



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DRIS E NÍVEIS DE SUFICIÊNCIA NA DIAGNOSE NUTRICIONAL DA CANA-
DE-AÇÚCAR ORGÂNICA EM GOIATUBA, GOIÁS**

MARIEL FERNANDA CAMARGO

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Vladia Correchel

Fevereiro - 2014

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☐ Dissertação ☒ Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

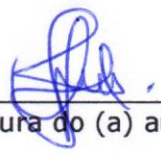
Nome completo do autor: Mariel Fernanda Camargo

Título do trabalho: DRIS E NÍVEIS DE SUFICIÊNCIA NA DIAGNOSE NUTRICIONAL DA CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA EM GOIATUBA, GOIÁS

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do (a) autor (a)

Data: 24 / 03 / 2017

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita

MARIEL FERNANDA CAMARGO

**DRIS E NÍVEIS DE SUFICIÊNCIA NA DIAGNOSE NUTRICIONAL DA CANA-
DE-AÇÚCAR ORGÂNICA EM GOIATUBA, GOIÁS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração: Solo e Água.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Vladia Correchel

Goiânia, GO - Brasil
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

CAMARGO, MARIEL FERNANDA
DRIS E NÍVEIS DE SUFICIÊNCIA NA DIAGNOSE NUTRICIONAL
DA CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA EM GOIATUBA, GOIÁS [manuscrito]
/ MARIEL FERNANDA CAMARGO. - 2014.
LXXVII, 77 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. VLADIA CORRECHEL.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Cidade de
Goiás, 2014.

Bibliografia. Anexos.
Inclui lista de figuras, lista de tabelas.

1. agricultura orgânica. 2. estado nutricional. 3. deficiência. 4. níveis
críticos. 5. faixas de suficiência. I. CORRECHEL, VLADIA, orient. II.
Título.

CDU 631/635



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS



ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE MARIEL FERNANDA CAMARGO - Aos vinte e oito dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e quatorze (28.02.2014), às 08h00min, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof^ª. Vladia Correchel - Orientadora/Presidente, Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro, Prof. Dr. Rilner Alves Flores, Dr^ª. Nara Rúbia de Moraes Arantes e Prof^ª. Dr^ª. Luciana Domingues Bittencourt Ferreira, para, em sessão pública realizada no Auditório do PPGA da EA/UFV, procederem à avaliação da defesa de Tese intitulada: **"DRIS e Níveis de Suficiência na Diagnose Nutricional da Cana-de-Açúcar Orgânica em Goiatuba, Goiás"**, de autoria de **Mariel Fernanda Camargo**, discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, na área de concentração em **Solo e Água**, em nível de **Doutorado**, da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Prof^ª. Dr^ª. Vladia Correchel, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a autora da Tese que, em 40 minutos, apresentou o seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu a examinanda, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com a Resolução nº 1051, de 09.09.2011 do CEPEC - Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura, que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronomia, e desde que procedidas às correções recomendadas, a Tese será considerada **APROVADA** pela Banca Examinadora, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOUTORA EM AGRONOMIA**, na área de concentração em **SOLO E ÁGUA**, pela Universidade Federal de Goiás. A doutoranda deverá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar a versão definitiva da Tese à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da defesa. A conclusão do curso e a emissão do diploma dar-se-ão após o cumprimento do Artigo 69, § 1º e § 2º, da Resolução CEPEC nº 1051, de 09.09.2011. A Banca Examinadora recomenda a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa Tese, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de efetuadas as modificações sugeridas. No caso da discente titulada não providenciar a publicação de seu trabalho final em forma de artigo(s) científico(s) no prazo de seis meses, após a data da defesa, serão aplicados os dispositivos do Artigo 70, § 1º e § 2º, da mesma Resolução. Cumpridas as formalidades de pauta, às 15h11min a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Tese e, para constar eu, Welinton Barbosa Mota, Secretário do PPGA, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, segue assinada pelos membros da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.

Prof^ª. Dr^ª. Vladia Correchel
Presidente da Banca – EA/UFV

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro
Membro – EA/UFV

Prof. Dr. Rilner Alves Flores
Membro – EA/UFV

Dr^ª. Nara Rúbia de Moraes
Membro – EA/UFV

Prof^ª. Dr^ª. Luciana Domingues B. Ferreira
Membro – Uni-Anhanguera

A DEUS,

*A minha amada filha,
Eloá Camargo, pelo amor
encontrado em seus olhos em
cada amanhecer.*

*Ao meu amado,
Luciano Vieira, pela dedicação,
compreensão e solidariedade.*

Ofereço e Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Goiás, pela realização do curso.

A minha orientadora, professora Dr^a. Vladia Correchel, pela competência e determinação na orientação, pela paciência nos ensinamentos e solidariedade, minha admiração, respeito, o meu muito obrigada;

Ao Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro pelo tempo concedido e contribuição na orientação e ensinamentos.

A Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia;

Aos professores da Pós-graduação em Agronomia da UFG, que de várias formas enriqueceram o meu conhecimento e foram guias na condução deste trabalho;

Aos membros da banca examinadora, Dr^a Nara Rubia de Moraes Arantes, Dr^a Luciana Domingues Bittencourt Ferreira, Dr. Rilner Alves Flores, Dr.^a Vladia Correchel e Dr. Wilson Mozena Leandro pelo tempo concedido, paciência e colaboração.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

À minha amiga Nara Rúbia de Moraes Arantes pelo apoio e amizade em todos os momentos;

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!!!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
RESUMO GERAL	9
GENERAL ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 AGRICULTURA ALTERNATIVA.....	13
2.1.1 A agricultura orgânica no Brasil.....	14
2.1.2 Cana-de-açúcar orgânica e a sustentabilidade do setor sucroalcooleiro.....	16
2.2 FONTES DE MATERIA ORGÂNICA NA AGROINDÚSTRIA DA CANA- DE-AÇÚCAR... ..	18
2.3 NUTRIÇÃO MINERAL DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	20
2.4 MÉTODOS DE INTERPRETAÇÃO DE ANÁLISES DE SOLO E FOLHA.....	23
2.4.1 Obtenção das normas DRIS.....	26
3 DIAGNOSE NUTRICIONAL DE LAVOURAS COMERCIAIS DE CANADE-AÇÚCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO EM GOIATUBA, GO	28
RESUMO	28
ABSTRACT	29
3.1 INTRODUÇÃO	30
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.2.1 Amostragem da Produtividade.....	33
3.2.2 Análise Estatística	34
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.4 CONCLUSÕES	42
4 SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO (DRIS) PARA A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA EM GOIATUBA, GOIÁS	44
RESUMO	44
ABSTRACT	45
4.1 INTRODUÇÃO	45
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	46
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.3.1 Normas	49
4.3.2 Interpretação do Índices DRIS.....	54

4.4	CONCLUSÕES	59
5	CONCLUSÕES GERAIS	60
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
7	ANEXOS	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1.	Classes de interpretação para P Mehlich 1, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Mg, CTC, V%, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise de terra.....	32
Tabela 3.2.	Faixas de teores adequados de macro e micronutrientes para folhas de cana-de-açúcar descritos em Malavolta et al. (1997).....	33
Tabela 3.3.	Valores mínimos, máximos, médias, coeficientes de variação (CV) e Teste W para P Mehlich 1, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Mg, CTC, V%, Cu, Fe, Mn e Zn do solo de 128 pontos de amostragem em áreas de cana orgânica em Goiatuba, GO.....	36
Tabela 3.4.	Distribuição de frequência para as variáveis, P Mehlich-1, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Mg, CTC, V%, Cu, Fe, Mn e Zn do solo de 128 pontos de amostragem em áreas de cana orgânica em Goiatuba, GO	37
Tabela 3.5.	Matriz dos coeficientes de correlação linear entre as variáveis (Var.) na análise de solo para cultura da cana-planta orgânica, em 128 pontos de amostragem no município de Goiatuba, GO	39
Tabela 3.6.	Valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (CV) e teste W para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn de folhas de cana orgânica em 128 pontos de amostragem em Goiatuba, GO	40
Tabela 3.7.	Distribuição de frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtida pela análise de foliar em 128 pontos de amostragem de folhas de cana-planta orgânica no município de Goiatuba, GO	42
Tabela 3.8.	Matriz dos coeficientes de correlação linear entre os parâmetros de análise de folhas de cana orgânica de 128 pontos de amostragem em Goiatuba, GO	42
Tabela 4.1.	Normas para as variáveis da análise de folha e suas relações dois a dois utilizadas para o cálculo dos índices DRIS no município de Goiatuba GO e a comparação com as normas segundo Reis Júnior (1999) para cultura da cana-de-açúcar orgânica.....	49
Tabela 4.2.	Equações de regressão polinomial entre a concentração da variável (Y) e o seu índice DRIS (X) na análise foliar, coeficiente de regressão (r^2), Nível de Suficiência Regional (NS), e teste F para cana planta orgânica em Goiatuba,GO.....	57
Tabela 4.3.	Faixas de suficiência dos principais nutrientes foliares para o cana-de-açúcar orgânica determinados com o uso do desvio padrão da população de alta produtividade, estabelecidas pelo método DRIS, na região de Goiatuba, GO, comparadas com a faixa de suficiência recomendada por Malavolta et al. (1997).....	58

LISTA DE FIGURAS

- Figura 4.1.** Resumo da interpretação dos índices DRIS mais negativos para as variáveis foliares para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana planta (normas com produtividade maior que 140 Mg ha^{-1}), para as safras 2009/2010 e 2010/2011, no município de Goiatuba, Goiás.. 55
- Figura 4.2.** Resumo da interpretação dos índices DRIS mais positivos para as variáveis foliares para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana planta (normas com produtividade maior que 140 Mg ha^{-1}), para as safras 2009/2010 e 2010/2011, no município de Goiatuba, GO..... 56

RESUMO GERAL

CAMARGO, M. F. **Drís e Níveis de Suficiência na Diagnose Nutricional da Cana-de-açúcar Orgânica em Goiatuba, Goiás**. 2014. 77 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.¹

A agricultura orgânica vem conquistando espaço no cenário agrícola mundial. Diante do interesse e da perspectiva de crescimento deste mercado, o Brasil vem desenvolvendo uma infraestrutura, a qual permitirá a disputa pela liderança neste setor tão dinâmico do mercado mundial. Ao se implementar o cultivo orgânico da cana-de-açúcar, far-se-á necessário um melhor entendimento da dinâmica nutricional desta cultura, afim de embasar os procedimentos de adubação dos canaviais. Frente a esta nova situação de avanço do setor sucroalcooleiro associado à agricultura orgânica, a presente pesquisa objetivou estabelecer níveis críticos e normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) em áreas comerciais de produção de cana-de-açúcar orgânica na região de Goiatuba-GO. O trabalho foi desenvolvido na usina Goiasa, em Goiatuba-GO. Foram coletadas amostras de solo e foliares em canaviais orgânicos nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Os dois anos de coletas totalizaram 128 pontos amostrados em áreas de cana-planta. Os dados foram tabulados, analisados pelo método dos Níveis Críticos ou Faixas de Suficiência, e pelo DRIS. Os resultados mostram carência em pesquisas que estabeleçam critérios regionais de adubação, como é o caso da cultura da cana-de-açúcar. Os métodos DRIS e Níveis Críticos apresentaram diferenças entre os diagnósticos de deficiência e excesso de nutrientes na cultura. O método DRIS indicou a necessidade de se monitorar a aplicação de vinhaça e torta de filtro na cultura da cana-de-açúcar uma vez que o solo encontra-se com elevados teores de K e dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn ficando a ordem de limitação por excesso nesta área de $Fe = Mn > pH > Cu > V\% > Zn$. O DRIS estabeleceu critérios regionais de faixas de suficiência para o ciclo cana-planta para a cultura da cana-de-açúcar orgânica para a variável folha. Foram observadas que as pesquisas na área da fertilidade e adubação dos solos do Cerrado podem trazer ganhos maiores à cultura da cana-de-açúcar orgânica, seja por aumentos na produção, pela otimização no uso dos insumos orgânicos e pela preservação dos recursos naturais.

Palavras-chave: fertilidade, agricultura orgânica, estado nutricional.

¹ Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Vladia Correchel - EA/UFG.

GENERAL ABSTRACT

CAMARGO, M. F. **DRIS and Levels of Adequacy in Nutritional Diagnosis of Organic Cane Sugar in Goiatuba, Goiás**. 2014. 77 f. Thesis (Doctor in Agronomy: Soil and Water) –School of Agronomy, Federal University of Goiás, Goiânia, 2014.¹

Organic farming is conquering ground in the global agricultural scenario. Given the interest and growth potential of this market, Brazil has developed an infrastructure, which will allow the contest for leadership in this very dynamic sector of the world market. When implemented organic cultivation of cane sugar, will be necessary to make itself a better understanding of the nutritional dynamics of this culture in order to base the procedures fertilization of sugarcane. Faced with this new situation of advance the sugarcane sector associated with organic agriculture, this research aimed to establish critical levels and DRIS norms for the culture of sugarcane (*Saccharum officinarum*) in commercial production areas of cane sugar organic in area of Goiatuba-GO. The study was conducted at the plant Goiasa in Goiatuba-GO. Soil and foliar samples were collected from organic sugarcane harvests in 2009/2010 and 2010/2011. The two years of collection totaled 128 points sampled in areas of plant cane. The data were tabulated, analyzed by the method of Critical Levels or Tracks Sufficiency, and the DRIS. The results demonstrate lack in researches that establish regional criteria of fertilization, such as the cultivation of cane sugar. Critical Levels and DRIS method showed differences between the diagnoses of disability and excess nutrients in the culture. The method DRIS indicated the need to monitor the application of vinasse and filter cake in the culture of cane sugar since the soil is with high contents of K and micronutrients Fe, Mn, Cu and Zn getting the order of limitation for excess in this area of Fe = Mn > pH > Cu > V% > Zn. The DRIS established regional criteria of sufficiency ranges for cycle plant cane for cane cultivation of organic sugar for the sheet variable. We observed that research in the area of fertility and fertilization of Cerrado soils can bring greater gains for the cultivation of cane sugar organic, either by increased production, by optimizing the use of organic inputs and the preservation of natural resources.

Key words: fertility, organic agriculture, nutritional status.

¹ Adviser: Prof^ª. Dr^ª. Vladia Correchel - EA/UFG.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Desde a introdução no Brasil, a cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) tornou-se destaque nas atividades agrícolas de expressão sócio-econômica, tanto para comércio interno como exportações, atingindo índices máximos após a implantação do Programa Nacional do Álcool (Pró-álcool), que proporcionou significativo aumento na área de produção, em todo o país (Andrade, 1985).

A demanda por biocombustíveis como alternativa energética renovável tem contribuído para expansão sucroalcooleira no Brasil, que ocupa atualmente a posição de maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Segundo o último levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014) estima-se que a produção de cana-de-açúcar na safra 2013/2014 será de 653 milhões de toneladas, o que corresponde a um aumento de 6,88% em relação a safra anterior 2012/2013.

O uso intensivo da cana-de-açúcar como elemento de base para a produção do açúcar e do álcool, aliado à condição climática e outros fatores ambientais, confere diferenciais à produtividade e à qualidade dos produtos brasileiros frente a alternativas estrangeiras, as quais se utilizam de outros insumos, como o milho ou a beterraba.

Em Goiás, a área plantada na safra 2013/2014 é de 818,39 mil ha de cana-de-açúcar e 61,26 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 74,86 t ha⁻¹ (CONAB, 2014).

O aumento populacional acelerado, iniciado a partir das últimas décadas e, consequente aumento da demanda por alimentos no mundo, levou ao homem à incorporação de novas áreas à agricultura e, sobretudo, a buscar o aumento de produtividade das culturas. O manejo intenso das áreas agrícolas e as mudanças climáticas despertaram a preocupação da necessidade de adoção de modelos de produção menos agressivos ao meio ambiente, que passou a ser a tônica de muitas discussões e interesse de muitos autores após os anos 90 do século XX (Pacheco, 2009).

A demanda mundial de alimentos orgânicos mostrou um crescimento rápido e acelerado num momento em que todos os mercados agrícolas mostram sinais de saturação (Sloan, 2002). O agronegócio brasileiro de cana-de-açúcar vem se tornando cada vez mais competitivo e com elevada taxa de crescimento em todo o País, consolidando o Brasil

como um dos mais importantes produtores mundiais dessa cultura. Na região Centro-Oeste, o estado de Goiás apresenta-se como grande produtor de açúcar e álcool.

Apesar de o Brasil ser o país de maior produção mundial de cana-de-açúcar, ainda há vários problemas a serem solucionados, notadamente quanto ao manejo da adubação tanto na elevação do patamar de produtividade, como os estudos ambientais. A necessidade da cana-de-açúcar por nutrientes é suprida pelo fornecimento de fertilizantes. Desse modo, se pode presumir que, em diversas condições esses fertilizantes ora sejam subestimados ora sejam superestimados. Com isso, o estudo da eficiência nutricional na cultura da cana-de-açúcar é de extrema importância, pois os solos tropicais, em geral, possuem baixa capacidade de fornecimento de nutrientes às plantas.

Outro fator favorável ao uso eficiente dos adubos deve-se à menor possibilidade de contaminação de lençol freático e, ou, cursos d'água decorrente do uso de quantidades excessivas de fertilizantes. Estas preocupações tornam-se mais importantes quando se refere ao produtor rural que atua no mercado competitivo de economia globalizada e sob altos custos de produção.

Neste sentido o sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) surge como uma ferramenta de interpretação dos resultados de análise foliar, que utiliza relações entre nutrientes comparados dois a dois com o intuito de aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes aplicados no solo e, assim, reduzir o custo com a produção. Desta forma, o sistema se fundamenta na premissa de que as relações entre nutrientes podem influenciar a disponibilidade de um nutriente em relação aos outros (Beaufils, 1973).

Na região do Cerrado, particularmente em Goiás, pesquisas usando o método DRIS para algumas culturas têm sido desenvolvidas, tais como a de Leandro (1998), que estabeleceu normas DRIS para a cultura da soja em Rio Verde-GO; Oliveira (2002) para a soja na região de Goianésia-GO; Cunha (2005), para cultura do milho em Goianésia-GO; Ferreira (2007) para tomate industrial na região de Goiânia-GO, Souza (2009) para cultura do algodão em Silvânia-GO e Gonçalves (2012) para a cultura da cana-de-açúcar orgânica em Goianésia-GO.

Com uso do DRIS para a cultura da cana-de-açúcar orgânica torna-se possível estabelecer critérios regionais para a cultura, tornando os programas de adubação mais eficientes. Neste contexto, o objetivo geral do trabalho é estabelecer níveis críticos e normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) em áreas comerciais de produção de cana-de-açúcar orgânica na região de Goiatuba-GO.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AGRICULTURA ALTERNATIVA

Segundo Souza (2000), a agricultura alternativa se caracteriza pelo uso da matéria orgânica e práticas culturais que favorecem os processos biológicos. O marco inicial ocorre na década de 1920 e esses movimentos estão classificados em quatro principais vertentes: a Agricultura Biodinâmica, que teve origem na Europa, em 1924; a Agricultura Orgânica, que surgiu na Inglaterra em 1925 e se estendeu para os Estados Unidos em 1940; a Agricultura Biológica, que nasceu na Suíça em 1930 e se difundiu na França; e a Agricultura Natural, originária do Japão, que data de 1935.

