN, S. **Bananas and Plantains**. New York: Chapman & Hall, 1995. cap. 9, p. 231-257.

- DELVAUX, B.; PERRIER, X.; GUYOT, PH. Diagnostic de la fertilité de systèmes culturaux intensifs en bananeraies à la Martinique. **Fruits**, v. 45, n. 3, p. 223-236, 1990.
- DELVAUX, B.; LASSOUDIERE, A.; PERRIER, X.; MARCHAL, J. Une méthodologie d'étude des relations sol-plante-techniques culturales par enquête diagnostic. **Fruits**, v. 41, n. 6, p. 359-370, 1986.
- DOREL, M.; PERRIER, X. Influence de milieu et des techniques culturales sur la productivité des bananeiras de Guadeloupe. Enquête – diagnostic. **Fruits**, v. 45, n. 3, p. 237 – 244, 1990.
- DOW, A. I.; ROBERTS, S. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. **Agronomy Journal**, v. 74, p. 401-403, 1982.
- DUMAS, J. Contrôle de nutrition de quelques bananeraies dans trois territoires Africains. **Fruits**, v. 15, p. 277-290, 1960.
- ESPINOSA, J.; BELALCÁZAR, S. Fertilization of plantain in high densities. **Better crops International**, v. 14, n. 1, p. 16-19, 2000.
- ESTEBAN, E.; AGUILAR, A. Analisis foliar en cultivos hortícolas. I. Patata. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON THE CONTROL OF PLANT NUTRITION, 4., Gent, 1976. **Proceeding** . Gent: A. Cottenie, 1976. v. I. p. 219-227.
- EVANYLO, G.; SUMNER, M. E.; LETSCH, W. S. Preliminary development and testing of DRIS soil norms for soybean production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, n. 18, p. 1355-1377, 1987.

FAILLA, O.; BOGONI, M.; PORRO, D.; STRINGARI, G. Soil and leaf analysis: Effect pedo-climatic, cultural, and genetics factor on their calibration and interpretation. **Acta Horticulturae**, v. 448, p. 225-239, 1997.

FITTS, J.; NELSON, W. The determination of lime and fertilizer requeriments of soil through chemical tests. **Advance in Agronomy**, n. 8, p. 241-282, 1956.

GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; RAMOS, M.T.B.; MOREIRA, R.S. Situação nutricional de bananais do Estado de São Paulo. **Ciência e Cultura**, v. 26, n. 4, p. 355-359, 1974.

GARCÍA, R.; GUIJARRO, R.; DÍAZ, B. Modificación del estado nutricional del banano por efecto del potasio en suelos rojos de Cuba, relación con el rendimiento y control dela fertilización. In: INTERNATIONAL COLLOQUIM ON THE CONTROL OF PLANT NUTRITION, 4., Gent, 1976. **Proceeding**. Gent: A. Cottenie, 1976a. v. 2. p. 577-584.

GARCÍA, R.; GUIJARRO, R.; DÍAZ, B. Efecto del exceso de nitrógeno sobre el estado nutricional y rendimientos del banano en suelos rojos de Cuba. In: INTERNATIONAL COLLOQUIM ON THE CONTROL OF PLANT NUTRITION, 4., Gent, 1976. **Proceeding**. Gent: A. Cottenie, 1976b. v. 2. p. 585-591.

GODEFROY, J. Le développement des racines do bananier dans divers sols: Relation avec la fertilité v. 24, n. 2, p. 101-104, 1969.

GODEFROY, J. Etude de l'échantillonnage du sol em bananeraies de Martinique. **Fruits**, v.45, n.1, p. 3-7, 1990.

- GODEFROY, J.; MONTAGUT, G.; DORMOY, M. Essais sol-plante sur Bananiers. **Fruits**, v. 20, n. 6, p. 274-281, 1965.
- GOH, K.; MALAKOUTI, E.M. Preliminary nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium DRIS norms and indexes for apple orchards in Canterbury, New-Zeland. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 23, p. 1371-1385, 1992.
- HADDAD, O.; MACHADO, W.; DEL VALLE, R. Un índice para evaluar el vigor en las musaceas comestibles para el bosque seco tropical. **Fruits**, v. 49, n. 1, p. 47-60, 1994.
- HALLMARK, W.; BEVERLY, R.; SUMNER, M. E.; DEMOY, C.; MORRIS, H.; PESEK, J.; FONTENOT, J. Soybean phosphorus and potassium requirement evaluation by three M-DRIS data bases. **Agronomy Journal**, v. 82, p. 323-328, 1990.
- HAMEL, CH.; FURLAN, V.; SMITH, D. Mycorrhizal effects on interspecific plant competition and nitrogen transfer in Legume-grass mixtures. **Crop Science**, n. 32, p. 991-996, 1992.
- HARTZ, T. K.; MIYAO, E. M.; VALENCIA, J. G. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato. **Hortscience**, v. 33, n. 5, p. 830-832, 1998.
- HEGDE, D.M.; SRINIVAS, K. Effect of soil moisture stress on fruit growth and nutrient accumulation in Banana cultivar 'Robusta'. **Fruits**, v. 44, n. 3, p. 135-138, 1989.