Em meados dos anos 1990, surge, na América Latina, a Agroecologia, definida como um conjunto de técnicas que visam reduzir a dependência de energia externa e o impacto ambiental, com o objetivo de produzir alimentos saudáveis e naturais, isentos de agrotóxicos e adubos químicos solúveis, tendo como princípio básico o uso racional dos recursos naturais, além de manifestar sua preocupação com o trabalhador rural, sua família, suas raízes (AMBIENTE BRASIL, 2006).

O *marketing* relacionado com produtos orgânicos é feito por todos os grupos ambientalistas do mundo, despertando o interesse de consumidores em adquirir produtos mais saudáveis. Quanto aos produtores, apresenta-se nova oportunidade de negócio, oferecendo expectativa de maior lucratividade e possibilidade de permanecer no campo, com qualidade de vida (Zambolim, 2000).

Para Aguiar (2002), a adoção do sistema orgânico de produção promove a melhoria do solo, maior biodiversidade, a volta de pequenos animais e aves, uma menor dependência externa e, principalmente, melhorias para o homem, pois segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) (1996), o uso intensivo de pesticidas na agricultura tem provocado envenenamentos da ordem de três milhões de pessoas por ano em todo o mundo.

Para se obter produtos orgânicos faz-se necessário um equilíbrio natural do solo. Segundo Primavesi (1980), nada consegue substituir o efeito da matéria orgânica. A

adubação mineral, por mais completa que seja nunca conseguirá manter a produtividade do solo, sem que exista o retorno sistemático da matéria orgânica. A autora afirma que, o retorno da matéria orgânica na superfície do solo renova sua estrutura grumosa, protege sua superfície do impacto das chuvas e impede o aquecimento excessivo do solo – fatores fundamentais para a manutenção da produtividade.

Darolt (2002) salienta que, na agricultura orgânica, o solo é considerado um organismo vivo e constitui a base de sustentação do sistema e não apenas mero suporte mecânico da planta, como na agricultura convencional. Os alimentos orgânicos são mais completos, mais resistentes pós-colheita, são colhidos sem serem forçados a crescer e a amadurecer antes do tempo, apresentam composição equilibrada e ausência de toxidade. Estas características contribuem para a melhoria da qualidade alimentar, uma vez que apresentam maior valor nutricional (Hamerschmidt et al., 2005).

Segundo Altieri (2002), uma das formas de melhorar a qualidade do solo é a adoção da prática de cultivo orgânico, as quais evitam ou praticamente excluem o uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos, procurando substituir insumos adquiridos por aqueles encontrados na propriedade ou próxima. Para Lima et al. (2007), esse tipo de cultivo favorece a recuperação das propriedades físicas e químicas, antes deterioradas pelo sistema de cultivo intensivo ou convencional.

2.1.1 A agricultura orgânica no Brasil

Em 1972, em Estocolmo, na Suécia, aconteceu a 1ª Conferência sobre o Meio Ambiente, que estabeleceu um marco a partir do qual inúmeras organizações se consolidaram. Novos eventos e manifestações em prol da vida ganharam forças e simpatizantes. Foi também neste período que, de acordo com Darolt (2000), os princípios da agricultura orgânica foram introduzidos no Brasil, fruto do repensar do sistema convencional adotado no sistema agrícola de produção.

As primeiras experiências foram realizadas em Botucatu, Estado de São Paulo, seguindo princípios da agricultura biodinâmica, e foram avançando lentamente. Em 1981, foi realizado, em Curitiba, o I Encontro Brasileiro de Agricultura Alternativa (EBAA), encontro que fortaleceu o movimento de defensores de práticas contrárias àquelas adotadas pela Revolução Verde (Tondo et al., 2013).

Lutzenberger (1985) já considerava que a agricultura orgânica apresentava boas perspectivas de desenvolvimento para nosso país e mostrava-se otimista em relação ao desenvolvimento de um modelo agrícola alternativo. Afirmava não conhecer nenhum país no mundo em que tivesse surgido entre os profissionais de agronomia a consciência existente no Brasil.

A agricultura orgânica vem conquistando espaço e tem sido tema de amplos debates em diversos lugares do planeta. Diante do interesse e da perspectiva de crescimento do mercado, os produtos orgânicos criaram um nicho de mercado muito peculiar (Tondo et al., 2013).

O Brasil está desenvolvendo infraestrutura, a qual permitirá que se dispute liderança neste setor tão dinâmico do mercado mundial. Polidoro (2006), já previa que em uma década, o Brasil poderia tornar-se o maior exportador de produtos orgânicos do mundo, com a vantagem de ter como base a agroecologia.

A legislação em vigor a partir de 2011 exige o registro do produtor no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para ser considerado como produtor orgânico certificado. Para obter essa certificação e o selo de garantia de produto orgânico, o interessado precisa cumprir um conjunto de rito legal estipulado pela Lei Federal 10.831/2003, regulamentada pelo Decreto Federal 6.323/2007, além das Instruções Normativas 19 e 50 de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

O Brasil é o terceiro maior produtor em área cultivada com orgânicos com 1,7 milhões de hectares (antecedido pela Austrália, com 12,02 milhões e Argentina, com 2,7 milhões de hectares) e 90 mil produtores tanto certificados quanto não-certificados (Projeto Organics Brasil, 2011).

De acordo com BRASIL (1983), o Brasil, fechou o ano de 2013 com 6.719 produtores orgânicos cadastrados e 10.064 unidades de produção orgânica em todo o país, e o Governo Brasileiro irá investir 8,8 bilhões nos próximos três anos, dos quais 7 bilhões serão disponibilizados ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF).

A consciência dessas implicações pode alterar esse quadro. De acordo com a Federação Internacional de Movimentos da Agricultura Orgânica (IFOAM 2013), apesar da desaceleração da economia européia - que é a maior consumidora do setor - entre o ano de 2011 e 2012, o mercado mundial de agricultura orgânica registrou crescimento de

aproximadamente 6,36%, sendo que de 1999 a 2012, a área destinada ao cultivo de alimentos orgânicos cresceu 300%, totalizando 3,7 milhões de hectares.

O crescimento da cultura canavieira em Goiás é determinado pelas características edafoclimáticas e agroclimáticas de adaptação da planta e pelas condições de mercado que cresceu em detrimento das novas demandas energias renováveis brasileiras (Macedo, 2005).

2.1.2 Cana-de-açúcar orgânica e a sustentabilidade do setor sucroalcooleiro

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ficando atrás, apenas, da Amazônia. Algumas características naturais podem ser depositadas a este bioma, principalmente as suas composições florísticas e fisionômicas que concentram, aproximadamente, 1/3 da biodiversidade brasileira e 5% da flora e fauna mundial. Diante desta expressiva importância mundial, o Cerrado retrata um ambiente de equilíbrio das condições biogeoquímicas do planeta, resultado para a população, uma importância secundária para o meio social (Chaves, 2003).

A legislação brasileira exige a manutenção de reservas naturais em 20% da área de qualquer propriedade privada (Lei 13.651/2012). Tais regras são criticadas por especialistas do setor, por (i) não darem tratamento diferenciado às áreas previamente deterioradas em comparação com áreas de mata natural preservada; (ii) não mencionarem a necessidade de criação de corredores de biodiversidade entre as reservas; e (iii) por não demandarem explicitamente a manutenção/recuperação de matas ciliares (no entorno dos rios e nascentes).

A formação histórica do país fez com que o Brasil chegasse a uma condição em que aproximadamente 35% do seu território esteja utilizado por pastagens, contra 7% de agricultura (Macedo, 2005). Entre 1992 e 2003, por exemplo, 94% da expansão das áreas cultivadas na região geoeconômica Centro-Sul ocorreram em torno das unidades produtoras já existentes, minimizando a destruição de biomas naturais como o Cerrado.

A eliminação da queimada (colheita da cana-de-açúcar crua) possibilita que as folhas sejam dispensadas no próprio local, a fim de aprimorar a renovação da matéria orgânica do solo, evitar a evaporação excessiva e reduzir a erosão.

Embora sejam historicamente aceitas, tais práticas vêm sendo cada vez mais questionadas. O trabalho no setor sucroalcooleiro é tido como um dos mais danosos ao

homem, de toda a agricultura. Segundo relatório do Fundo Mundial da Natureza (WWF 2008), a expectativa de vida dos trabalhadores rurais da cana-de-açúcar está entre as mais baixas das atividades agrícolas do mundo, havendo situações em que a remuneração mensal não é suficiente para a compra de alimento necessário para repor as calorias gastas na atividade de colheita.

O Estado de Goiás oficializou suas iniciativas de redução gradual das queimadas por meio da promulgação da Lei nº 15.834 de 2006, que considera as evoluções tecnológicas, a situação de emprego e as áreas de risco, e propõe a eliminação total da queimada na colheita da cana-de-açúcar até 2027.

Segundo Campbell (2005), a crescente mecanização da colheita confere ganhos de produtividade e uma redução drástica na gravidade e quantidade de acidentes no trabalho, embora reduza também a demanda por mão-de-obra: uma máquina substitui em média 100 empregados nas atividades de colheita. Dessa forma, o avanço da mecanização, embora desejável do ponto de vista das condições de trabalho no setor, configura um impasse social, característico da evolução de uma atividade intensiva em mão-de-obra para uma intensiva em capital.

Por um lado a crescente mecanização da colheita tende a melhorar as condições de trabalho, reduzindo a sazonalidade dos empregos e permitindo melhor planejamento de carreira e treinamento. Por outro, ela também reduz a quantidade de postos gerados e exige uma melhor capacitação da mão-de-obra, excluindo aqueles que não têm acesso a programas de aperfeiçoamento profissional (Campbell, 2005).

A relação da realidade defendida pelos movimentos ambientalistas, em relação ao potencial ambiental está diretamente ligada com a degradação que é mantida pelo paradigma da sustentabilidade. Com esta rotulagem ambiental, tem-se a relação dos componentes da natureza atingindo em impactos sociais, além do pensamento inverso, onde o meio social trás, movido pelo capital, a alteração dos componentes da natureza, inclusive os que nela vivem (Leff, 2000).

No caso do setor sucroalcooleiro um dos seus problemas está ligado à problemática da monocultura que, em detrimento da sua extencionalidade territorial para satisfazer as demandas de mercado, tem uma magnitude de impactos que se caracteriza em passivos ambientais na flora, na fauna e no meio antrópico.

Para Leff (2000) a monocultura baseada em uma produção que atende ao mercado externo “elimina as práticas agrícolas tradicionais”. Este aspecto alicerça, além

das perdas e da reinvenção cultural, da uma nova modelagem aos métodos produtivos, difundindo até no êxito rural. Nesta epistemologia, as condições de monocultura produzem consequências para a produção natural dos solos, afetando as condições de subsistência das populações rurais.

A vinhaça, subproduto das usinas sucroalcooleiras nas lavouras canavieiras possui, em grandes quantidades, elementos que, dependendo da concentração, segundo Meurer et al. (2000) se destacam como contaminantes de águas superficiais e subterrâneas, como o fosfato e o nitrato, respectivamente. Esses elementos, conforme Resende et al. (2002), têm gerado, nos últimos anos, grande preocupação acerca dos efeitos, principalmente do nitrato, na saúde da população humana e animal.

Stevenson (1986) afirma que o impacto dos nitratos atinge não só a saúde humana e animal como, também, o crescimento (diminuto ou excessivo) das plantas e a qualidade do ambiente (eutrofização).

O modelo de territorialização da cana-de-açúcar em Goiás oferece uma gama de pilares onde haverá a ocupação desenfreada em regiões produtoras de alimentos, nas quais dividirão/dividem espaço com os biocombustíveis e vários outros problemas sociais associados à exploração da mão-de-obra, ao avanço em regiões de pequenos agricultores ocasionando a expulsão e (re) estruturação das famílias que habitavam estas regiões (Trindade & Chaves, 2009).

2.2 FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA NA AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A agroindústria canavieira, em razão das extensas áreas de produção, é geradora de grandes quantidades de resíduos, os quais, pela natureza orgânica, pela ausência de contaminantes e pela baixa concentração de metais ou outros compostos indesejáveis, têm alto valor agregado. Esses resíduos podem ser utilizados como fertilizantes ou como fonte de energia, podendo, desta forma, retornar em sua quase totalidade ao sistema produtivo (Ivo et al., 2008).

Para a safra 2013/2014, a CONAB (2014) estima que a produção nacional de cana-de-açúcar destinada à indústria sucroalcooleira será de 653 milhões de toneladas, das quais 48% (312 milhões de toneladas) para a fabricação de açúcar e 52% (341 milhões de toneladas) para a produção de álcool. Considerando-se estes valores, estima-se uma

produção de 123 milhões de toneladas de bagaço de cana-de-açúcar, 17 milhões de toneladas de torta de filtro e 241 milhões de m³ de vinhaça resultantes do processamento de açúcar e álcool no Brasil, apenas nesta safra.

O bagaço de cana-de-açúcar é, sem dúvida, o resíduo agroindustrial obtido em maior quantidade no Brasil (Santos, 2005). O bagaço é o resíduo resultante da moagem da cana-de-açúcar para a extração do caldo ou após o processo de extração do caldo por difusão, sendo gerado em uma proporção de 260 kg t⁻¹ de cana-de-açúcar moída.

Apesar de grande parte do bagaço produzido ser utilizado pelas próprias usinas no aquecimento de caldeiras e na geração de energia elétrica, seu uso não está restrito a esse fim. Devido à grande quantidade produzida e a suas características físicas e químicas, esse material encontra um vasto campo de utilização, dentre eles na produção de ração animal, na indústria química, na fabricação de papel, papelão e aglomerados, como material alternativo na construção civil, e na produção de biomassa microbiana (Silva et al., 2007). Por outro lado, o retorno de seu excedente como fonte de matéria orgânica para o solo é outra forma de fortalecimento do sistema produtivo da cana-de-açúcar.

A torta de filtro é o resíduo proveniente da etapa de clarificação durante a produção do açúcar, a qual consiste, essencialmente, na purificação do caldo obtido na moenda. Nesse processo, adiciona-se ao caldo de cana-de-açúcar aquecido, uma suspensão de hidróxido de cálcio, que promove a floculação de colóides orgânicos, bem como a precipitação de sais de cálcio, sobretudo, fosfato. A suspensão obtida no processo descrito é deixada decantar, resultando em caldo límpido e em uma borra, formada pelos compostos orgânicos e inorgânicos que foram insolubilizados (Firme, 2005).

A borra é misturada ao bagaço de cana-de-açúcar finamente moído e submetida à filtração a vácuo, resultando num material com umidade em torno de 75% que vem a ser a torta de filtro. Sua composição varia em função do tipo de solo, variedade e estágio de maturação da cana-de-açúcar, dentre outros. Dentre os nutrientes principais, nota-se a predominância de nitrogênio orgânico, cálcio e fósforo que são precipitados. O teor de potássio nesse material é baixo devido à solubilidade de seus sais (Silva et al., 2007).

A matéria orgânica da torta de filtro recém preparada é constituída essencialmente por bagaço de cana-de-açúcar fresco, entretanto a sua inclusão na torta de filtro com compostos orgânicos nitrogenados floculados do caldo, faz com que o teor de nitrogênio do material se eleve, determinando uma relação C/N como o valor médio 26,1 (Firme, 2005).

Algumas destilarias autônomas têm introduzido o sistema de clarificação do caldo, obtendo também, este resíduo. A produção média de torta de filtro está na faixa de 18 a 30 kg Mg⁻¹ de cana-de-açúcar moída (Korndörfer, 2004).

A torta de filtro é normalmente aplicada em sulcos durante a operação de plantio ou espalhado no campo. Vários estudos indicam ganhos de produção de cana-de-açúcar com esta prática, principalmente aplicando a torta de filtro compostada (relação C/N média é de 17/1) no sulco de plantio (Conde et al., 2005). As recomendações de doses empregadas atualmente (80 a 100 Mg ha⁻¹, em pré-plantio em área total ou 20 a 35 Mg ha⁻¹ no sulco de plantio, ou ainda 40 a 50 Mg ha⁻¹ nas entrelinhas) superam em muito a quantidade de torta gerada (3,5 Mg por 100 Mg de cana-de-açúcar produzida), expondo a insuficiência deste resíduo para o atendimento da demanda.

A vinhaça é o resíduo derivado da produção de álcool após a fermentação e destilação do mosto (Ferreira, 2009). O efluente é caracterizado pelas altas demandas química e biológica de oxigênio (respectivamente, DQO – 80.000- 100.000mg/l; DBO – 40.000-50.000mg/l), além de baixo pH, forte odor e cor marrom escura (Satyawali & Balakrishanan, 2008). A utilização agrícola da vinhaça é rotina em muitas regiões canavieiras do país, com aumentos notórios na produção de cana-de-açúcar (CETESB, 2014), embora seu uso in natura, de forma indiscriminada ou excessiva, seja reportado com preocupação por alguns autores face ao seu potencial poluidor para o solo e águas subterrâneas (Piacente & Piacente, 2004). Pereira (2003) apresentando um levantamento bibliográfico sobre os impactos provocados pela disposição de vinhaça no solo na qualidade da água subterrânea expõe resultados controversos encontrados nas pesquisas.

Os impactos da aplicação da vinhaça no solo e na água subterrânea variam de acordo com as condições fisiográficas da área, da composição química da vinhaça e do volume e da periodicidade de aplicação. Notadamente são contaminadoras as disposições em áreas de sacrifício, em canais de transporte de vinhaça, lagoas de acumulação e tanques de rejeitos sem impermeabilização.

2.3 NUTRIÇÃO MINERAL DA CANA-DE-AÇÚCAR

A extração dos nutrientes do solo pela cana-de-açúcar é influenciada por fatores como: idade das plantas – uma vez que durante o ciclo evolutivo da cultura as exigências nutricionais apresentam-se bastante variáveis; tipo de solo – que afeta a

absorção, principalmente pela maior ou menor disponibilidade dos nutrientes; variedades – as exigências nutricionais são controladas geneticamente, ocorrendo, portanto, variações nas necessidades de nutrientes entre variedades (Orlando Filho, 1983).

A ordem de extração de macronutrientes para cana-de-açúcar é: $K > N > Ca > Mg > P$. Na ausência de adubação, a redução média esperada da produtividade em canaviais está em torno de 30% para solos de boa a média fertilidade (Nunes Júnior, 1999).

O nitrogênio é particularmente importante nos estádios iniciais de desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar, sendo bastante elevado nos tecidos de plantas jovens. Com o avanço da idade fisiológica, o conteúdo de nitrogênio dos tecidos decresce acentuadamente, atingindo valores mínimos nas canas amadurecidas (Orlando Filho, 1983).

As adubações nitrogenadas de plantio e soqueira de cana-de-açúcar promovem o crescimento de raízes e a formação de um estoque nutricional na parte subterrânea da cultura, com influência na produtividade dos cortes subsequentes.

Além do efeito residual de sucessivas adubações na cultura, a palhada proveniente da colheita mecanizada constitui um aporte significativo de carbono e nutrientes para a cultura, influenciando na produtividade agroindustrial (Trivelin et al., 2002), longevidade da cultura (Vitti et al., 2007), aumento da atividade biológica (Barbosa, 2010) e infiltração de água no solo (Souza et al., 2005).

Pedrosa et al. (2005) e Moura et al. (2005), encontraram diferenças significativas para diâmetro e número de colmos submetidos a doses crescentes de adubação nitrogenada em cobertura para cana-de-açúcar irrigada.

Dentre os três macronutrientes mais presentes nas fertilizações da cana-de-açúcar, o fósforo (P) tem sido empregado, especialmente em cana-planta, em altas doses. Os efeitos residuais deste nutriente não têm permitido respostas positivas em cana-soca, porém adubações de manutenção com P têm se mostrado imprescindíveis, principalmente para a maximização das respostas das adubações com nitrogênio (N) e potássio (K) (Silva, 1991).

Orlando Filho (1983) concluiu que o P tem importante participação na formação da sacarose e Rossetto et al. (2002), estudando o comportamento da adubação com fosfato natural (P_2O_5 - 120 kg ha⁻¹) na cana-de-açúcar (ressoca), observaram que a produtividade encontrada foi de 57,2 t ha⁻¹ com a aplicação do fosfato no sulco de plantio.

A cana-de-açúcar possui um ciclo de crescimento muito particular, que difere das demais culturas. O ciclo de 18 meses, em média, tende a favorecer o aproveitamento das fontes menos reativas como é o caso de fosfatos naturais. Por outro lado, a localização do adubo no fundo do sulco e a imobilização no solo por períodos longos de tempo (quatro anos em média) não favorecem a eficiência desses fosfatos (Kondörfer, 1990).

O K está envolvido na abertura dos estômatos e na respiração foliar. Ele influencia positivamente a qualidade industrial dos colmos, independentemente da produtividade agrícola da cultura. A deficiência desse elemento contribui para um maior consumo de açúcares do que o normalmente requerido pelo metabolismo da planta e, conseqüentemente, para uma sensível redução na quantidade de açúcares da cultura. A deficiência desse elemento reduz a translocação dos açúcares sintetizados nas folhas para os tecidos de armazenamento (Silva, 2007).

Espironelo et al. (1982) encontraram aumentos na produtividade agrícola na ordem de 10% a 18% e no teor de açúcar dos colmos de 5% a 10% devido à adubação com K. Segundo Aquino et al. (1993), o K estimula o perfilhamento, crescimento vegetativo e aumenta o teor de carboidratos, óleos, lipídeos e proteínas; promove o armazenamento de açúcar e amido, ajuda na fixação do nitrogênio, regula a utilização da água e aumenta a resistência a seca, geada e moléstias.

Segundo Rodrigues (1995), há influência direta e indireta do K no transporte de sacarose em cana-de-açúcar. Indiretamente, a deficiência de K pode afetar o movimento de sacarose devido à sua influência no crescimento, fotossíntese ou umidade. Severa deficiência de K produz aumento na respiração foliar, diminuição na fotossíntese e na conversão de açúcares intermediários à sacarose; todos esses efeitos adicionados à restrição no transporte de açúcares.

Quando o suprimento de K é abundante, ocorre muitas vezes o consumo de luxo, merecendo atenção pelo efeito sobre a composição mineral da planta e pela sua possível interferência na absorção e disponibilidade fisiológica de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (Marschner, 1995). Em relação aos macronutrientes secundários Ca e Mg, a cana-de-açúcar desenvolve-se bem em solos que se apresentam dentro de uma larga faixa de pH (4,0 a 8,3), sendo a cultura muito tolerante à acidez e à alcalinidade.

Por outro lado, Viana et al. (1983) mostraram que há grande variação entre as cultivares de cana-de-açúcar, quanto à tolerância à acidez. A calagem em solos para

cultivo de cana-de-açúcar é prática antiga e largamente utilizada, apesar dos resultados contraditórios.

Os acréscimos na produtividade da cana-de-açúcar em resposta à calagem são esporádicos. Quando ocorreram nos experimentos relatados na literatura, foram obtidos em condições de severa acidez, na presença de alumínio em níveis tóxicos e, principalmente, na ausência de teores adequados de Ca e Mg. Grande variabilidade na resposta da produtividade da cana-de-açúcar à calagem ocorre em condições de fertilidade de solo menos restritivas, indicando forte adaptação das cultivares às condições de acidez do solo. Efeitos benéficos da calagem na produtividade da cana-de-açúcar foram relatados por Santos & Sobral (1980) e Orlando Filho et al. (1980).

Estudando a aplicação de calcário e gesso e mistura de ambos em 13 experimentos com cana-de-açúcar, Azeredo et al. (1981) não observaram qualquer resposta da utilização desses insumos na produtividade da cana-de-açúcar. O trabalho destes autores permitiu concluir que não há resposta à calagem se o solo apresentar mais de 8 mmolc.dm⁻³ de Ca.

O enxofre (S) é um nutriente que as plantas acumulam em quantidades relativamente elevadas. Na cana-de-açúcar sob cultivo orgânico, onde a colheita do canavial é realizada mecanicamente, sem o uso de queimada, são assegurados os níveis mínimos de S nas lavouras, em detrimento do aporte de palha que permanece no solo (Gonçalves, 2012).

2.4 MÉTODOS DE INTERPRETAÇÃO DAS ANÁLISES DE SOLO E FOLHA

O método convencional de interpretação de resultados das análises de solo e folha é feito pelo uso de valores tabelados, denominados níveis críticos ou faixas de concentração (NC). A obtenção dessas faixas ou níveis é feita por curvas de calibrações e dependentes de uma série de fatores: ambiente, manejo do solo, sistemas agrícolas e das culturas. Segundo Ferreira & Carvalho (2005) são resultados de exaustivos testes de respostas a doses de nutrientes em solos com diferentes níveis de fertilidade.

Os NC são estabelecidos em experimentos de campo, em que as diferentes concentrações de nutrientes são obtidas mediante adubações, já que nos solos em condições nativas, os nutrientes não se distribuem em todas as faixas.

São definidos a partir de aspectos fisiológicos e fisioeconômicos. No aspecto fisiológico, é definido como a faixa de concentração na qual o crescimento da planta é restrito em comparação com o de plantas em níveis mais elevados (Malavolta, 2006). Segundo Prevot & Ollagnier (1957) é a porcentagem de um elemento numa folha que está abaixo da porcentagem aplicada na adubação.

No aspecto fisioeconômico é definido como o nível de um elemento na folha abaixo do qual a produção é limitada e acima do qual a adubação não é econômica (Malavolta et al., 1997).

Segundo Dow & Roberts (1982), as faixas de concentração constituem o método mais aprimorado de interpretação de análises de solo e folha, uma vez que considera uma faixa de concentração abaixo da qual a taxa de crescimento, a produção ou a qualidade diminuem significativamente, especialmente para culturas que dispõe de grande variedade de materiais genéticos.

Há divergências, na prática, quanto ao nível de redução de produção, quando se calcula o nível crítico. Por exemplo, Gallo et al. (1965) estabeleceram uma produção de 80 % da produção ótima, enquanto, Ulrich & Hills (1967) estabeleceram o nível crítico para diversas culturas com a concentração correspondente a uma produção de 95 % da ótima,

As maiores vantagens do uso de NC são: facilidades de interpretação dos dados e independência entre os índices; enquanto que as maiores desvantagens são: poucas categorias de diagnósticos, quando mais de um nutriente é classificado como deficiente e só podem ser utilizados em estágios específicos e em determinadas partes das plantas (Baldock & Schulte, 1996).

Outro método utilizado para diagnose foliar é a técnica originalmente desenvolvida por Beaufils (1973), o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), que propõe o uso das relações entre nutrientes, como sendo a maneira mais adequada de obter-se um diagnóstico com mais exatidão do estado nutricional da planta, independente de fatores externos, tais como: solo, clima e variedade.

O DRIS foi desenvolvido como uma ferramenta de diagnóstico nutricional a partir de trabalhos com seringueiras (*Hevea brasiliensis*), nas décadas de 50 e 60 (Beaufils, 1973) e sua utilização tem sido feita em muitas espécies vegetais de importância agrícola. Partindo desse princípio, modelos estatísticos têm sido ajustados para descrever o relacionamento entre índices DRIS e teores de nutrientes no tecido vegetal em eucalipto (Wadt et al., 1998), café (Reis Júnior et al., 2002), cana-de-açúcar (Reis Júnior &

Monnerat, 2003) e soja (Kurihara, 2004), com a finalidade de aprimorar a interpretação de teores de nutrientes em tecidos vegetais.

De acordo com Silva (2009), o uso do conceito de DRIS na diagnose nutricional em lavouras tem um potencial amplo em cana-de-açúcar, em especial: no levantamento do estado nutricional das culturas; na confirmação de sintomas visíveis de carência de nutrientes; no diagnóstico de deficiência de nutrientes em plantas com e sem sintomas identificáveis. Em amostras de tecidos vegetais, em que as relações binárias entre teores de nutrientes apresentam valores similares aos estabelecidos como normas, o índice DRIS para cada nutriente se aproxima de zero (Dara et al., 1992).

Apesar de um valor de índice DRIS igual a zero ser considerado ótimo e todos os outros valores, sub ou supra-ótimos, erros experimentais, como os relacionados às determinações analíticas e pesagens, assim como limitações devidas ao tamanho da amostra, causam redução da confiabilidade da estimativa pontual do estado ótimo nutricional (Hartz et al., 1998). Em razão disso, esses autores sugerem a utilização de uma faixa ótima para avaliar os índices nutricionais.

Kurihara (2004) considera equilibrado o índice de um nutriente cujo valor esteja localizado no intervalo de 2/3 desvios-padrão em relação ao índice DRIS igual a zero, obtido a partir da subpopulação de alta produtividade. Cada relação entre nutrientes na população de alta produtividade constitui uma norma DRIS e tem sua respectiva média e coeficiente de variação.

Índice DRIS negativo indica que o nutriente está abaixo do nível ótimo, enquanto índice positivo indica que o nutriente está acima do nível ótimo. Se o índice DRIS de um nutriente é igual a zero, este elemento está em equilíbrio com os outros nutrientes (Beaufils, 1973; Reis Junior & Monnerat, 2002).

Os índices dos nutrientes em uma amostra podem variar de positivos a negativos, mas o somatório destes índices sempre será igual a zero. De acordo com Bataglia & Santos (1990) e Leite (1993), o DRIS fornece uma informação muito importante que é o índice de balanço nutricional (IBN), que consiste na soma de valores absolutos dos índices DRIS de cada nutriente, que indica o estado nutricional de cada lavoura, onde, quanto menor for o IBN, melhor será o estado nutricional da lavoura em questão (Leite, 1993).

2.4.1 Obtenção das normas DRIS

O primeiro passo para implementar o DRIS, ou outro sistema de diagnóstico nutricional, é o estabelecimento de valores-padrões ou normas (Walworth & Sumner, 1987). Como o diagnóstico do método DRIS depende da definição das normas DRIS, muitos trabalhos têm discutido o universo de abrangência das normas, desde aquelas obtidas a partir de dados calibrados localmente, como também conclusões que sugerem normas DRIS regionais ou universais. Silva et al. (2007), avaliando a universalidade das normas DRIS, concluíram que é preferível a utilização de normas específicas em vez de normas universais. Da mesma forma, Rocha et al. (2007) destacaram a importância de obtenção de normas regionais e específicas para diferentes condições de cultivo. Por outro lado, Reis Junior et al. (2002) destacou a possibilidade de utilização de normas universais, desde que as condições de cultivo de ambas subpopulações (referência e amostra) sejam parecidas.

Para estabelecer normas DRIS, que efetivamente contribuam para um programa de monitoramento do estado nutricional, é necessário avaliar diferentes critérios para o estabelecimento dessas normas, posteriormente, indicá-las. Estas avaliações foram realizadas para algumas culturas no Brasil, como é o caso da seringueira (Bataglia & Santos, 1990), eucalipto (Wadt et al., 1998) e citros (Mourão Filho et al., 2002), dentre outras.

Os valores de referência ou normas DRIS correspondem aos valores médios das relações entre os nutrientes de uma população não anormal ou população de referência, bem como seus respectivos desvios padrões e coeficientes de variação (Beaufils, 1973).

As normas são valores médios de teores de nutrientes e das relações desses nutrientes, com as respectivas variâncias, para um grande número de casos, representando culturas em boas condições nutricionais (Malavolta et al., 1997). Alguns artigos atestam que a melhor utilização do método pode ser conseguida pelo aumento considerável do número de amostras (Beaufils, 1973). Entretanto, Walworth et al. (1988), obtiveram bons diagnósticos de problemas nutricionais utilizando bases de dados mais restritas.

Para calcular as funções dos nutrientes existem alguns métodos, sendo os principais os propostos por Beaufils (1973), o método proposto por Jones (1981), o método de Beaufils (1973) modificado por Elwali & Gascho (1984), Alvarez & Leite (1992), dentre outros. Segundo Cunha (2005), o diagnóstico de deficiências em plantas de alta

produtividade é um dos principais problemas do método DRIS e para solucionar esse problema e melhorar a precisão de diagnóstico, foram desenvolvidas várias modificações nos procedimentos de cálculo, que de uma forma geral podem ser agrupados em métodos baseados em modificações no cálculo do índice DRIS, no cálculo das funções reduzidas, na base de dados e, por último, na interpretação dos índices.

3 DIAGNOSE NUTRICIONAL DE LAVOURAS COMERCIAIS DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO EM GOIATUBA, GO

RESUMO

Os canaviais orgânicos demandam uma estrutura específica quando se trata do seu sistema de nutrição mineral, pois não são permitidas quaisquer fontes de adubos sintéticos. A introdução de culturas comerciais como a cana, no sistema orgânico de cultivo, depende da aplicação de bons programas de correção da acidez do solo e adubação, mas sendo a primeira etapa na implantação destes programas a diagnose do estado nutricional da cultura, para a cultura da cana orgânica, há carências de informações sobre o assunto. Os métodos de diagnose mais utilizados atualmente têm sido a análise de solo e a análise foliar interpretados através de níveis críticos ou faixas de concentrações. O objetivo do trabalho foi avaliar, em lavouras comerciais, o estado nutricional da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), em sistema orgânico, através do método dos níveis críticos ou faixas de suficiência, em Goiatuba-GO. Durante as safras de 2009/2010 e 2010/2011, realizou-se a presente pesquisa em condições de campo, nas áreas cultivadas com a cana-de-açúcar sob cultivo orgânico, ciclo cana-planta, na empresa Goiasa. Para isso, foram coletadas amostras de solos e folhas quatro meses após o plantio. Com os dois anos de coletas, totalizaram 128 pontos amostrados. Com as observações obtidas foi tabulado um banco de dados submetido à interpretação pelo método dos níveis críticos, onde foi observado que o desenvolvimento inicial da cultura foi influenciado pela adubação orgânica. Porém, o acúmulo de matéria orgânica no solo não respondeu satisfatoriamente nos primeiros anos de cultivo orgânico. O manejo da adubação realizado pela usina promoveu melhoria na fertilidade do solo, por aumentar os teores de macro e micronutrientes no solo. Nas análises de solo, o pH, V% e os nutrientes K, Cu, Fe, Mn e Zn e nas análises foliares o nutriente P foram considerados excessivos.

Palavras-chave: deficiência nutricional, níveis críticos, agricultura orgânica e faixa de suficiência.

ABSTRACT

NUTRITIONAL DIAGNOSIS OF COMMERCIAL CROPS OF ORGANIC SUGARCANE IN GOIATUBA, GO

Organic cane fields require a specific structure when it comes to their mineral nutrition system, because any source of synthetic fertilizers are not allowed. The introduction of cash crops like sugarcane on organic farming system depends on the application of good programs for correction of soil acidity and fertilization, but being the first step in the implementation of these programs the diagnose of nutritional status of the culture, to the culture of organic sugarcane, there is lack of information on the subject. The most commonly used methods of diagnosis have been currently analyzing soil and foliar analysis interpreted through critical levels or ranges of concentrations. The objective of this study was to evaluate, in commercial crops, crop nutritional status of sugar cane (*Saccharum officinarum*), in an organic system, through the method of critical levels or sufficiency ranges in Goiatuba-GO. During the seasons of 2009/2010 and 2010/2011, held this research under field conditions in cultivated areas with cane sugar under organic farming, plant cane cycle, at the company Goiasa. For this, samples of soil and sheets four months after planting were collected. With two years of collection, totaled 128 points sampled. With observations obtained was tabbed a database, subject to interpretation by the method of critical levels, where it was observed that the initial development of culture was influenced by organic fertilization. However, the accumulation of organic matter in the soil did not respond satisfactorily during the first years of organic cultivation. The fertilizer management performed by the plant promoted improvement in soil fertility by increasing the levels of macro and micronutrients in the soil. In the analysis of soil pH, % V and K, Cu, Fe, Mn and Zn in foliar nutrients and the nutrient P analyzes were considered excessive.

Key-words : nutritional deficiency, critical levels , organic agriculture ,sufficiency range.

3.1 INTRODUÇÃO

A demanda mundial por alimentos orgânicos, segundo dados do ministério desenvolvimento agrário MDA (2013) cresceu cerca de 20% entre 2010 e 2012. O açúcar orgânico ainda é um produto marginal no mercado orgânico, dominado por produtos frescos e pouco processados. Mas o crescimento da demanda tem estimulado a entrada de indústrias processadoras no mercado de produtos orgânicos onde o açúcar orgânico, particularmente o de cana, entra como insumo básico.

O cultivo da cana-de-açúcar vem se tornando cada vez mais competitivo e com elevada taxa de crescimento em todo o País, consolidando o Brasil como um dos mais importantes produtores mundiais dessa cultura. Segundo o último levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014) estima-se que a produção de cana-de-açúcar na safra 2013/2014 será de 653 milhões de toneladas, o que corresponde a um aumento de 6,88% em relação à safra 2012/2013.

Na região Centro-Oeste, o estado de Goiás apresenta-se como grande produtor de açúcar e álcool, encontrando-se nesse estado a Usina Goiasa.

Além de interesses econômicos e setoriais, a entrada de algumas usinas brasileiras na produção certificada pelo sistema orgânico, traz, em princípio, a promessa de recuperação dos prejuízos causados ao meio ambiente e à saúde dos consumidores e dos trabalhadores na agroindústria canavieira (Storel Júnior, 2003).

Sabe-se que tanto no sistema orgânico quanto convencional, o gasto com aquisição e aplicação de fertilizantes geram aumento de custos, o que leva a necessidade de se conhecer a completa fusão entre o sistema solo-planta para que haja eficiência desde o que é fornecido no solo até chegar à planta e se transformar em produtividade e com qualidade. Com manejo diferenciado, os canaviais orgânicos demandam uma estrutura específica quando se trata do seu sistema de nutrição mineral, pois não são permitidas quaisquer fontes de adubos sintéticos. O investimento em fertilizantes orgânicos é justificado quando se trata do alto retorno econômico que a cultura propicia, no entanto, também devem ser observados os fatores ambientais dessa aplicação.

A introdução de culturas comerciais como a cana-de-açúcar, depende do planejamento e eficiência na correção da acidez do solo e adubação, os métodos de diagnose mais utilizados têm sido a análise de solo e a análise foliar interpretados através

de níveis críticos e/ou faixas de concentrações, que comparam individualmente os níveis de cada nutriente com parâmetros previamente tabelados (Chapmann, 1973).

Devido à grande importância da cultura no cenário mundial, torna-se necessário a utilização de técnicas como o monitoramento do estado nutricional capaz de diagnosticar, adequadamente, possíveis desordens nutricionais do cultivo, além de indicar o correto manejo da adubação. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar, em lavouras comerciais, o estado nutricional da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), em sistema orgânico, através do método dos níveis críticos ou faixas de suficiência, em Goiatuba-GO.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado durante as safras de 2009/2010 e 2010/2011, em áreas comerciais de produção de cana-de-açúcar orgânica, irrigadas, pertencentes à usina Goiasa, no município de Goiatuba, estado de Goiás.