- HOCKMAN, J.; BURGER, J.; SMITH, D. A DRIS application to fraser fir christmas trees. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 20, n. 3/4, p. 305-318, 1989.
- HOLLAND, D.A. The interpretation of leaf analysis. **Journal of Horticultural Science**, v. 41, p. 311-329, 1966.
- HOLLAND, D.A. Component analysis: An aid to the interpretation of data. **Experimental Agriculture**, v. 5, p. 151-164, 1969.
- INSTITUTO AGRONÓMICO CAMPINAS. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas; Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285p.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. Madison: Prentice Hall International., 1995. 607 p.
- JONES, C.; BOWEN, J. Comparative DRIS and crop log diagnosis of sugarcane tissue analysis. **Agronomy Journal**, v. 73, p. 941-944, 1981.
- JONES, M.; SINCLAIR, A. Application of DRIS to White clover based pastures. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 22, p. 1895-1918, 1991.
- JONES, C. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, n. 8, p. 785-794, 1981.

KIJESWSKI, J.; COLINA, J.; SLEEGMAGER, P.; MADERO, .O.; BOJANOWSKI, Z.
Estudio de suelos semidetallado, sector rio Mucujepe- rio Escalante. Zona Sur del Lago de Maracaibo. Maracaibo:MARNR, 1981. 278 p. (Serie Informes Técnicos Zona 5-IT-156.)

LACHICA, M. Estudio sobre la determinación de boro en plantas con azometina-H. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON THE CONTROL OF PLANT NUTRITION, 4., Gent, 1976. **Proceeding.** Gent: A. Cottenie, 1976. v. 2. p. 53-61.

LAHAV, E. Banana Nutrition. In: GOWEN, S. (Ed.) **Bananas and Plantains.** London: Chapman & Hall, 1995. cap. 10, p. 259-316.

LAHAV, E.; TURNER, D. W. **Fertilising for high field banana.** Berne/ Switzerland: International Potash Institute, 1983. 62 p. (IPI-Bulletin, 7.)

LANGENEGGER, W.; DU PLESSIS, S.F. The determination of the nutritional status of 'dwarf Cavendish' bananas in South Africa. **Fruits**, v. 32, n. 12, p. 711-724, 1977.

LEANDRO, W. M.; ALMEIDA NETO, J. X.; OLIVEIRA DE, J. P.; OLIVEIRA, S. A.; CHITOLINA, J. C. Sistema integrado de diagnóstico e recomendação para a cultura da soja. I. Obtenção dos níveis de suficiência para nutrientes nas análises foliares e de terra (compact disc). In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., Temuco, Chile, 1999. **Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo.** Temuco, Chile:SCCS/SLCS, 1999.

LETZSCH, W. S.; SUMNER, M. E. Effect of population size and yield level on selection of Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) norms. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 15, p. 997-1006, 1984.

- LÓPEZ G. O. E Contribuição ao estudo das relações entre zinco e o fósforo na nutrição das plantas. Piracicaba, 1972. 44 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- LÓPEZ, M. A.; ESPINOSA, J. **Manual de nutrición y fertilización del banano**. Quito, Ecuador:INPOFOS,. 1995. 82 p.
- LOZANO, F. C.; HUYNH, K. D. Foliar diagnosis of sugar maple decline by DRIS. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 20, n. 17/ 18, p. 1895-1914, 1989.
- LUCENA, J. J. Methods of diagnosis of mineral nutrition of plant. A critical review. **Acta Horticulturae**, v. 448, p. 179-192, 1997.
- MACKAY, D. C.; CAREFOOT, J. M.; ENTZ, T Evaluation of the DRIS for assessing the nutritional status of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 18, n. 12, p. 1331-1353, 1987.
- MACY, P. The quantitative mineral requirements of plants. **Plant Physiology**, v. 11, p. 749-764, 1936.
- MAMARIL, C. P. International and national cooperation in long-term coordinated schemes of experimentation on fertilizer. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE HELD, 19., Bangkok, 1985. **Potassium in the Agricultural systems of the humid tropics**. Bern/Switzerland:International Potash Institute, 1985. p. 335-344.
- MALAKOUTI, M. Determining of the diagnostic norms for corn on the calcareous soils of Iran. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 23, n. 17/ 20, p. 2687-2695, 1992.