O local situa-se nas coordenadas geográficas 18 4' 29'' W e 49 41' 44'' e 795 m de altitude média local (Brasil, 1983). O clima local é classificado, segundo Köppen, como tropical de savana, quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso (Aw), e média pluvial anual de 1200 a 1800 mm. O relevo é suave ondulado e o solo dessas áreas foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, de acordo com Embrapa (2013).

Nas áreas amostradas predominavam as variedades IAC915155, SP86155, IAC942094 e IAC911099. Todas as áreas amostradas coincidiam com o ciclo cana-planta da cultura e as coletas foram realizadas quatro meses após o plantio.

De acordo com os históricos das áreas foram realizadas aplicações de torta de filtro, enxofre e gesso agrícola, calcário, agalmatolito e a fertirrigação por meio da vinhaça.

Para a coleta de amostras de solo, utilizou-se do auxílio de trado tipo “holandês” nas linhas e entrelinhas de plantio, na profundidade de 0-20 cm, retirando-se quinze subamostras por ponto, que posteriormente originaram uma amostra composta.

As amostragens foram feitas percorrendo a área em zigue-zague, seguindo a metodologia proposta pela Embrapa (1997). As amostras, colocadas em saco plástico e etiquetadas, foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solo e Folha da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (LASF-EA/UFG), onde foram analisadas quanto a capacidade de troca de cátions (CTC), matéria orgânica (MO), pH em CaCl₂,

fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), Ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) seguindo as metodologias descritas em Embrapa (2013).

Os resultados das análises foram interpretados pelas faixas de concentração segundo critérios propostos por Souza & Lobato (2004) e apenas para o micronutriente Fe adotaram-se os critérios propostos pela Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás (CFSG, 1988) conforme a Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Classes de interpretação para P Mehlich 1, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Mg, CTC, V%, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise de terra.

Variável	Classes de Interpretação				
	Muito Baixa	Baixa	Média	Adequada	Alta
P (mg dm ⁻³) ¹	0,0-3,0	3,1-5,0	5,1-8,0	8,1-12,0	>12,0
M O (g dm ⁻³) ¹	-	<24,0	24,0-30,0	31,0-45,0	>45,0
pH (CaCl ₂) ¹	-	<4,4	4,4-4,8	4,9-5,5	>5,5
K (mg dm ⁻³) ¹	-	<26,0	26,0-50,0	51,0-80,0	>80,0
Ca (cmol _c dm ⁻³) ¹	-	<1,5	1,5-7,0	-	>7,0
Mg (cmol _c dm ⁻³) ¹	-	<0,5	0,5-2,0	-	>2,0
CTC Total (cmol _c dm ⁻³) ¹	-	<7,2	7,2-9,0	9,1-13	>13,0
V(%)	-	<20,0	20,0-35,0	36,0-60,0	>60,0
S (mg dm ⁻³) ¹	-	<4,0	4,0-9,0	-	>10,0
B (mg dm ⁻³) ¹	-	<0,2	0,2-0,5	-	>0,5
Cu (mg dm ⁻³) ¹	-	<0,4	0,4-0,8	-	>0,8
Fe (mg dm ⁻³) ²	-	<0,5	0,5-12,0	-	>12,0
Mn (mg dm ⁻³) ¹	-	<2,0	2,0-5,0	-	>5,0
Zn (mg dm ⁻³) ¹	-	<1,0	1,0-1,6	-	>1,6

⁽¹⁾Souza & Lobato (2004); ⁽²⁾Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás (1988); Teor MO, P, Ca, Mg, K e CTC estão de acordo com a textura, teor de argila maior que 400 g kg⁻¹; Teor de K de acordo com a CTC maior que 4 cmol_c dm⁻³ a pH 7,0.

As folhas para análise foram coletadas simultaneamente à coleta de solos, segundo metodologia proposta por Malavolta (1980), retirando-se uma folha por planta em quinze plantas diferentes, considerando os seguintes fatores: a) Uniformidade da área quanto ao tipo de solo, variedade, idade e tratos culturais; b) Tipo de folha (coletou-se a folha +3); c) Parte da folha (20 cm centrais, desprezando-se a nervura *in loco*); d) Época: início da estação chuvosa, de acordo com o manejo, que corresponde à quatro e seis meses de idade.

As folhas foram embaladas em sacos de papel, etiquetadas e transportadas para o LASF-EA/UFG. O material foi colocado para secar em uma estufa de ventilação forçada a 65°C, sendo em seguida triturado em moinho de aço do tipo Wiley e armazenado em saquinhos de papel.

Com o material seco e triturado, foi feita digestão por ácidos para a obtenção de um extrato para análise dos teores foliares totais de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn

segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1978). As análises foliares foram interpretadas pelas faixas de suficiência conforme critérios propostos por Malavolta et al. (1997) para macro e micronutrientes conforme a Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Faixas de teores adequados de macro e micronutrientes para folhas de cana-de-açúcar descritos em Malavolta et al. (1997)

Nutriente	Ciclo
	Cana-Planta ⁽¹⁾
N (dag g ⁻¹)	1,9-2,1
P (dag g ⁻¹)	0,20-0,24
K (dag g ⁻¹)	1,1-1,3
Ca (dag g ⁻¹)	0,8-1,0
Mg (dag g ⁻¹)	0,2-0,3
S (dag g ⁻¹)	0,25-0,30
Cu (mg g ⁻¹)	8-10
Fe (mg g ⁻¹)	200-500
Mn (mg g ⁻¹)	100-250
Zn (mg g ⁻¹)	25-50

3.2.1 Amostragem da produtividade

Para avaliação da produtividade da cana-de-açúcar orgânica utilizaram-se parâmetros biométricos (Landell & Silva, 1995). O levantamento dos dados foi realizado dois meses antes da colheita do canavial. Para se obter o rendimento em tonelada de cana por hectare (TCH), retiraram-se cinquenta plantas de cada ponto amostrado, formando feixes com dez plantas cada, amarrados pé com pé e ponta com ponta. Foram determinadas a altura média do feixe, o diâmetro médio a um terço da altura média do feixe, o diâmetro de dez colmos e a pesagem de cada um dos feixes.

O rendimento final TCH foi determinado pela fórmula:

$$TCH = (\text{Peso } 10 \text{ canas} / 10 / 1000) \times NCM \times 10000 / \text{ESP},$$

Em que: NCM representa o número de colmos em 1,0 m de sulco;

ESP é o espaçamento entre linhas de cultivo em metros.

3.2.2 Análise estatística

O banco de dados com as 128 observações foi submetido à análise univariada, calculando-se médias, valores mínimos e máximos, desvio padrão e coeficientes de variação. Realizou-se o teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição da normalidade da população do banco de dados, também foram feitas correlações de Pearson entre a produtividade e as variáveis da análise foliar e, também com as variáveis da análise de terra. O programa estatístico utilizado neste trabalho foi o Statistical Analysis System (SAS) (Freund & Little, 1981).

3.3 Resultados e Discussão

De acordo com os resultados obtidos, a produtividade média nos canaviais orgânicos foi de 113Mg ha⁻¹ e 201 Mg ha⁻¹, relativas às safras 2009/2010 e 2010/2011, respectivamente. Esses valores ficaram acima da média do estado de Goiás, que é de 83,67 Mg ha⁻¹ para o ano em referência. A média geral de produtividade das áreas estudadas foi de 157 Mg ha⁻¹.

A alta produtividade estimada nesta pesquisa conta com diversas vantagens para ser considerada alta, pois todo banco de dados advém de áreas com cana-planta que apresentam, em geral, maior produtividade do que cana-soca.

Os resultados obtidos para as variáveis químicas do solo (Tabela 3.3) quando avaliados segundo as classes de interpretação propostas por Souza & Lobato (2004) (Tabela 3.1), mostram que o teor médio de MO (16,0 g dm⁻³) e CTC (6,8 cmol_c dm⁻³) enquadram-se na classe muito baixa, enquanto os teores médios de P (5,8 mg dm⁻³), Ca (2,9 cmol_c dm⁻³) e Mg (1,1 cmol_c dm⁻³) enquadram-se na classe adequada. O pH e V% e os nutrientes K, Cu, Mn e Zn estão em excesso. Os valores mínimos de MO e CTC presentes nos solos são característicos de solos do Cerrado (Scopel et al., 2005).

Resultados semelhantes foram encontrados por Gonçalves (2012) nas mesmas condições de solo em sistema de produção de cana-de-açúcar orgânica em Goianésia-GO, para o K (154,78 g dm⁻³), Cu (2,5 mg dm⁻³) e Mn (42,67 mg dm⁻³). Evangelista (2010) trabalhando em Goiatuba-GO encontrou valores médios de MO (23,5 g dm⁻³), Fe (35,1 mg dm⁻³), Cu (2,05 mg dm⁻³) e Mn (26,6 mg dm⁻³).

Calgaro et al. (2008) observaram aumento dos teores de P e pH no solo com adubação com resíduos orgânicos, corroborando com Evangelista (2010), que encontrou

teores de P e K 2,5 vezes maior na cana orgânica sem queima da palha em comparação com os cultivos queimados, provavelmente devido a adubação orgânica. No presente estudo, os valores médios de P estão no nível adequado, segundo Souza & Lobato (2004), contudo este apresenta o maior coeficiente de variação P (107%). Machado et al. (2007) atribuem esse fato ao modo de aplicação e à baixa mobilidade de P no solo.

Moraes et al. (2009) obtiveram um elevado coeficiente de variação do P no solo (106,69%), porém para sistema de produção de algodoeiro em plantio direto. Para Ferreira & Carvalho (2005), o nutriente P deve ser manejado no solo, considerando o nível adequado, para possíveis adubações e aproveitamento do efeito residual das adubações anteriores.

Os maiores coeficientes de variação foram obtidos para os teores de P (107%) K (61%), Cu e Fe (58%), Ca (57%) e MO (56%). Os altos valores de coeficientes de variação são justificados por se tratar de uma propriedade com solos que apresentam parâmetros de fertilidade variados.

No presente estudo, não foram encontrados teores de Al em nenhuma das amostras de solo coletadas, corroborando com Carneiro et al. (2004). Avaliando a aplicação de vinhaça no solo, os mesmos observaram a elevação do pH, V% e redução do Al^{+3} , concluindo que compostos hidrossolúveis da palha combinados com a aplicação da vinhaça reduzem o alumínio do solo e disponibilizam cátions, modificando os indicadores químicos do solo.

Os altos valores do teor médio de K ($118,7 \text{ mg dm}^{-3}$) no solo (Tabela 3.3) podem ser atribuídos à fertirrigação realizada com vinhaça, uma vez que este produto é rico em K. Segundo Ferreira & Carvalho (2005), altos teores de K no solo reduzem o Ca e Mg nas folhas e que valores acima de 137 mg kg^{-1} promovem no solo queda na produtividade. Alves et al. (2010) verificaram que em solos de textura argilosa os valores de nível crítico de K estão na faixa de 108,18 a $109,62 \text{ mg dm}^{-3}$.

Quando o suprimento de K é abundante, ocorre o consumo de luxo, merecendo atenção pelo efeito sobre a composição mineral da planta e pela sua possível interferência na absorção e disponibilidade fisiológica de Ca e Mg (Marschner, 1995).

A presença de matéria orgânica promove ação antagônica à presença do Fe, acarretando a lixiviação deste elemento para camadas mais profundas do perfil do solo, e isto gera um aumento na adsorção do K por parte da matéria orgânica. A presença do K em excesso promove uma redução da saturação por bases, em detrimento dos outros nutrientes, em competição pelo sítio de adsorção (Mortvedt & Khasawneh, 1986).

Tabela 3.3. Valores mínimos, máximos, médias, coeficientes de variação (CV) e Teste W para P Mehlich 1, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Mg, CTC, V%, Cu, Fe, Mn e Zn do solo de 128 pontos de amostragem em áreas de cana orgânica em Goiatuba, GO.

Variável	Média	Mínimo	Máximo	CV ⁽³⁾	Teste W ⁽¹⁾
P Mehl (mg dm ⁻³)	5,8	0,60	37,2	107,0	0,84** ⁽²⁾
MO (g dm ⁻³)	16,0	3,0	31,0	56,0	0,89**
pH (CaCl ₂)	5,9	4,4	7,5	7,00	0,89**
K (mg dm ⁻³)	118,7	24,29	300	61,0	0,97**
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,9	0,6	14,23	57,0	0,95**
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,1	0,3	2,3	49,0	0,80**
CTC total (cmol _c dm ³)	6,8	3,7	18,8	36,0	0,95**
V%	60,7	22,6	78,4	17,0	0,86**
Cu (mg dm ⁻³)	2,0	0,1	3,7	58,0	0,87**
Fe (mg dm ⁻³)	39,2	21	171	58,0	0,56**
Mn (mg dm ⁻³)	46,2	5,4	98	52,0	0,97**
Zn (mg dm ⁻³)	1,7	0,4	3,6	47,0	0,91**

⁽¹⁾Teste de Shapiro-Wilk; ⁽²⁾ Nível de significância do teste Shapiro-Wilk: (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade e (ns) não significativo; ⁽³⁾ CV = coeficiente de variação, %.

Comparando os valores médios de Ca (2,9 cmol_c dm⁻³) e Mg (1,1 cmol_c dm⁻³), apesar de estarem na classe adequada, os valores de máximo e de mínimo mostram grande amplitude. Na prática significa que, embora em média tenham sido classificados como adequados, existem parcelas/áreas que estão com valores abaixo do adequado e que necessitam de adubação adequada.

Os teores médios dos micronutrientes Cu, Mn e Zn (Tabela 3.3) enquadram-se na classe alta segundo a classificação de Souza & Lobato (2004) e alta de Fe segundo a classificação CFSG (1988). Em relação ao Zn, Orlando Filho et al. (2001) relatam que a cultura da cana responde a elevados teores de Zn. Segundo Fageria (2000), os teores adequados de Zn no solo variaram de 0,5 a 5 mg kg⁻¹ e os teores tóxicos variaram de 25 a 94 mg kg⁻¹ de solo. Assim, segundo essa classificação o teor de Zn encontra-se adequado neste estudo.

Conforme Leandro (1998), o teor médio de Fe (39,2 mg dm⁻³), pode ser considerado como baixo. O referido autor, estudando os sistemas integrados de diagnose e recomendação (DRIS) para a cultura da soja no cerrado, encontrou uma faixa adequadapara Fe no solo com valores variando entre 40 mg dm⁻³ a 80 mg dm⁻³

enquadrando o valor médio encontrado como baixo segundo essa classificação. Segundo Oliveira (2006), um fator que se deve considerar é a classificação dos solos estudados, pertencentes à classe Latossolo, sendo uma das características básicas desse tipo de solo o seu alto teor de Fe na forma de óxidos, principalmente a hematita e a goethita, que justificam, de maneira geral, altos teores de Fenos solos amostrados.

Os Testes de Shapiro-Wilk foram significativos (Tabela 3.3) para todas as variáveis, indicando que existem desvios da distribuição normal. A distribuição de frequência para as variáveis, P Mehlich-1, MO, pH, K, Ca, Mg, CTC, V%, Cu, Fe, Mn e Zn do solo para cultura da cana-de-açúcar em Goiatuba, GO, é apresentada na Tabela 3.4.

Tabela 3.4. Distribuição de frequência para as variáveis, P Mehlich-1, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Mg, CTC, V%, Cu, Fe, Mn e Zn do solo de 128 pontos de amostragem em áreas de cana orgânica em Goiatuba, GO.

Variável	Classes de Interpretação					
	Muito Baixa	Baixa	Média	Adequada	Alta	Muito Alta
	----- % -----					
P (mg dm ⁻³) ¹	39	11	31	13	6	-
M O (g dm ⁻³) ¹	-	100	0,0	0,0	0,0	-
pH (CaCl ₂) ¹	-	0,0	2	8	90	-
K (mg dm ⁻³) ²	-	-	2	50	48	-
Ca (cmol _c dm ⁻³) ¹	-	10	89	-	1	-
Mg (cmol _c dm ⁻³) ¹	-	2	92	-	6	-
CTC (cmol _c dm ⁻³) ¹	-	56	27	16	10	-
V% ¹	-	0,0	2	45	53	-
Cu (mg dm ⁻³) ¹	-	6	13	-	81	-
Fe (mg dm ⁻³) ²	-	0,0	0,0	-	100	-
Mn (mg dm ⁻³) ¹	-	0,0	0,0	-	100	-
Zn (mg dm ⁻³) ¹	-	8	42	-	50	-

⁽¹⁾Proposta por Souza & Lobato (2004); ⁽²⁾Proposta por Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás (1988); Teor MO, P, Ca, Mg, K e CTC estão de acordo com a textura, teor de argila maior que 400 g kg⁻¹; Teor de K de acordo com a CTC maior que 4 cmol_c dm⁻³ a pH 7,0.

Os resultados mostram que o teor de P apresentou a maior porcentagem de amostras na classe muito baixa (39%) de suficiência contradizendo com o teor médio encontrado que enquadra o P como adequado, contudo explica-se devido o elevado CV indicando que ocorre grande variabilidade espacial do elemento P no solo. Na classe baixa, 100% da MO, seguido da CTC com 56% conforme critérios de interpretação de Souza & Lobato (2004) confirmando com os níveis de nutrientes encontrados na classe muito baixa.

Na classe de suficiência média, os nutrientes que apresentaram maior frequência de resultados nessa classe de suficiência foram Mg seguido do Ca. Na classe adequada encontra-se com a maior porcentagem o K (50%), enquanto que na classe alta, o pH (90%) e V%(53%), e Mn, ambos 100% e Cu (81%) e Zn (50%), todos pelos critérios de Souza & Lobato (2004). Não houve incidência de amostras na classe muito alta.

Estabelecer uma ordem de limitação de nutrientes quando a análise de terra é interpretada pelo método dos Níveis Críticos ou Faixas de Concentração é mais complexo, porém as amostras podem ser organizadas pelas porcentagens de amostras limitantes de cada nutriente ou variável dentro da faixa. Então, a ordem de limitação por deficiência seria $P > MO > CTC$ e por excesso $Fe = Mn > pH > Cu > V\% > Zn$.

Os elevados teores de Fe, Mn, Cu e Zn, podem ser justificados devido à aplicação de vinhaça por fertirrigação nos canaviais orgânicos. De acordo com Oliveira et al. (2005) a aplicação continuada da vinhaça, em fertirrigação, ao longo de vários anos, em lavouras de cana-de-açúcar, pode alterar a concentração de diversos elementos, como Cd, Pb, Fe, Cu, Mn e Zn, elevando os seus teores no perfil do solo e, possivelmente, nas estruturas das plantas de cana-de-açúcar. Silva et al. (2007) afirmam que, embora a vinhaça possa promover melhoria na fertilidade do solo, as quantidades aplicadas não devem ultrapassar sua capacidade de troca catiônica, por afetar o desenvolvimento e crescimento dos vegetais.

Os coeficientes de correlação de Pearson medem as tendências lineares crescentes ou decrescentes. A Tabela 3.5 mostra os coeficientes de correlação linear, entre os quais se destacam as interações positivas entre as seguintes variáveis: MO x P (0,16), MO x CTC (0,55), pH x Mg (0,42), Ca x Mg (0,86), pH x V% (0,85), Ca x CTC (0,74), Ca x V% (0,78), Mg x Mn (0,06) e Mg x V% (0,88). As correlações positivas entre nutrientes indicam efeitos de sinergismo, ou seja, a absorção de um elemento favorece a absorção do outro (Malavolta, 1980). As interações positivas entre pH, MO, Ca, Mg, Mn, CTC e V% eram esperadas devido aos efeitos positivos da calagem, diminuindo a acidez do solo, elevando a saturação por bases, melhorando a CTC. O pH variando de 4,40 a 7,50, contribui para manter Fe, Cu, Mn e Zn em níveis altos no solo.

As interações negativas que merecem destaque são as que ocorreram entre pH x Fe (-0,60), K x Fe (-0,31) e Fe x V% (-0,52). Observa-se que o Fe apresenta-se em todas as relações negativas. Observa-se também que tanto em relação à frequência quanto nos valores médios, o elemento está acima do adequado sendo este justificado pela aplicação da vinhaça e também

devido ao tipo do solo. Sendo assim, deve-se ter um cuidado especial quanto a aplicação de vinhaça uma vez que observamos interações negativas com outros elementos.

Tabela 3.5. Matriz dos coeficientes de correlação linear entre as variáveis (Var.) na análise de solo para cultura da cana-planta orgânica, em 128 pontos de amostragem no município de Goiatuba, GO.

Var.	Cu	Fe	Mn	Zn	MO	pH	P	K	Ca	Mg	H+AL	CTC	V%
prod ⁽³⁾	0,20 ⁽¹⁾	-0,23	0,10	0,13	-0,05	0,33	-0,10	-0,11	-0,02	-0,11	-0,29	-0,26	0,15
	0,15 ⁽²⁾	0,11	0,50	0,36	0,73	0,02	0,47	0,45	0,89	0,44	0,04	0,07	0,29
Cu	1,00	-0,04	-0,12	0,45	0,24	-0,01	-0,51	-0,19	-0,45	-0,65	-0,05	0,60	-0,25
		0,80	0,40	0,00	0,10	0,93	0,07	0,17	0,00	<0001	0,71	<0001	0,08
Fe		1,00	-0,51	0,13	-0,00	-0,60	-0,03	-0,31	-0,14	-0,23	0,58	0,08	-0,52
			0,0001	0,40	0,99	<,0001	0,82	0,22	0,02	0,10	<,0001	0,57	<0001
Mn			1,00	0,32	0,10	0,05	-0,13	0,40	0,05	0,06	0,01	0,09	0,06
				0,02	0,48	0,73	0,36	0,00	0,73	0,69	0,94	0,53	0,68
Zn				1,00	-0,00	-0,15	-0,13	-0,19	-0,21	-0,32	0,12	-0,19	-0,23
					0,99	0,29	0,35	0,17	0,15	0,03	0,39	0,20	0,10
MO					1,00	0,16	0,16	0,42	0,48	0,38	0,03	0,55	0,30
						0,27	0,26	0,00	0,00	0,01	0,82	<0001	0,04
pH						1,00	-0,04	-0,19	0,59	0,42	-0,41	0,01	0,85
							0,78	0,19	<,0001	0,00	<,0001	0,97	<,0001
P								0,05	0,24	0,31	0,12	0,36	0,08
								0,73	0,09	0,03	0,40	0,10	0,59
K								1,00	0,08	0,13	0,26	0,34	0,04
									0,60	0,37	0,07	0,14	0,79
Ca									1,00	0,86	-0,47	0,74	0,78
										<,0001	0,00	<,0001	<,0001
Mg										1,00	-0,35	0,74	0,88
											0,14	<,0001	<,0001
H+AL											1,00	0,23	-0,48
												0,11	0,00
CTC												1,00	0,35
													0,01

⁽¹⁾Coefficiente de Correlação de Pearson; ⁽²⁾Nível de significância para rejeição da hipótese de coeficiente de correlação igual a zero: valores multiplicados por 100 indicam % de probabilidade, ⁽³⁾Produtividade.

Na Tabela 3.6 são apresentados os valores máximos, mínimos, médio e coeficientes de variação (CV) para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, obtidos pela análise foliar. Os maiores coeficiente de variação foram obtidos para P e Mn. Os altos valores de coeficiente de variação do P e Mn reforçam a alta variabilidade espacial destes nutrientes no solo, consequência dos mecanismos de movimento do solo por difusão. O teste de Shapiro-Wilk foi significativo para todas as variáveis, indicando que existem desvios da distribuição normal.

Observa-se na Tabela 3.6 que os valor médio do nutriente P (0,43 dag kg⁻¹) está acima do nível considerado adequado por Malavolta et al. (1997), enquanto que os

valores médios de Ca (0,33dag kg⁻¹), Zn (13,83 mg kg⁻¹) Mn (69,84 mg kg⁻¹), Cu (6,8 mg kg⁻¹), S (0,08 dag kg⁻¹) e Mg (0,14 dag kg⁻¹) estão abaixo dos níveis adequados e os valores médios de K (1,10 dag kg⁻¹), N (1,95 dag kg⁻¹) e Fe (311,90 mg kg⁻¹) adequados.

Tabela 3.6. Valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (CV) e teste W para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn de folhas de cana orgânica em 128 pontos de amostragem em Goiatuba, GO.

Variável	Média	Mínimoo	Máximo	CV, %	Teste W ⁽¹⁾
N (dag kg ⁻¹)	1,95	1,71	2,41	5,96	0,89** ⁽²⁾
P (dag kg ⁻¹)	0,43	0,25	3,33	97,15	0,21**
K (dag kg ⁻¹)	1,10	0,92	1,26	6,03	0,97**
Ca (dag kg ⁻¹)	0,33	0,20	0,90	32,03	0,50**
Mg (dag kg ⁻¹)	0,14	0,10	0,20	35,53	0,62**
S (dag kg ⁻¹)	0,08	0,06	0,12	19,84	0,85**
Cu (mg kg ⁻¹)	6,80	4,00	12,00	31,30	0,92**
Fe (mg kg ⁻¹)	311,90	260,00	396,00	9,33	0,97**
Mn (mg kg ⁻¹)	69,84	35,00	600,00	114,44	0,27**
Zn (mg kg ⁻¹)	13,83	9,80	32,60	29,89	0,53**

⁽¹⁾ Teste de Shapiro-Wilk; ⁽²⁾ Nível de significância do teste Shapiro-Wilk: (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade e (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram obtidos por Gonçalves (2012) em cana orgânica em Goianésia-GO, que encontraram valores de P (0,50 dag kg⁻¹), Mn (59,08 mg kg⁻¹), Cu (2,4 mg kg⁻¹), S (0,12 dag kg⁻¹) e Zn (12,07 mg kg⁻¹), corroborados pelos resultados obtidos no presente trabalho.

O elevado teor de P nas folhas da cana-de-açúcar orgânica deve-se à aplicação de fosfatos naturais, que por possuírem baixa reatividade, proporcionam liberação gradativa para a cultura, diminuindo o processo de sorção pelo solo e aumentando a disponibilidade para as plantas por um tempo prolongado. Existe, também, a possibilidade de melhoria da disponibilidade de P do solo pela aplicação da torta de filtro que é explicada devido ao aumento da quantidade diretamente disponível de P, e à presença do nutriente no resíduo, pois suas reservas são escassas e caras, e a ação indireta, melhorando as propriedades químicas do solo (Oliveira, 2000).

Segundo Busato et al. (2005), no sistema de manejo da cana-de-açúcar sem queima, há um favorecimento da disponibilidade e acúmulo de P menos estável devido ao grande grau de humificação da matéria orgânica no solo, apresentando assim baixo conteúdo de P na solução do solo. Os níveis críticos de P no solo e na parte aérea das

plantas decresceram exponencialmente de acordo com a idade de crescimento das plantas para forrageiras tropicais em Latossolo Vermelho Amarelo (Santos et al., 2002).

O S, assim como outros nutrientes, apresenta significativa importância no desenvolvimento das plantas, por fazer parte da constituição protéica, síntese de clorofila, formação de ferredoxina, entre outros constituintes (Alvarez et al., 2007). A deficiência de S encontrada não era esperada, pois foram realizadas aplicações de enxofre agrícola na área e gessagem, entretanto o S existente no solo poderia ter se perdido com a oxidação da matéria orgânica, causada pelos elevados teores de Fe no solo.

Os maiores coeficientes de variação foram obtidos para os teores de Mn (114,44%), P (97,15%), Mg (35,53%), Ca (32,03%), Cu (31,30%) e Zn (29,89). O teste de Shapiro-Wilk foi significativo para todas as variáveis, indicando que existem desvios da distribuição normal.

Quanto a distribuição de frequência para as variáveis da análise foliar (Tabela 3.7), o nutriente que apresentou maiores porcentagens de amostras acima do nível adequado descritos por Malavolta et al. (1997) foi o P com 100%, enquanto que os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras abaixo dos níveis adequados foram S (100%) e Zn (100%); Ca (98,0%); Mn (98,0%); Cu (62,0%) e Mg (62,0%) sendo que, 100% das amostras de Fe enquadram-se no nível adequado.

Apesar da grande quantidade no solo e das interações negativas com outros elementos, o Fe na folha apresentou 100% adequado reforçando a importância da diagnose nutricional no solo e na folha, suas interações e também correlações.

A ordem de limitação dos nutrientes nas folhas da cana, considerando a porcentagens de amostras deficientes de cada nutriente, foi $S = Zn > Ca = Mn > Cu = Mg$ e, por excesso, foi P.

Tabela 3.7 Distribuição de frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtida pela análise de foliar em 128 pontos de amostragem de folhas de cana-planta orgânica no município de Goiatuba, GO.

Variável	Critério de Interpretação ¹		
	Abaixo	Adequado	Acima
	-----%-----		
N (dag kg ⁻¹)	40	56	4
P (dag kg ⁻¹)	0	0	100
K (dag kg ⁻¹)	48	52	0
Ca (dag kg ⁻¹)	98	2	0
Mg (dag kg ⁻¹)	62	38	0
S (dag kg ⁻¹)	100	0	0
Cu (mg kg ⁻¹)	62	30	8
Fe (mg kg ⁻¹)	0	100	0
Mn (mg kg ⁻¹)	98	0	2
Zn (mg kg ⁻¹)	100	0	0

⁽¹⁾Baseado nos níveis adequados descritos por Malavolta et al. (1997).

A Tabela 3.8 apresenta a matriz dos coeficientes de correlação linear entre os nutrientes da análise foliar. Correlações positivas ocorreram entre as variáveis P x Ca (0,78), P x Mn (0,97), Ca x Mn (0,76) e Mg x Cu (0,74).

Tabela 3.8 Matriz dos coeficientes de correlação linear entre os parâmetros de análise de folhas de cana orgânica de 128 pontos de amostragem em Goiatuba, GO.

Variável	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
N	-	0,08	0,00	0,27	0,43**	-0,21	0,32*	0,16	0,10	0,27
P	-	-	-0,05	0,78**	0,18	-0,13	0,33*	0,07	0,97**	-0,04
K	-	-	-	-0,23	0,12	0,24	-0,05	-0,14	-0,13	0,16
Ca	-	-	-	-	0,42**	0,17	0,51	0,04	0,76**	-0,04
Mg	-	-	-	-	-	-0,44**	0,74**	0,35*	0,07	0,20
S	-	-	-	-	-	-	-0,48**	-0,28	-0,08	0,17
Cu	-	-	-	-	-	-	-	0,23	0,26	0,03
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-0,05
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08

⁽¹⁾Coeficiente de Correlação de Pearson; ⁽²⁾ Nível de significância para rejeição da hipótese de coeficiente de correlação igual a zero: (ns) não-significativo; (*) significativo a 5%; e (**) significativo a 1%.

3.4. CONCLUSÕES

A avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar pode ser realizada pelo método dos níveis críticos sendo este adequado por possibilitar quais nutrientes se encontram em faixas adequadas ou em excesso/deficiência no solo.

Esse método de avaliação indicou a necessidade de se monitorar a aplicação de vinhaça e torta de filtro na cultura da cana de açúcar uma vez que o solo encontra-se com elevados teores de K e dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn ficando a ordem de limitação por excesso nesta área de $Fe = Mn > pH > Cu > V\% > Zn$.

O elemento Zn sofreu limitação por excesso tanto no solo quanto na folha. A ordem de limitação por deficiência na folha foi $S = Zn > Ca = Mn > Cu = Mg$ e por excesso foi P.

4 SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO (DRIS) PARA A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA EM GOIATUBA, GO

RESUMO

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) é um avanço na área da nutrição e adubação de plantas por permitir uma avaliação do estado nutricional das plantas e no solo, levando em consideração a relação entre eles, proporcionando, dessa forma, a ordenação dos principais elementos que limitam a produção. O aumento da demanda de indústrias processadoras no mercado de produtos orgânicos ter impulsionado o cultivo de cana-de-açúcar orgânica. Assim, o objetivo deste trabalho foi o de estabelecer normas DRIS para cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) orgânica em lavouras comerciais em Goiatuba-GO. O estudo foi realizado nos anos de 2009 e 2010 em condições de campo, nas áreas cultivadas com a cana-de-açúcar sob cultivo orgânico, ciclo cana-planta, na empresa Goiasa. Foram coletadas amostras de folhas quatro meses após o plantio. Os dois anos de coletas totalizaram 128 pontos amostrados. Observou-se que o DRIS estabeleceu critérios regionais de faixas de suficiência regionais para a cana-de-açúcar orgânica para o ciclo cana-planta. Neste sistema os nutrientes foliares que mais limitaram a produção por deficiência foram o $S > P > Mn > Zn$ e os que mais limitaram a produção por excesso foram $Cu > P > Mn$. Os limites inferiores e superiores das faixas dos nutrientes P, K e Fe aumentaram, os nutrientes Ca, Cu, Mn e Zn tiveram os limites inferior e superior reduzidos, enquanto os nutrientes N, Mg e S tiveram seus limites inferiores diminuídos e superiores aumentados.

Palavras-chave: normas, índices nutricionais, deficiência, excesso.

ABSTRACT

DIAGNOSIS AND RECOMMENDATION INTEGRATED SYSTEM (DRIS) FOR THE CULTURE OF ORGANIC SUGARCANE IN GOIATUBA, GO

The Integrated Diagnosis and Recommendation (DRIS) is a breakthrough in the area of nutrition and fertilization of plants by allowing an assessment of the nutritional status of plants and soil, taking into account the relation between them, providing thereby the ordering of main elements that limit production. The increased demand of processing industries in the organic market boosted the cultivation of cane sugar organic. The objective of this study was to establish DRIS norms for culture of sugarcane (*Saccharum officinarum*) in commercial organic crops in Goiatuba-GO. The study was conducted in the years 2009 and 2010 under field conditions in cultivated areas with cane sugar under organic farming, plant cane cycle, the company Goiasa. Leaf samples were collected four months after planting. The two years of collection totaled 128 sampling points. It was observed that the DRIS established regional criteria of regional sufficiency ranges for cane sugar for the organic plant cane cycle. In this system, foliar nutrients that more limited the production by deficiency were $S > P > Mn > Zn$ and those whose more limited the production by excess were $Cu > P > Mn$. The lower and upper limits of the ranges of nutrients P, K and Fe increased, Ca, Cu, Mn and Zn nutrients had reduced upper and lower limits, while nutrients N, K and S had reduced its lower limits and increased its upper limits.

Key-words: norms, nutritional indices, disability, excess.

4.1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é o maior produtor de açúcar de cana do mundo. A produção do açúcar no Estado de Goiás tende a crescer e, para isso, a utilização de moderna tecnologia agrícola tornar-se-á indispensável. Nesse sentido, a diagnose foliar é uma ferramenta eficiente, pois a planta é um extrator de nutrientes do solo, o que possibilita um diagnóstico nutricional direto (Beaufils, 1973). A interpretação de desequilíbrios nutricionais das culturas devem ser interpretadas associadas à análise do

solo. Portanto, preconiza-se a utilização de métodos que disponibilizem subsídios para um diagnóstico nutricional eficiente e prático, a partir de resultados analíticos das folhas de uma planta (Partelli et al., 2005).

A correta interpretação de resultados de análises foliares proporciona informações que favorecem o uso racional de insumos, evita desperdício, melhora o equilíbrio nutricional das plantas e, conseqüentemente, proporciona aumento da produtividade.

Nesse sentido, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), método preconizado por Beaufils (1973), tem como principal premissa relações duais entre os nutrientes. Nesse sistema, calculam-se índices para cada par de nutrientes, envolvendo a comparação das razões de cada par de nutrientes com as razões médias de uma população de referência, o que permite diagnosticar melhor o equilíbrio nutricional do que o teor individual dos nutrientes (Jones, 1981).

Para cana-de-açúcar no Brasil existem alguns relatos de trabalhos desenvolvidos usando o DRIS: Reis Júnior (1999) na região de Campos dos Goytacazes-RJ, Piperas (2008) em Presidente Prudente-SP e Gonçalves (2012) em Goianésia - GO.

O objetivo deste trabalho foi o de estabelecer normas DRIS para cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) orgânica em lavouras comerciais em Goiatuba-GO.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado durante os anos de 2009 e 2010, em áreas de produção de cana-de-açúcar orgânica comercial, irrigadas, pertencentes à usina Goiasa, no município de Goiatuba, Goiás.

A região de estudo, situa-se nas coordenadas geográficas 18 4' 29'' W e 49 41' 44'' S e 795 m de altitude média local (Brasil, 1983). O clima local é classificado, segundo Köppen, como tropical de savana, quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso (Aw), e média pluvial anual de 1200 a 1800 mm. O relevo é suave ondulado e o solo dessas áreas foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, de acordo com Embrapa (1999).

Nas áreas amostradas predominavam as variedades IAC915155, SP86155, IAC942094 e IAC911099. Todas as áreas amostradas estavam cultivadas com cana-planta e as coletas foram realizadas quatro meses após o plantio.

De acordo com os históricos das áreas foram realizadas aplicações de torta de filtro, enxofre e gesso agrícola, calcário, agalmatolito e a fertirrigação com a vinhaça.

As folhas para análise foram coletadas segundo metodologia proposta por Malavolta (1982), retirando-se uma folha por planta em quinze plantas diferentes, considerando os seguintes fatores: a) Uniformidade da área quanto ao tipo de solo, variedade, idade e tratos culturais; b) Tipo de folha (coletou-se a folha +3); c) Parte da folha (20 cm centrais, desprezando-se a nervura *in loco*); d) Época: início da estação chuvosa, de acordo com o manejo, que corresponde à 4 e seis meses de idade.

As folhas foram embaladas em sacos de papel, etiquetadas e transportadas para o laboratório de análises de solo e folha (LASF) na escola de agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG). O material foi colocado para secar em uma estufa de ventilação forçada a 65° C, sendo em seguida triturado em moinho de aço do tipo Wiley e armazenado em saquinhos de papel.

Com o material, foi feita digestão por ácidos para a obtenção de um extrato para análise dos teores foliares totais de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1978).

Para o cálculo dos Índices DRIS, de acordo com Beaufils (1973) e Malavolta et al. (1997), seguindo-se o critério de produção, as análises foliares foram divididas em dois subgrupos de alta produtividade, considerando como valor referencia 140 Mg ha⁻¹ (Piperas et al., 2009). Após a divisão dos sub-grupos foi realizado o teste de normalidade nos grupos pelo teste de Shapiro-Wilk. Para cada grupo também foram calculados a média, coeficiente de variação e variância de todas as possíveis relações. Para o cálculo dos índices DRIS primários, foi utilizado todas as relações N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn nas análises foliares. O procedimento utilizado para o cálculo dos índices DRIS foi o proposto por Alvarez & Leite (1992). Os índices DRIS foram calculados pela média das relações diretas e inversas conforme a equação (1).

$$\text{Índice A} = \frac{Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(A/N) - Z(B/A) - Z(C/A) - \dots - Z(N/A)}{2(n-1)} \quad (1)$$

Em que:

- $Z(A/B)$ até $Z(N/A)$ são as relações normais reduzidas diretas ou inversas dos teores de todos os nutrientes em relação ao nutriente A;
- n = o número de nutrientes envolvidos.