MALAVOLTA, E. A diagnose foliar - passado, presente e futuro (compact disc). In: SIMPÓSIO SOBRE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE CULTURAS, Piracicaba, 1999. **Anais**. Piracicaba: POTAFOS/PPI, 1999.

MALAVOLTA, E.; OLIVEIRA, S. A.; VITTI, G. The use of diagnosis recommendation integrated system (DRIS) to evaluate the nutritional status of healthy and blight affected citrus trees. In: OPTIMIZATION OF PLANT NUTRITION, **Optimization of Plant Nutrition**. Netherlands: Kluwer Academic, 1993. p. 157-159.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S. A. DE. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Principios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 320p.

MARTIN-PRÉVEL, P.; LACOEUILHE, J. J.; MARCHAL, J. Orientations du diagnostic foliare de bananier. **Fruits**, v. 24, n. 3, p. 153-161, 1969.

MARCHAL, J.; MARTIN-PEVEL, P.; MELIN, Ph. Le soufre et le bananier. **Fruits**, v. 27, n. 3, p. 167-177, 1972.

MARTIN-PRÉVEL, P. La nutrition minerale du bananier dans le monde. Première partie. **Fruits**, v. 35, n. 9, p. 503-518, 1980a.

MARTIN-PRÉVEL, P. La nutrition minerale du bananier dans le monde. Deuxième partie. **Fruits**, v. 35, n. 10, p. 583-593, 1980b.

MARTIN-PRÉVEL, P. Exigências nutricionais da bananicultura. In: SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1., , Jaboticabal, 1984. **Anais**. Jaboticabal: UNESP, 1984. p. 118-134.

- MELSTED, S. W.; MOTTO, H. L.; PECK, T. R. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant análisis data. **Agronomy Journal**, v. 61, p. 17-20, 1969.
- MONGE, E.; MONTAÑEZ, L.; Val, J.; Sanz, M. A comparative study of the DOP and the DRIS Methods, for evaluating the nutritional status of peach trees. **Acta Horticulturae**, v. 383, p. 191-199, 1995.
- MONTAÑEZ, L.; MONGE, E.; VAL, J.; SANZ, M. Interpretative possibilities of plant analysis by the DOP index. **Acta Horticulturae**, v. 383, p. 165-171, 1995.
- NAVA, C. El plátano. Su cultivo en Venezuela. Maracaibo, Venezuela: Astro Data, 1997. 136p.
- NAVABZDEH, M.; MALAKOUTI, M. Development of DRIS norms for potato in the calcareous soils of Iran. **Journal of Plant Nutrition**, v. 16, p. 1409-1416, 1993.
- NELSON, L. **Estadística en la investigación del uso de fertilizantes**. Quito, Ecuador: INPOFOS, 1999. 66p.
- NOGUEIRA DA COSTA, A.; BRAGANÇA, S. M.; DESSAUNE, N. Uso do DRIS na avaliação nutricional do cafeeiro Conilon (*Coffea canéfora*) no estado do Espírito Santo. (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 16., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro:SBSC, 1997.
- NEEDHAM, T. D.; BURGER, J. A.; ODERWALD, R. G. Relationship between Diagnosis And Recommendation Integrated System (DRIS) optima and foliar nutrient critical levels. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, p. 883-886, 1990.