As funções reduzidas foram calculadas pelo procedimento de Beaufils (1971, 1973), conforme as equações (2) e (3).

$$Z(A/B) = \left(\frac{A/B}{a/b} - 1 \right) \frac{K_t}{CV_{a/b}} \quad \text{Se } A/B > a/b \quad (2)$$

$$Z(A/B) = \left(1 - \frac{a/b}{A/B} \right) \frac{K_t}{CV_{a/b}} \quad \text{Se } a/b > A/B \quad (3)$$

Onde:

- A/B - é o quociente dos teores dos nutrientes A e B da amostra em análise e interpretação;
- a/b - é a média da razão dos nutrientes A e B da população de referência;
- $CV_{a/b}$ - é o coeficiente de variação da razão dos nutrientes A e B da população de referência, que satisfaz definido nível mínimo de produtividade;
- K_t - é o coeficiente de sensibilidade que tem valor arbitrário, normalmente 100, 500 ou 1.000.

Os índices DRIS foram interpretados pelo procedimento padrão proposto por Beaufils (1971), onde todos os nutrientes com índices menores que zero foram considerados deficientes. O cálculo do índice de balanço nutricional foi calculado pela soma, em módulo, dos índices DRIS. Quanto menor for o IBN, mais próxima a amostra estará do equilíbrio nutricional (Beaufils, 1973).

Foi determinada uma faixa de suficiência para os nutrientes analisados. Para a determinação dessa faixa de suficiência foi feito uma regressão entre os valores dos índices DRIS e os dos valores dos nutrientes no solo e folha. Das equações geradas nessas regressões, igualou-as a zero e o resultado foi somado ao desvio padrão ($\pm$ desvio padrão) extraído da população de referência (alta produtividade) e da população total. A estratégia de se usar o desvio padrão dos dados totais da população permite a obtenção de amplitudes maiores nos valores da faixa de suficiência.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Normas

Na Tabela 4.1 são apresentadas as concentrações médias, o desvio padrão e o coeficiente variação dos nutrientes e suas relações dois a dois nas populações mais produtivas nas áreas de cana-planta e a comparação com normas de Reis Júnior (1999).

Tabela 4.1. Normas para as variáveis da análise de folha e suas relações dois a dois utilizadas para o cálculo dos índices DRIS no município de Goiatuba GO e a comparação com as normas segundo Reis Júnior (1999) para cultura da cana-de-açúcar orgânica.

Variável	Autor do trabalho ¹			Reis Junior (1999) ²		
	Média	CV (%)	DP	Normas		
	Média	CV (%)	DP	Média	CV (%)	Teste F
Pod. (Mg ha ¹)	208,67	27,79	58,00	89,40	15,10	3363,82**
N (g kg ⁻¹)	12,42	26,17	3,25	14,90	14,40	0,11ns
P (g kg ⁻¹)	3,69	26,50	0,98	2,12	15,00	0,01ns
K (g kg ⁻¹)	12,50	16,88	2,11	12,40	15,90	0,04ns
Ca (g kg ⁻¹)	2,39	30,35	0,73	3,44	30,30	0,01ns
Mg (g kg ⁻¹)	1,37	39,19	0,54	2,68	30,30	0,00ns
S (g kg ⁻¹)	1,67	21,19	0,35	1,89	15,40	0,00ns
Cu (mg kg ⁻¹)	3,56	41,55	1,48	5,00	15,50	2,19**
Fe (mg kg ⁻¹)	467,58	25,46	119,03	-	-	-
Mn (mg kg ⁻¹)	55,92	40,56	22,68	74,40	28,90	514,31**
Zn (mg kg ⁻¹)	9,33	63,65	5,94	14,30	11,30	35,28**

N/P	3,50	28,50	1,00	7,21	20,50	1,00ns
P/N	0,31	27,05	0,08	0,15	21,90	0,01ns
N/K	1,03	36,62	0,38	1,24	26,10	0,14 ns
K/N	1,06	27,46	0,29	0,84	18,80	0,09 ns
N/Ca	5,58	37,40	2,09	4,94	46,00	4,35**
Ca/N	0,21	40,51	0,08	0,24	42,20	0,01 ns
N/Mg	10,16	40,30	4,09	6,18	35,60	16,75**
Mg/N	0,12	45,23	0,05	0,19	42,30	0,00 ns
N/S	8,03	49,00	3,93	8,07	19,10	15,48**
S/N	0,14	36,89	0,05	0,13	21,00	0,00 ns
N/Cu	0,39	42,88	0,17	3,04	18,50	0,03 ns
Cu/N	3,00	41,03	1,23	0,30	19,00	1,51 ns

Variável	Autor do trabalho ¹			Reis Junior (1999) ²		
	Média	CV (%)	DP	Normas		
				Média	CV (%)	Teste F
N/Zn	0,18	59,86	0,11	1,05	12,90	0,01 ns
Zn/N	8,41	87,78	7,38	0,97	13,80	54,44**
N/Mn	0,03	63,70	0,02	0,21	21,90	0,00 ns
Mn/N	46,56	42,76	19,91	4,95	20,20	396,40**
N/Fe	0,00	38,16	0,00	-	-	-
Fe/N	403,86	39,30	158,70	-	-	-
P/K	0,31	36,42	0,11	0,18	40,50	0,01 ns
K/P	3,66	35,54	1,30	6,03	24,40	1,69 ns
P/Ca	1,66	41,34	0,69	0,67	33,70	0,47 ns
Ca/P	0,69	39,23	0,27	1,66	34,30	0,07 ns
P/Mg	2,98	36,51	1,09	0,89	42,80	1,19 ns
Mg/P	0,39	44,08	0,17	1,30	32,80	0,03 ns
P/S	2,36	42,76	1,01	1,14	19,50	1,02 ns
S/P	0,48	32,72	0,16	0,91	18,10	0,02 ns
P/Cu	0,12	41,03	0,05	0,43	12,10	0,00 ns
Cu/P	10,22	45,66	4,67	2,38	13,30	21,77**
P/Fe	-	45,00	0,00	-	-	-
Fe/P	1386,22	43,32	600,49	-	-	-
P/Mn	0,01	59,64	0,00	0,03	38,90	0,00 ns
Mn/P	156,58	43,26	67,73	36,30	33,50	4587,88**
P/Zn	0,06	70,20	0,04	0,15	18,90	0,00 ns
Zn/P	27,46	69,91	19,20	6,87	17,40	368,49**
K/Ca	5,68	34,51	1,96	4,02	39,10	3,84**
Ca/k	0,20	45,93	0,09	0,30	56,20	0,01 ns
K/Mg	10,30	34,93	3,60	5,07	32,50	12,94**
Mg/K	0,11	49,59	0,06	0,23	54,90	0,00 ns
K/S	7,95	31,84	2,53	6,74	22,80	6,41**
S/K	0,14	32,51	0,04	0,16	39,90	0,00 ns
K/Cu	0,41	43,19	0,18	2,57	26,70	0,03 ns
Cu/K	2,97	47,78	1,42	0,43	36,20	2,01**
K/Fe	-	28,54	-	-	-	-
Fe/K	384,22	30,70	117,95	-	-	-
K/Mn	0,03	70,19	0,02	0,18	27,80	0,00ns
Mn/K	46,62	47,49	22,14	6,17	34,30	490,25**
K/Zn	0,17	48,94	0,09	0,88	18,30	0,01 ns
Zn/K	7,65	65,52	5,01	1,20	33,00	25,11**
Ca/Mg	1,92	35,32	0,68	1,34	32,30	0,46 ns
Mg/Ca	0,61	47,94	0,29	0,81	28,90	0,08 ns
Ca/S	1,51	41,54	0,63	1,86	31,20	0,39 ns
S/Ca	0,74	31,33	0,23	0,61	42,20	0,05 ns
Ca/Cu	0,08	41,45	0,03	0,71	32,30	0,00 ns
Cu/Ca	15,68	43,62	6,84	1,61	40,90	46,79**

Variável	Autor do trabalho ¹			Reis Junior (1999) ²		
	Média	CV (%)	DP	Normas		
				Média	CV (%)	Teste F
Ca/Fe	-	36,50	-	-	-	-
Fe/Ca	2072,66	32,72	678,23	-	-	-
Ca/Mn	0,01	75,23	-	0,05	50,00	0,00 ns
Mn/Ca	253,94	51,85	131,66	25,40	62,10	17334,62**
Ca/Zn	0,03	51,88	0,02	0,25	35,30	0,00 ns
Zn/Ca	40,64	68,46	27,82	4,61	39,70	774,08**
Mg/S	0,89	58,59	0,52	1,43	27,10	0,27 ns
S/Mg	1,38	37,29	0,51	0,76	31,00	0,26 ns
Mg/Cu	0,04	45,35	0,02	0,55	33,60	0,00 ns
Cu/Mg	28,43	44,22	12,57	2,05	38,70	158,01**
Mg/Fe	0,00	51,84	0,00	-	-	-
Fe/Mg	3898,33	42,61	1660,96	-	-	-
Mg/Mn	0,00	75,96	0,00	0,04	44,60	0,00 ns
Mn/Mg	467,80	54,82	256,47	30,30	39,50	65775,58**
Mg/Zn	0,02	65,21	0,01	0,19	30,30	0,00 ns
Zn/Mg	74,60	69,61	51,92	5,77	29,70	2696,05**
S/Cu	0,05	42,64	0,02	0,38	17,70	0,00 ns
Cu/S	24,14	87,43	21,10	2,69	17,80	445,31**
S/Fe	0,00	25,92	0,00	-	-	-
Fe/S	2886,48	26,77	772,83	-	-	-
S/Mn	0,00	68,64	0,00	0,03	30,20	0,00 ns
Mn/S	357,33	51,54	184,17	39,90	28,20	33917,09**
S/Zn	0,02	51,85	0,01	0,13	12,70	0,00 ns
Zn/S	58,38	68,91	40,23	7,66	13,40	1618,45**
Cu/Fe	0,01	61,34	0,01	-	-	-
Fe/Cu	156,00	55,10	85,96	-	-	-
Cu/Mn	0,08	83,89	0,07	0,07	35,40	0,00 ns
Mn/Cu	17,86	52,62	9,40	15,30	31,90	88,33**
Cu/Zn	0,50	60,24	0,30	0,35	16,80	0,09 ns
Zn/Cu	2,98	70,27	2,09	2,91	15,90	4,38**
Fe/Mn	11,05	72,79	8,04	-	-	-
Mn/Fe	0,13	52,34	0,07	-	-	-
Fe/Zn	63,03	43,51	27,42	-	-	-
Zn/Fe	0,02	67,74	0,01	-	-	-
Mn/Zn	8,80	77,71	6,84	5,23	27,00	46,73**
Zn/Mn	0,23	88,56	0,21	0,21	25,80	0,04ns

¹ Normas DRIS para cultura da cana-de-açúcar orgânica obtidas de uma população com 128 observações de alta produtividade no município de Goiatuba, GO; ² Normas obtidas por Reis Júnior (1999) em Campos dos Goytacazes (RJ); ³ Razão entre a variância do autor do trabalho e Reis Júnior (1999). CV – Coeficiente de Variação. DP – Desvio Padrão. ns – não significativo e ** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Comparando-se as médias dos nutrientes nas folhas no subgrupo mais produtivo com as faixas de concentração propostas por Malavolta et al. (1997), verifica-se que os teores médios dos nutrientes foliares não diferiram dos da população média total, antes da divisão dos dados, com exceção do N, que passou a ser classificado abaixo da faixa adequada.

Os nutrientes que estão abaixo da faixa adequada são N, Ca, Cu, Mn, Zn, Mg e S. Na faixa adequada estão K e Fe e, na faixa alta, o P. Resultados semelhantes foram encontrados por Gonçalves (2012) para cana orgânica em Goianésia-GO, que identificou os nutrientes S, Cu, Zn e Mn abaixo dos níveis adequados e P em excesso.

Comparando os valores médios dos nutrientes com os encontrados por Reis Júnior (1999) com DRIS em cana-de-açúcar convencional no Rio de Janeiro, observam-se semelhanças entre os resultados para os nutrientes Ca, Cu, Mn, Zn e S pelos critérios de Malavolta et al. (1997).

Malavolta & Kliemann (1985) consideraram o Zn o micronutriente mais limitante por deficiência em cultivos no cerrado. Para mangueiras, no semi-árido brasileiro, Politi et al. (2013) encontraram como nutrientes mais limitantes a produção o Zn, Fe e Cu. No início da década de 80 já havia sido observado por Lopes (1984) que 79% dos solos sob Cerrado apresentam entre $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ e $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn. Mesmo com os teores médios de Zn de $9,33 \text{ mg dm}^{-3}$ encontrados no presente trabalho e que se encontram acima dos obtidos por Lopes (1984), os níveis de Zn encontram-se abaixo da faixa considerada adequada. As condições de solo que provocam a deficiência deste micronutriente são o baixo teor de Zn e matéria orgânica no solo, calagem excessiva ou mal feita e excessos de N, P, Ca, Mg, Cu, Fe e metais pesados.

O excesso do nutriente P e a deficiência de Zn podem ser atribuídos à gessagem, fosfatagem, aplicação de fertirrigação com vinhaça e torta de filtro pela usina. Segundo Malavolta & Gorostiaga (1974), a calagem e a adubação fosfatada podem provocar deficiências de Zn por meio da diminuição da absorção do elemento provocada pelo P (inibição não competitiva) e insolubilização do Zn pelo calcário.

Olsen (1972) resumiu em quatro itens as possibilidades de efeito de uma adubação: (a) interação dos nutrientes no solo, podendo haver competição pelo mesmo sítio de absorção; (b) diminuição da taxa de translocação das raízes para a parte aérea; (c) um simples efeito de diluição na concentração de um nutriente em função do maior crescimento promovido pela aplicação de outro nutriente; e (d) um metabolismo celular desordenado devido a um desbalanço entre dois nutrientes.

Bhupal & Rao (2006) relataram que em experimentos de adubação de longa duração Fe e Zn foram indicados como os nutrientes mais limitantes pelo método DRIS nos tratamentos de maior produtividade.

A deficiência de Zn também parece refletir no número de pomares com excesso de P, que chega a atingir 22,8% dos pomares, o que sugere um possível desbalanço na nutrição de P e Zn, nutrientes com antagonismo conhecido em várias culturas (Marschner, 1995).

Altas concentrações de P inibem a movimentação do Fe na planta (Olsen, 1972), sendo mais acentuada em solos com o pH 7 ou maior. Olsen (1972) descreve que, com a aplicação de P, a redução do conteúdo de Zn depende do balanço de fatores, como o incremento em produção devido ao nutriente aplicado e da concentração de Zn na copa da planta. Tiffin (1972) descreve que, dependendo da relação Ca/P, pode haver inibição da absorção e translocação do Fe. Essa relação do P com os micronutrientes catiônicos podem ser observados quando os coeficientes de correlação indicam que aumentos nos teores de P contribuem para deficiência de Fe, Mn e Zn, principalmente.

Foy et al. (1988) observam que o aumento da concentração interna de P pode abaixar a concentração de Mn em alfafa e tabaco. Outros trabalhos realizados com cafeeiro arábica relata deficiência nutricional de B, Cu e Mn (Martinez et al., 2003; Barbosa et al., 2006) e também de Zn, que é tido como um nutriente bastante limitante nas lavouras cafeeiras (Reis Jr. et al., 2002; Barbosa et al., 2006).

Apesar de ser observado sinergismo entre Mn/Ca, Moore (1972) e Clarkson (1988) relata grande diminuição na absorção de Mn quando em presença de Ca e Mg, com o incremento na absorção destes. Malavolta et al. (1997) afirmam que, quando Ca e K são aplicados ao solo, competem efetivamente com Mg, causando deficiência induzida.

O Ca, com sua atuação na estabilidade funcional da membrana, acaba por favorecer o incremento dos teores de micronutrientes, mesmo que alguns sofram com a inibição competitiva que o Ca, quando presente, exerce sobre eles (Malavolta et al., 1997). Esse nutriente, em teores elevados, dificulta a absorção do K, mas em teores mais baixos, favorece a entrada deste elemento na planta (Malavolta et al., 1997).

O K foi apontado por Moore (1972) como responsável pela redução na absorção de Mn, o que é confirmado no presente trabalho. Foy et al. (1988) notaram diminuição na concentração de Mn nas folhas e incremento do peso de matéria fresca devido à interação com K.

Comparando-se os valores das observações do teste F das normas para Goiatuba-GO e Reis Junior (1999), verifica-se que para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S não houveram diferenças significativas, bem como 52% das relações dos nutrientes não diferiram significativamente. Gonçalves (2012) comparando seu trabalho com este mesmo autor obteve 40 relações que não diferiram significativamente das normas estabelecidas para cana convencional em Campo de Goytacazes.

Nutrientes como Zn, Fe e Mn, que mostram grande variabilidade de concentrações, principalmente devido às condições edafoclimáticas, são alguns exemplos preocupantes para a interpretação dos nutrientes com normas universais. Além das diferentes condições edafoclimáticas proporcionadas por cada região, outros fatores podem causar divergências entre normas DRIS, como por exemplo, o sistema de cultivo (orgânico ou convencional), a produtividade da população de referência e as diferenças varietais. Cunha (2002) publicou normas DRIS para a cultura da soja sob sistema de plantio direto e convencional e observou diferenças significativas nas relações de nutrientes.

Partelli et al. (2006) observaram diferenças nas relações de nutrientes após estabelecerem normas para cultura do café orgânico e convencional no Estado do Espírito Santo. Os resultados acima enfatizam a necessidade de se estabelecerem normas regionais para aplicação satisfatória do método DRIS. Mas além da regionalidade das normas, outros fatores devem ser observados, como a produtividade da população de referência, o sistema de cultivo, e as cultivares utilizadas.

A particularização da população de referência quanto às condições edafoclimáticas e, especialmente quanto ao manejo do solo, pode se constituir um refinamento importante para melhorar a precisão dos diagnósticos de problemas nutricionais.

4.3.2. Interpretação dos Índices DRIS

São apresentados os índices DRIS para cada nutriente em cada ponto de amostragem nas áreas da Usina Goiasa no município de Goiatuba, GO (Anexo 1), para análise foliar da cultura da cana-de-açúcar orgânica. A ordem decrescente quanto à limitação (deficiência e excesso) e o Índice de Balanço Nutricional (INB) também foram apresentados para cada ponto de amostragem.

Os índices DRIS para as variáveis foliares para o sistema cana-planta foram calculados e a partir disso, extraiu-se a ordem de limitação para as diferentes áreas amostradas, com as normas para produtividade maior que 140 Mg ha⁻¹.

Na Figura 4.1, observa-se que os índices DRIS mais negativos para as variáveis foliares ocorreram na seguinte ordem: S > P > Mn > Zn > Cu > Mg > N > K > Fe > Ca, diferente da ordem de limitação por deficiência obtida pelos Níveis Críticos, conforme consta no capítulo II, que evidenciou S = Zn > Ca = Mn > Cu = Mg.

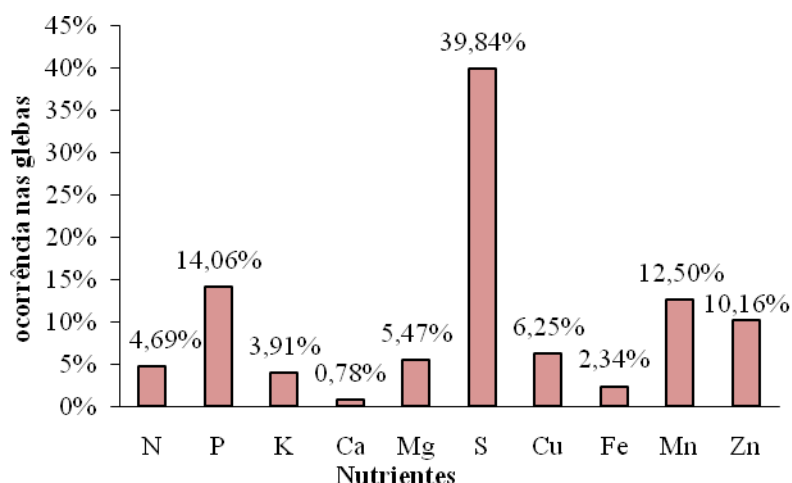


Figura 4.1. Resumo da interpretação dos índices DRIS mais negativos para as variáveis foliares para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana planta (normas com produtividade maior que 140 Mg ha⁻¹), para as safras 2009/2010 e 2010/2011, no município de Goiatuba, Goiás.

Dos índices foi extraída a ordem de limitação por excesso para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana-planta, com as normas para produtividade maior que 140 Mg ha⁻¹ (Figura 4.2), onde tem-se que a interpretação dos índices DRIS mais positivos para as variáveis foliares ocorreram na seguinte ordem Cu > P > Mn > Zn > Mg = N > K > Fe > Ca, diferente da ordem de limitação por excesso obtida pelos Níveis Críticos, conforme consta no capítulo II, que evidenciou o nutriente P.

Gonçalves (2012) trabalhando com cana, sob o mesmo sistema de cultivo, no município de Goianésia-GO, obteve resultados discordantes, onde a interpretação dos índices DRIS mais negativos foram: P > N = Mg = S > Fe > Mn > Ca > K = Zn > Cu e os mais positivos foram: S > Mg > Cu = Mn > Fe > N = K > Ca > Zn.

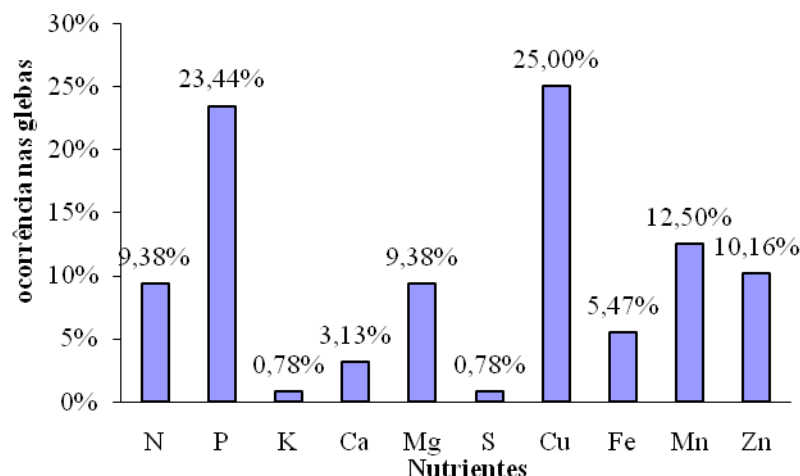


Figura 4.2. Resumo da interpretação dos índices DRIS mais positivos para as variáveis foliares para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana planta (normas com produtividade maior que 140 Mg ha⁻¹), para as safras 2009/2010 e 2010/2011, no município de Goiatuba, GO.

Sumner (1990) após revisar a metodologia DRIS e salienta que os índices somente classificam os nutrientes em ordem relativa, a qual não permite inferir que qualquer nutriente em particular é deficiente, mas somente que ele é insuficiente relativamente aos outros nutrientes. Entretanto, mesmo que um índice seja mais negativo, uma resposta em produtividade pode não ser obtida necessariamente, pois deve haver outro fator mais limitante. Ainda de acordo com Sumner (1990), quando corretamente utilizado, tanto o método tradicional quanto o DRIS podem ser eficientes e úteis no fornecimento de informações que auxiliem o diagnóstico nutricional da cultura.

Segundo Beaufils (1973) não existe uma metodologia determinada para a definição do nível de corte entre duas sub-populações, sendo que o mais importante é a validade dos resultados finais obtidos. Com base nesta afirmação e revendo-se um dos conceitos básicos do DRIS, no que diz respeito ao IBN, procurou-se utilizar este fator no auxílio da definição das normas que alicerçarão todo o trabalho de diagnose nutricional.

De acordo com Bataglia & Santos (1990) e Leite (1993), o DRIS fornece uma informação muito importante que é o índice de balanço nutricional (IBN), que consiste na soma de valores absolutos dos índices DRIS de cada nutriente, que indica o estado nutricional de cada lavoura, onde, quanto menor for o IBN, melhor será o estado nutricional da lavoura em questão (Leite, 1993). Com base nesta hipótese, o Anexo 1 apresenta para cada uma das amostras existentes o IBN correspondente. Todos os pontos amostrados possuem IBN elevados variando de 41 a 867, distantes de zero, o que não

interferiu na obtenção de elevadas produtividades. Resultados semelhantes foram encontrados por Gonçalves (2012), que obteve valores de IBN variando de 33 a 397.

Trabalhando com cana-de-açúcar no sistema convencional Piperas (2008) observou que o maior coeficiente de correlação (r) entre o IBN e a produtividade usada para o ponto de corte foi de -0,46, obtido com 140 Mg ha⁻¹. Dentre as diversas produtividades adotadas como ponto de corte, a de 140 Mg ha⁻¹ foi a que melhor se correlacionou com o IBN da população amostrada em sua pesquisa.

Na Tabela 4.2 são apresentados os ajustes de equações de regressão polinomiais entre o teor do nutriente (variável independente) e o índice DRIS (variável dependente), respectivamente para as análises foliar e do solo. As equações foram significativas para todas as variáveis pelo teste F.

Na análise foliar da cana-planta orgânica, os coeficientes de regressão para todos os nutrientes foram altos. Sabe-se que os altos coeficientes de regressão aumentam a confiabilidade dos níveis de suficiência regional para estas variáveis nas análises foliares.

Tabela 4.2. Equações de regressão polinomial entre a concentração da variável (Y) e o seu índice DRIS (X) na análise foliar, coeficiente de regressão (r^2), Nível de Suficiência Regional (NSR), e teste F para cana planta orgânica em Goiatuba,GO.

Nutriente	NSR	Equação do 2º grau						r^2 /teste F ¹
		a	b	c	d	e	f	
N (g kg ⁻¹)	1,24	y = 1,24	+	0,029	x	+	0,0150	0,81 **
P (g kg ⁻¹)	0,21	y = 0,21	+	0,010	x	+	0,0000	0,98 **
K (g kg ⁻¹)	1,25	y = 1,25	+	0,021	x	+	0,0002	0,77 **
Ca (g kg ⁻¹)	0,23	y = 0,23	+	0,006	x	+	0,0008	0,93 **
Mg (g kg ⁻¹)	0,13	y = 0,13	+	0,004	x	+	0,0007	0,83 **
S (g kg ⁻¹)	0,17	y = 0,17	+	0,002	x	+	0,0001	0,88 **
Cu (g kg ⁻¹)	3,5	y = 3,5	+	0,118	x	+	0,0013	0,94 **
Fe (g kg ⁻¹)	464,2	y = 464,2	+	10,31	x	+	0,1036	0,88 **
Mn (g kg ⁻¹)	57,0	y = 57,0	+	1,53	x	+	0,0125	0,98 **
Zn (g kg ⁻¹)	8,9	y = 8,9	+	0,31	x	+	0,0027	0,93 **

¹ Nível de significância do teste F: **significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Através dos níveis de suficiência regional foram obtidas as faixas de suficiência (Tabelas 4.3) para cada variável da análise de folha e comparadas às faixas de concentração ou níveis críticos conforme Malavolta et al. (1997). Assim, verifica-se na Tabela 4.3 que os limites inferior e superior das faixas dos nutrientes P, K e Fe aumentaram, em contrapartida os nutrientes Ca, Cu, Mn e Zn tiveram os limites inferior e

superior reduzidos. Entretanto, os nutrientes N, Mg e S tiveram seus limites inferiores diminuídos e os superiores aumentados.

Tabela 4.3. Faixas de suficiência dos principais nutrientes foliares para o cana-de-açúcar orgânica determinados com o uso do desvio padrão da população de alta produtividade, estabelecidas pelo método DRIS, na região de Goiatuba, GO, comparadas com a faixa de suficiência recomendada por Malavolta et al. (1997).

Variável	Dados Regionais ¹		Malavolta et al. (1997)	Gonçalves (2012)
	NS	Faixa suficiência		
N (g kg ⁻¹)	1,24	1,24 a 4,49	1,90 a 2,10	2,64 a 3,07
P (g kg ⁻¹)	0,21	0,21 a 1,19	0,20 a 0,24	0,52 a 0,60
K (g kg ⁻¹)	1,25	1,25 a 3,36	1,10 a 1,30	1,29 a 1,41
Ca (g kg ⁻¹)	0,23	0,23 a 0,96	0,80 a 1,00	0,91 a 1,28
Mg (g kg ⁻¹)	0,13	0,13 a 0,67	0,20 a 0,30	0,44 a 0,67
S (g kg ⁻¹)	0,17	0,17 a 0,52	0,25 a 0,30	0,11 a 0,13
Cu (g kg ⁻¹)	3,5	3,5 a 4,98	8 a 10	2,36 a 3,05
Fe (g kg ⁻¹)	464,2	464,2 a 583,23	200 a 500	266,1 a 326,4
Mn (g kg ⁻¹)	57,0	57,0 a 79,68	100 a 250	53,9 a 78,8
Zn (g kg ⁻¹)	8,9	8,9 a 14,84	25 a 50	12,2 a 14,3

¹ Obtida através da soma do Nível de Suficiência (NS) com o Desvio Padrão (DP) da População de referência, sendo NS o limite inferior e o limite superior a soma com DP.

Ao se comparar os dados regionais com os obtidos por Gonçalves (2012) em cana orgânica no município de Goianésia-GO, observa-se que os limites inferior e superior das faixas dos nutrientes S, Cu, Fe e Mn aumentaram, em contrapartida o nutriente Ca, teve o limite inferior e superior reduzido. Entretanto, os nutrientes N, P, K, Mg e Zn tiveram seus limites inferiores diminuídos e os superiores aumentados.

Segundo Reis Junior & Monnerat (2003), os teores foliares adequados de nutrientes estabelecidos para cana-de-açúcar em Campos Goytacazes foram: 13,4 g ha⁻¹ de N; 1,91 g ha⁻¹ de P; 12,2 g ha⁻¹ de K; 2,99 g ha⁻¹ de Ca; 2,15 g ha⁻¹ de Mg; 1,61 g ha⁻¹ de S; 4,48 mg ha⁻¹ de Cu; 67,8 mg ha⁻¹ de Mn e 11,7 mg ha⁻¹ de Zn, sendo que neste estudo as normas DRIS avaliadas serão úteis na correção dos desequilíbrios nutricionais e no aumento da produtividade da cana-de-açúcar.

4.4. CONCLUSÕES

1. O DRIS estabeleceu critérios regionais de faixas de suficiência para o ciclo cana-planta para a cultura da cana-de-açúcar orgânica para a variável folha;
2. A ordem dos nutrientes mais negativos foi: $S > P > Mn > Zn > Cu > Mg > N > K > Fe > Ca$ e a ordem dos mais positivos foi: $Cu > P > Mn > Zn > Mg = N > K > Fe > Ca$.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos resultados encontrados, conclui-se que:

1. A cultura da cana-de-açúcar orgânica apesar de possuir destaque na região dos Cerrados, é carente em pesquisas que estabeleçam critérios regionais de adubação;
2. A região do Cerrado possui características e necessidades nutricionais muito específicas e bastante diferenciadas das de outras regiões;
3. Existem diferenças na deficiência e excesso de nutrientes apresentados pelos métodos de Níveis Críticos e DRIS;
4. Pesquisas na área da fertilidade e adubação dos solos do Cerrado podem trazer ganhos à cultura da cana-de-açúcar orgânica, seja por aumentos na produção, pela otimização no uso dos insumos orgânicos e pela preservação dos recursos naturais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. M. de. Produção orgânica de café gera lucros e satisfação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 214/215, jan./abr., p. 1- 4, 2002.

ALTIERI, M. **Agrobiologia**: Bases científicas para a agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ALVAREZ, V. H.; LEITE, R. A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculos dos índices dos nutrientes no Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 20.; **Anais**, Resumos, Piracicaba, 1992, p.186-187.

ALVAREZ V, V.H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C.H.; PEREIRA, N.F. Enxofre. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.10, p.595-635.

ALVES, A. R., PASSOS, M. A. A., HOLANDA, A. C. Níveis de Potássio para o crescimento inicial de Nim (*Azadirachta indica*) em solos a zona da mata de Pernambuco. **Revista Verde**. v.5, n.1, p. 58 - 71 jan/mar 2010.

AMBIENTE BRASIL. **Principais produtos orgânicos produzidos no Brasil**. 2006 Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

ANDRADE, J. C. de. **Escorço histórico de antigas variedades de cana-de-açúcar**. Maceió: ASPLANA. 1985. p. 193-194.

AQUINO, A.B. de; AQUINO, A.B.; AQUINO, B.F. de; HERNANDES, F.F.F.; HOLANDA, F.J.M.; FREIRE, J.M.; CRISÓSTOMO, L.A.; COSTA, R.I. da; UCHÔA, S.C.O.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza:UFC, 1993. 248p.

AZEREDO, D. F.; GLÓRIA, N. A.; MANHÃES, M. S. Efeitos da calagem na cana planta e nas características químicas de dois solos do Estado do Rio de Janeiro. In: Congresso Nacional Da Sociedade De Técnicos Açucareiros Do Brasil, Rio de Janeiro, 1981. **Anais...** Rio de Janeiro, 1981. p.71-88.

BALDOCK, J. O.; SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 3, p. 448-456, 1996.

- BARBOSA, D. H. S. G.; VIEIRA, H. D.; PARTELLI, F. L. SOUZA, R. M. Estabelecimento de normas DRIS e diagnóstico nutricional do cafeeiro arábica na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. **Ci. Rural**, v. 36, p.1717- 1722, 2006.
- BARBOSA, L. de A. **Impacto de sistemas de cultivo orgânico e convencional de cana-de-açúcar, nos atributos do solo**. 2010, 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2010.
- BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R.; SANTOS, W.R. Diagnose visual e análise de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. P.369-404.
- BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Efeito do procedimento de cálculo e da população de referência nos índices do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, n. 3, p. 339-344, 1990.
- BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. **Análise química de plantas**. Campinas. Instituto Agrônômico, 1978. 31 p. (Boletim Técnico, 87)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Corretivos e Fertilizantes. Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes e corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. **Legislação**. Brasília, 1983, 104 p.
- BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition**. Pietermaritzburg: University of Natal, Soil Science. 1973. 132 p. (Soil Science Bulletin, 1).
- BEAUFILS, E. R. Physiological diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, v. 1, p. 1-30, 1971.
- BHUPAL, G. R.; RAO, A. P. Identification of yield-limiting nutrients in mango through DRIS indices. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.37, p.1761-1774. 2006.
- BUSATO, J. G.; CANELLAS, L. P. RUMJANEK, V. M.; VELLOSO, A. C. X. Fósforo num cambissolo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. II - Análise de ácidos húmicos por RMN ³¹P. **R. Bras. Ci. Solo**, 29:945-953, 2005.
- CALGARO, H.F.; VALÉRIO FILHO, W.V.; MALTONI, K.L.; AQUINO, A.M.S.S. & CASSIOLATO, R. Adubação química e orgânica na recuperação da fertilidade de subsolo degradado e na micorrização do *Stryphnodendron polyphyllum*. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1337-1347, 2008.
- CAMPBELL, H. (Coordenação). Estudo de Caso: A Indústria Sucroalcooleira no Estado de São Paulo. **UNIETHOS** (2005).
- CANILLAS, L.P.; BALDOTTO, M.A.; BUSATO, I.G.; MARCIANO, C.R.; MENEZES, S.C.; Silva, N.M.; RUMJANEK, V.M.; VELLOSO, A.C.X.; SIMÕES, M.L. & MARTIN-

NETO, L. Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.331-340, 2007.

CARNEIRO, C. E. A; FIORETTO, R. A.; FONSECA, I. C. B; NEVES, C, S,V,J; CASTRO, A. J. S. Alterações químicas no solo induzidas pela aplicação superficial de palha de cana-de açúcar, calcário e vinhaça. **Semina**, Londrina, v. 25, n. 4, p. 265-272, 2004.

CETESB. **A produção mais limpa (P+L) no setor sucroalcooleiro**: Informações gerais. In: www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/camaras/texto_ca/documentos/procao_mais_limpa_sucroalcooleiro.pdf. Consultado em 02/09/2014.

CHAPMANN, H. D. **Diagnosis criteria for plants and soils**. Riverside: University of California, 1973. 793 p.

CHAVES, M. R. **Descentralização da política ambiental no Brasil e a gestão dos recursos naturais do Cerrado goiano**. 2003. 185 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

CLARKSON, D.T. The uptake and translocation of manganese by plant roots. In: GRAHAN, R.D.; HANNAN, R.J. & UREN, N.C., eds. **Manganese in soil and plants**. Dordrecht, Kluwer Academic, 1988. p.101-111.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DE GOIÁS (CFSG). **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás**. Goiânia: Universidade federal de Goiás – EMGOPA, 1988. 101 p. (Informativo Técnico, 1).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). *Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar safra 2013*. 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_08_09_39_29_boletim_cana_portugues_-_abril_2013_1o_lev.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2014.

CONDE, A.J.; PENATTI, C.P.; BELLINASO, I.F. Impacts on soil. In: HASSUANI, S.J.; LEAL, M.R.L.V., MACEDO, I. de C. **Biomass power generation: sugar cane bagasse and trash**. Piracicaba: PNUD-CTC , 2005. P. 161-166. (Série Caminhos para Sustentabilidade).

CUNHA, P. P. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura do milho na região de Goianésia**. 2005. 95 f.Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal). Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.

DARA, S.T.; FIXEN, P.E., GELDERMAN, R.H. Sufficiency level and diagnosis and recommendation integrated system approaches for evaluating the nitrogen status of corn. **Agronomy Journal**, v.84, p.1006-1010, 1992.

DAROLT, M. R. As dimensões da sustentabilidade: um estudo da agricultura orgânica na região metropolitana de Curitiba-PR. 2000. 310f. (Tese de Doutorado). UFPR/Paris VII 310 p., Curitiba, 2000.

DAROLT, M. R. **Agricultura orgânica: inventando o futuro**. Londrina: IAPAR, 250 p. 2002.

DOW, A. I.; ROBERTS, S. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 3, p. 401-403, 1982.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Soil testing, foliar analysis and DRIS as a guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, p. 466-470, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa em Solo, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013.