- OLIVEIRA, S. A. Obtenção do níveis ótimos de nutrientes na planta e no solo por meio do DRIS. (compact disc). In: SIMPÓSIO SOBRE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE CULTURAS, Piracicaba, 1999. **Anais**. Piracicaba:POTAFOS/PPI, 1999.
- OVALLES, F.A.; COLLINS, M.E. Variability of Northwest Florida soils by principal component Analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, p. 1430-1435, 1988.
- PARENT, L.E.; GRANGER, R. L. Derivation of DRIS norms from a high density apple orchard established in the Quebec Appalachian Mountains. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 114, p. 915-919, 1989.
- PARENT, L.E.; DAFIR, E. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 117, n. 239-242, 1992.
- PARENT, L.E.; KARAM, A.; VISSER, S.A. Compositional nutrient diagnosis of the greenhouse Tomato. **HortScience**, v. 28, n. 10, p.1041-1042, 1993.
- PARENT, L.E.; CAMBOURIS, A.N.; MUHAWENIMANA, A. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1432-1438, 1994 a.
- PARENT, L.E.; ISFAN, D.; TREMBLAY, N.; KARAM, A. Multivariate nutrient diagnosis of the carrot crop. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, n. 3, p. 420-426, 1994b.
- PARENT, L.E.; POIRIER, M.; ASELIN, M. Multinutrient diagnosis of nitrogen status in plants. **Journal of plant nutrition**, v. 18, n. 5, p. 1013-1025, 1995.

- PIMENTEL GOMES, F.; CONAGIN, A. Experimentos de adubação: Planejamento e análise estatística. In: OLIVEIRA, A. J. DE; GARRIDO, W. E.; ARUJO, J. D.; LOURENÇO, S.(Ed.). **Metodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA, 1991. cap. 4, p.103-188.
- PREVOT, P.; OLLAGNIER, M. Método de utilización do diagnóstico foliar. **Fertilité**, v. 2, p. 3-12, 1957.
- RAFTHON, R. A.; BURGER, J. A. Diagnosis and recomendation integrated system modifications for frases christmas trees. **Soil Science Society of American Journal**, v. 55, p. 1026-1031, 1991.
- RAGHUPATHI, H. B.; BHARGAVA B. S. Preliminary nutrient norms for “Alphonso” mango using diagnosis and recommendation integrated system. **Indian Journal of Agricultural Science**, v. 69, p. 648-650, 1999.
- RAGHUPATHI, H.B.; REDDY, B.M.; Srinivas. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in banana. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 13/14, p. 2131-2143, 2002.
- REUTER, D.; ROBINSON, J. **Plant Analysis**. Melbourne, Sydney: Inkata press, 1988. 217p.
- REIS, R.A. dos. DRIS norms universality in the corn crop. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 5/6, p. 711-735, 2002.
- RIGHETTI, T. L.; ALKOSHAB, O.; WILDER, K. Diagnostic biases in DRIS evaluations in sweet cherry and hazelnut. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1429-1447, 1988a.

- RIGHETTI, T. L.; ALKOSHAB, O; WILDER, K. Verifying critical values from DRIS norms. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1449-1466, 1988b.
- RODRÍGUEZ, G. M. Estudios preliminares sobre nutrición con potasio de los bananos de América Central. **Fruits**, v. 35, n. 5, p. 283-291, 1980.
- RODRÍGUEZ, O.; ROJAS E.; SUMNER, M. E. Valencia orange DRIS norms for Venezuela. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 28, p. 1461-1468, 1997.
- RODRÍGUEZ, V.; RODRÍGUEZ, O. Normas foliares DRIS para el diagnóstico nutricional del plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón). **Revista de la Facultad de Agronomía, LUZ**, v. 14, p. 285-296, 1997.
- RODRÍGUEZ, V.; BAUTISTA, D.; RODRÍGUEZ, O.; DÍAZ, L. Relación entre el balance nutricional y la biometría del plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón) y su efecto sobre el rendimiento. **Revista de la Facultad de Agronomía, LUZ**, v. 16, p. 425-432, 1999.
- ROSSI, N. Nutritional status of high yield corn. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON THE CONTROL OF PLANT NUTRITION, 4., Gent, 1976. **Proceeding 4., International Colloquium on the Control of Plant Nutrition**. Gent: A. Cottenie, 1976. v. 2. p.521-530..
- SANZ, M. Evaluation of interpretation of DRIS system during growing season of the Peach tree: Comparison with DOP metod. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 30, n. 7/8, p. 1925-1036, 1999.

- SAVOY, H.; ROBINSON, D. Norm range size effects in Calculating Diagnosis and Recommendation Integrated System Indices. **Agronomy Journal**, v. 82, p. 592-596, 1990.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (Complete samples). **Biometrika**, v.52, n. 2/3, p. 591-611, 1965.
- SINGH, N.P.; AWASTHI, R.P.; SUD, A. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms for apple (*Malus x Domestica* Borkh. L. Cv. Starking Delicious) in imachal Pradesh. **The Indian Journal of Horticulture**, v. 3, p. 196-204, 2000.
- SCHALLER, H.; LÖHNERTZ, O.; MICHEL, H. Improvements of the DRIS system and firsts experiences in grapevine nutrition with special consideration of the compositional nutrient diagnosis approach. **Acta Horticulturae**, v. 383, p.171-189, 1995.
- SUMNER, M. E. Applications of Beaufils diagnostics indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. **Plant and Soil**, v. 46, p. 359-369, 1977a.
- SUMNER, M. E. Preliminary N, P and K foliar diagnosis norms for soybean. **Agronomy Journal**, v. 69, p. 226-230, 1977b.
- SUMNER, M. E. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca and Mg content on calculated DRIS indices. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 8, p. 269-280, 1977c.

- SUMNER, M.E. Use of the DRIS systems in foliar diagnosis of crops at high yields levels. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 8, n. 3, p. 251-268, 1977d.
- SUMNER, M. The use and misuse of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) in foliar diagnosis. (compact disc). In: SIMPÓSIO SOBRE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE CULTURAS, Piracicaba, 1999 **Anais**. Piracicaba:POTAFOS/PPI, 1999.
- SZCÜCS, E.; KÁLLAY, T.; SZENCI, G. Determination of DRIS indices for Apple (*Malus domestica* Borkh). **Acta Horticulturae**, v. 274, p.443-447, 1990.
- SZCÜCS, E.; KÁLLAY, T. Determination of fruiting capacity of apple trees (*Malus domestica*) by DRIS. IN: PLANT NUTRITION-PHYSIOLOGY AND APPLICATION, Nertherlands, 1990. **Plant Nutrition-Physiology and Application**. Nertherlands:Kluwer Academic , p. 717-721, 1990.
- TWYFORD, I. T.; COULTER, J. K. Foliar diagnosis in banana fertiliser trials. In: COLOQUIUM PLANT ANALYSIS AND FERTILIZER PROBLEMS, 4., Brussels, 1962. **Plant Analysis and Fertilizer Problems**. New York:W. F. Humphrey Press, 1964. v. 4, p. 357-370.
- TWYFORD, I.T.; WALMSLEY, D. The mineral composition of the robusta banana plant. **Plant and Soil**, v. 39, p. 227-243, 1973.
- ULRICH, A. Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants. **Annais Review of plant physiology**, v. 3, p. 207-228, 1952.

- WADT, P.; NOVAIS, R.; ALVAREZ V.; FONSECA, S.; BARROS, N.; DIAS L. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira da Ciencia do Solo**, v. 22, p. 661-666, 1998a.
- WADT, P.; NOVAIS, R.; ALVAREZ V.; FONSECA, S.; BARROS, N. Valores de referencia para macronutrientes em eucalipto obtidos pelos métodos DRIS e chance matemática. **Revista Brasileira da Ciencia do Solo**, v. 22, p. 685-692, 1998b.
- WADT, P. G. S; NOVAIS, R. F DE; VENEGAS, V. H. A; BRAGANÇA, S. M. Alternativa de aplicação do DRIS à cultura de Café Conilon (*Coffea canephora* Pierre). **Scientia Agrícola**, v.56, n. 1, p. 83-92, 1999.
- WALWORTH, J.; SUMNER, M. E. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). **Advanced in Soil Science**, v. 6, p. 149-188, 1987.
- WARNER, R.M.; FOX, L.M. Nitrogen and Potassium Nutrition of Giant Cavendish Banana in Hawaii. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.102, n. 6, p.739-743, 1977.
- WOOD, J. The mathematical expression of crop response to inputs. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 15., Wageningen, 1980. **Physiological Aspects of Crops Productivity**. Bern:Der Bund AG, 1980. p. 263-270.
- WORTMANN, C.; KISAKYE, J.; EDJE, O. The diagnosis and recommendaton integrated system for dry bean-determination and validation of norms. **Journal of Plant Nutrition**, v. 15, p. 2369-2379, 1992.

ANEXO

ANEXO A

Numero de amostras e localização relativa das lavouras amostradas.

Lavoura(*)	1er amostragem	2do amostragem	Localização
Trinidad	-----	39	0982843 N 209284 E
Janeiro	42	34	
Bella Vista	46	42	0978199 N 203804 E
Fortuna	18	33(**)	0989514 N 208277 E

(*)Plano de adubação: 200 g sulfato de amônio

200 g 12-12-17/2

(**) Roubadas todas. Nas restantes lavouras e amostragem, perderão-se o 39 %, principalmente por chuvas torrenciais no segundo amostragem.