ESPIRONELO, A.; OLIVEIRA, H.; LEPSCH, I. F.; NAGAI, V.; PEREIRA, J. N. A. Efeitos da adubação NPK em três profundidades, em soca de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIRO E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 2., 1982 Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: STAB, 1982. v. 3, p. 89-110.

EVANGELISTA, C. R. **Atributos microbiológicos e químicos do solo cultivado com cana-de-açúcar sob manejo convencional e orgânico**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.390-395, 2000.

FERREIRA, R. B. **Aspectos nutricionais e tecnológicos da cultura do tomate industrial na região de Goiânia, Goiás**. 2007. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água), Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2007.

FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no Cerrado: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia**. Campina Grande (PB): Embrapa Algodão, 2005. 71 p. (Documentos, 138).

FERREIRA, L. F. R. **Biodegradação de vinhaça proveniente do processo industrial da cana por fungos**. 2009. 134 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Piracicaba, 2009.

FIRME, L. P. **Cinética de degradação microbiológica de torta de filtro no solo na presença de cádmio e níquel**. 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ-USP. Piracicaba, 2005.

FREUND, R. J.; LITTLE, R. C. **SAS for linear models**. SAS Institute Inc. Cary, 1981.

FOY, C.D.; SCOTT, B.J. & FISHER, J.A. Genetics and breeding of plants tolerant of manganese toxicity. In: GRAHAN, R.D.; HANNAN, R.J. & UREN, N.C., eds. **Manganese in soil and plants**. Dordrecht, Kluwer Academic, p.293-307, 1988.

GALLO, J. R.; COELHO, F. A. S.; MIRANDA, L. T. A análise foliar na nutrição do milho. I. Resultados preliminares. **Bragantia**, Campinas, v. 24, n. 47, 1965.

GONÇAVES, H. M. **Sistema Integrado de Diagnose e recomendação (DRIS) na cultura da cana-de-açúcar orgânica em lavouras comerciais de Goianésia-Goiás**. 2012. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

HAMERSCHMIDT, I.; SILVA, J. C. B. V.; LIZARELLI, P. H. **Agroecologia: o novo enfoque da extensão rural**. Curitiba: EMATER-PR, 2005.

HARTZ, T.K.; MIYAO, E.M.; VALENCIA, J.G. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato. **Hortic. Sci.**, 33:830-832, 1998.

IFOAM. Alimentos orgânicos: produção cresceu mais de 300 % nos últimos 12 anos. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticias/alimentos-organicos-producao-cresceu-mais-300-ultimos-12-anos-747066.shtml>. Acesso em: 17/12/2013.

IVO, W.M.P.M.; ROSSETTO, R. ; SANTIAGO, A. D. ; BARBOSA, G.V.S. ; VASCONCELOS, J. N.. Impulsionando a produção e a produtividade da cana-de-açúcar no Brasil. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA A.G. da. (Org.). **Desenvolvimento da Agricultura Tropical**. Brasília: Embrapa, v.1, 2008.

JONES, W. W. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, New York, v. 12, p. 785-794, 1981.

KORNDÖRFER, G. H. **Fertilizantes fosfatados sólidos e fluidos na cana -de-açúcar**. 1990. 91f. (Tese de Doutorado), Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 1990.

KORNDORFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Eds.). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 2004. p. 290-306.

KURIHARA, C.H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 2004. 101f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

LANDELL, M. G. A.; SILVA, M. A. Manual do experimentador: melhoramento da cana-de-açúcar. In: **Metodologia de Experimentação: ensaios de competição em cana-de-açúcar**. Pindorama: Instituto Agrônomo, 1995, p.3-9.

LEANDRO, W. M. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) na região de Rio Verde-GO**. 1998. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal), Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.

LEFF, H. **Ecologia, Capital e Cultura**: racionalidade ambiental, democracia participativa sustentável. Blumenau, ed: edifurb, 2000, 373 p.

LEITE, R.A. **Avaliação do estado nutricional do cafeeiro conilon no Estado do Espírito Santo utilizando diferentes métodos de interpretação de análise foliar**. 1993. 87f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa.

LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. J. B. F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1085-1098, 2007.

LOPES, A. S. **Solos sob Cerrado: características, propriedades e manejo**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1984.

LUTZEMBERGER, J. A. Perspectivas da agricultura alternativa no Brasil. ENCONTRO BRASILEIRO DE AGRICULTURA ALTERNATIVA, 2, Rio de Janeiro, **Anais**. p. 78-88. 1985.

MACEDO, I. C. (Organizador). **A Energia da Cana-de-Açúcar: Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade**. UNICA, 2005.

MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; FERREIRA, C. V.; Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio Convencional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, n. 3, p. 591-599, mai/jun, 2007.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do abacaxizeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ABACAXICULTURA, 1. 1982, Jaboticabal. **Anais...** p. 121-153.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; GOROSTIAGA, O. L. Studies on the zinc phosphate relationships in plants. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON PLANT ANALYSIS AND FERTILIZER PROBLEMS, 7., 1974, Hanover. Proceedings... Hanover: German Society of plant Nutrition, 1974. p. 261-272.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no Cerrado**. Piracicaba: Potafos, 1985.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H. E. P.; MENEZES, J. F. S.; SOUZA, R. B.; ALVAREZ V., V. H.; GUIMARÃES, P. T. G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.38, p.703-713, 2003.

MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; SELBACH, P. A. Poluentes do solo e do ambiente. In: Meurer, E. J. (ed.). Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: **Genesis**, 2000, v.1, p.151-168.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Agricultura agroecológica será reforçada pelo MDA em 2013. Disponível em:** < http://www.mda.gov.br/portal/noticias/item_id=9081053> Acesso em 20 setembro de 2013.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Produtos Orgânicos na Agricultura Familiar. Disponível em:** < http://sistemas.mda.gov.br/arquivos/cart_port_org_net.pdf. Acesso em 20 setembro de 2013.

MOORE, D.P. Mechanisms of micronutrient uptake by plants. In: MOTVERDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. **Micronutrients in agriculture**. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.171-198.

MORAIS, N. R.; CORRECHEL, V.; LEANDRO, W. M.; FERNANDES, E. P.; GODOY, S. G. Critérios de interpretação de qualidade do solo para a cultura do algodoeiro no cerrado goiano. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 129-140, May./June 2009.

MORTVEDT, J.J.; KHASAWNEH, F.E. Effects of growth responses on cationic relationships in plants. **Soil Science**, Baltimore, v.141, n.3, p.200-207, 1986.

MOURA, M. V. P. S.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, H. M.; PORDEUS, R. V. Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 753-760, 2005.

MOURÃO FILHO, F. A. A.; AZEVEDO, J. C.; NICK, A. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranjeira valência. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 185-192, fev. 2002.

NUNES JÚNIOR, D. A. Redução da adubação e a produtividade. **STAB: Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 3, p. 16, 1999.

OLIVEIRA, E. B. **Sistema Interado de Diagnose e Recomendação para a cultura da soja em Goianésia, GO**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás. 114p.

OLIVEIRA, F. C. **Disposição de “resíduo orgânico” e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar.** 247 f. (Tese de Doutorado). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.

OLIVEIRA, A. C. S.; SILVA, M. A. S.; KLIEMANN, H. J.; SOARES, R. A. B.; BORGES, J. D. Acúmulo de micronutrientes e de metais tóxicos em latossolo cultivado com cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - CONPEEX, 2., 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos do XIII Seminário de Iniciação Científica** [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2005.

OLIVEIRA, A. C. S. **Acúmulo de micronutrientes e de elementos tóxicos em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça.** 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MOTVERDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. **Micronutrients in agriculture.** Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.243-264.

OPAS/OMS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE/ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos. Brasília:1996. Disponível em: <http://www.opas.org.br/sistema/arquivos/livro2.pdf>. Acesso em 06 de junho de 2013.
ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana de açúcar no Brasil.** Piracicaba: Planalsucar/IAA, Campinas, 1983. 368 p.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R.; CASAGRANDE, A. A. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. VAN; ABREU, C A. (Eds). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** CNPq/FAPESP/POTAFOS. Jaboticabal: 335-369, 2001.

ORLANDO FILHO. J. ; HAAG, H.P.; ZAMBELLO JUNIOR, E. **Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB41-76, em função da idade, em solos do estado de São Paulo.** PLANALSUCAR, Piracicaba: fev. 1980. p. 1-128. (Boletim Técnico, n. 2).

PACHECO, L. P. **O arroz de terras altas cultivado sob plantas de cobertura em diferentes sistemas de manejo do solo.** 2009. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; COSTA, A. N. Diagnóstico nutricional em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Espírito Santo, utilizando o DRIS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.1456-1460, 2005.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; MONNERAT, P. H.; VIANA, A. P. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 443-451, 2006.

PEDROSA, R. M. B.; SANTOS, J. S.; ALBUQUERQUE, W. G.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J. Avaliação dos parâmetros dos colmos da cana-de-açúcar, segunda folha, submetida a níveis de irrigação e adubação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 1-5, 2005.

PEREIRA, S. Y. Impactos da aplicação da vinhaça na água subterrânea. In: HAMADA, E. (Ed.). **Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. cap. II, 1 CDROM.

PIACENTE, F. J.; PIACENTE E. A. Desenvolvimento sustentável na agroindústria canavieira: uma discussão sobre resíduos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA AMÉRICA LATINA: A universidade como promotora do desenvolvimento sustentável, 1., 2004, Campinas. **Anais ...** Campinas: Unicamp, 2004. Disponível em: <http://www.cori.rei.unicamp.br/iau/meio4.htm>. Acesso em 08/09/2013.

PIPERAS, G. V. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 27 f. UNOESTE: Presidentes Prudente, SP. 2008.

PIPERAS, G. V., CRESTE, J. E., ECHER, F. R. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 56, n.6, p. 818-825, nov/dez, 2009.

POLIDORO, J. C. **Brasil pode ser maior exportador de orgânicos**. Agência Brasil. 2006. Disponível em: http://www.organicosbrasil.org/noticias_ver.php?id=40&id_arvore=5>. Acesso em: 23/nov./2014.

PREVOLT, P.; OLLAGNIER, M. Methode d'utilisation du diagnostic foliaire. In: WALLACE, T. (Ed.). *Analyse des plantes et problèmes des fumures minérales*. Paris: I.R.H.O, 1957. p. 177-192.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico das plantas: agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1980.

PROJETO ORGANICS BRASIL. **No mundo: 35 milhões de hectares com orgânicos**. Disponível em: < <http://blogs.estadao.com.br/organicos/tag/organics-brasil/>>. Acesso em 20 set. 2013.

REIS JÚNIOR, R. DOS A. Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). Tese de Doutorado. Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1999. 141p.

REIS JÚNIOR, R. DOS A.; MONNERAT, P. H. Diagnose nutricional da cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 367-372, 2002.

REIS JÚNIOR, R. DOS A.; MONNERAT, P. H. Norms establishment of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for nutritional diagnosis of sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 277-2825. 2003.

REIS JÚNIOR, R. DOS A.; CORRÊA, J.B.; CARVALHO, J.G.; GUIMARÃES, P.T.G. Estabelecimento de normas DRIS para o cafeeiro no Sul de Minas Gerais:1ª aproximação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, p.269-282, 2002.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4.ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338p.

ROCHA, A. C.; LEANDRO, W. M.; ROCHA, A. O.; SANTANA, J. G. ANDRADE, J. W. S. Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia, GO, Brasil. **Bioscience Journal**., v. 23, p. 50-60, 2007.

RODRIGUES, D. J. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista-UNESP, 1995.69 p.

ROSSETTO, R.; FARHAT, M.; FURLAN, R.; GIL, M. A.; SILVA, S. F. Eficiência agronômica do fosfato natural na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIRO E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8, 2002, Pernambuco. **Anais...** Pernambuco: STAB, 2002. p. 276-282.

SANTOS, E. G., **Estudo da Adsorção de Contaminantes Orgânicos Provenientes da Água de Extração do Petróleo, em Coluna de Leito Fixo, utilizando Biomassas como Adsorventes**. 2005. 229p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Campina Grande, UFCG. Campina Grande, Paraíba. 2005.

SANTOS, M. A. C.; SOBRAL, A. F. Calibration of copper in sugarcane in Northeast Brazil. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, Manila, 1980. **Proceedings**. Manila, 1980, v.1, p.411-420.

SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ V., V. H.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 26, n. 1, p. 173-182, 2002.

SATYAWALI Y, BALAKRISHNAN M. Wastewater treatment in molasses based alcohol distilleries for COD and colour removal: a review. **Journal of Environmental Management** 86: 481-97, 2008.

SCOPEL, E.; FINDELING, A.; CHAVEZ ,G. Impact of direct sowing mulch-based cropping systems on soil carbon, soil erosion and maize yield in western Mexico. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 25, p. 425-432, 2005.

SILVA, D. M. E. **Influência dos sistemas de exploração agrícola convencional e orgânico em cana-de-açúcar**. 2007. 78f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SILVA, F. C. **Avaliação da disponibilidade de fósforo por diversos extratores em solos cultivados com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. 1991. 165p. (Dissertação de Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 1991.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas em solos, plantas e fertilizantes**./editor técnico: Fábio Cesar da Silva, 2ª ed.rev.ampl. -Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, O. R. R. F.; SOFFIATTI, V.; CARTAXO, W. V. Mecanização da lavoura algodoeira. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007, v. 1, cap. 7, p. 225-266.

SLOAN, E. A. **The Natural & Organic Foods Marketplace**. Food Technology, v. 56, n.1, january, p.27-37. 2002.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SOUZA, M. C. M. Produtos orgânicos. In: NEVES, M. F.; ZYLBERSZTAJN, D. **Economia & gestão dos negócios agroalimentares**. São Paulo: Pioneira, 2000.

SOUZA, R. de F. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura do algodão no município de Silvânia-Goiás**. 2009. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal), Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2009.

SOUZA, Z. M. de; PRADO, R de M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 271-278. Março, 2005.

STEVENSON, F. J. Cycles of sil-carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrientes. In: Tan, K.H. (Ed.). Principles of soil chemistry. 2.ed. New York: **Marcell Dekker**, 1986, 362p.

STOREL JUNIOR, A. O. **A potencialidade do mercado de açúcar orgânico para a agroindústria canavieira do Estado de São Paulo**. 2003. 153 f. (Dissertação de Mestrado). UNICAMP, Campinas, 2003.

SUMNER, M. E. Advances in the use application of plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 21, p. 1409-1430, 1990.

TIFFIN, L.O. Translocation of micronutrients in plants. In: MOTVERDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. **Micronutrients in agriculture**. Madison, Soil Science Society of America, p.199-229, 1972.

TONDO, I. S. P.; SILVA, J. F. M.; SHIKIDA, P. F. A. **Produção de açúcar orgânico: uma análise econômica**. UNIOESTE, 2013.

TRINDADE, S. P.; CHAVES, M. R. **Sustentabilidade do setor sucroalcooleiro em Goiás: relação da produção agrícola e impactos ambientais**. 2009. Disponível em: <http://www.uff.br/vsinga/trabalhos/Trabalhos%20Completo/Silas%20Pereira%20Trindade.pdf>. Acesso em 04/02/2014.

TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; VITTI, A. C.; GAVA, G. J. de C.; BENDASSOLLI, J. A. Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.2, p. 193-201, fev. 2002.

ULRICH, A.; HILLS, F.J. Principles and practices of plant analysis. In: **Soil testing and plant analysis**. Madison: SSSA, 1967. p.11-24. (Special Publications Series).

VIANA, A. R.; ANDRADE, L. A. B.; NETTO, A. J. Efeito da calagem e tolerância à acidez em 100 cultivares de cana -de-açúcar (*Saccharum* spp): estudo preliminar. **Ciência prática**, v. 7. p.205-215, 1983.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; PENATTI, C. P.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; FRANCO, H. C. J. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.2, p. 249-256, 2007.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ V., V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F. Valores de referência para macronutrientes em eucalipto obtidos pelos métodos DRIS e chance matemática. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.685-692, 1998.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation system (DRIS). **Adv. Soil Sci.**, Boca Raton, Flórida, v. 6 p. 149-188, 1987.

WALWORTH, J.L., WOODARD, H.J; SUMNER, M.E. Generation of corn tissue norms from a small, high-yielding data base. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, v.19, p.563-577, 1988.

WWF BRASIL. Análise da Expansão do complexo agroindustrial canavieiro no Brasil. Programa de Agricultura e Meio Ambiente. Maio 2008. Disponível em: http://assets.wwf.org.br/downloads/microsoft_word_paper_cana_vers_343o_revisa_mai2008_doc_1.pdf Acesso em 20 de Agosto de 2013.

ZAMBOLIM, L. **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa: UFV, 2000.

ANEXOS

Ponto	Índices										IBN	Ordem de limitação (Deficiência e Excesso)									
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn											
1	-5	-10	-1	12	-5	3	0	0	14	-9	59	P>	Zn>	N=	Mg>	K>	Cu=	Fe>	S>	Ca>	Mn
2	-6	-10	2	-1	-4	0	8	-3	12	1	48	P>	N>	Mg>	Fe>	Ca>	S>	Zn>	K>	Cu>	Mn
3	4	-5	0	0	-4	-12	0	-2	22	-5	54	S>	P=	Zn>	Mg>	Fe>	K=	Ca=	Cu>	N>	Mn
4	6	-7	-3	-1	-4	-6	17	-3	18	-16	81	Zn>	P>	S>	Mg>	K=	Fe>	Ca>	N>	Cu>	Mn
5	7	-5	7	1	-2	-4	2	-3	12	-13	57	Zn>	P>	S>	Fe>	Mg>	Ca>	Cu>	N=	K>	Mn
6	14	-3	3	2	-1	1	-9	1	11	-18	63	Zn>	Cu>	P>	Mg>	S=	Fe>	Ca>	K>	Mn>	N
7	7	-3	2	3	-1	-8	3	-7	22	-20	77	Zn>	S>	Fe>	P>	Mg>	K>	Ca=	Cu>	N>	Mn
8	4	-3	1	-2	18	-18	8	-6	13	-14	86	S>	Zn>	Fe>	P>	Ca>	K>	N>	Cu>	Mn>	Mg
9	2	-1	-4	-6	34	-10	5	-8	5	-18	92	Zn>	S>	Fe>	Ca>	K>	P>	N>	Cu=	Mn>	Mg
10	2	-1	-4	9	10	-2	-3	-2	6	-15	55	Zn>	K>	Cu>	S=	Fe>	P>	N>	Mn>	Ca>	Mg
11	3	2	-1	-4	11	8	-2	-7	8	-17	64	Zn>	Fe>	Ca>	Cu>	K>	P>	N>	S=	Mn>	Mg
12	6	-1	11	-33	19	6	9	-13	12	-15	126	Ca>	Zn>	Fe>	P>	N=	S>	Cu>	K>	Mn>	Mg
13	5	2	2	-3	-6	9	-1	-7	15	-17	67	Zn>	Fe>	Mg>	Ca>	Cu>	P=	K>	N>	S>	Mn
14	5	-2	-1	25	-5	6	-14	-6	9	-17	90	Zn>	Cu>	Fe>	Mg>	P>	K>	N>	S>	Mn>	Ca
15	5	1	2	-3	-7	10	14	-14	13	-20	88	Zn>	Fe>	Mg>	Ca>	P>	K>	N>	S>	Mn>	Cu
16	4	0	1	-4	16	5	-2	-15	16	-20	83	Zn>	Fe>	Ca>	Cu>	P>	K>	N>	S>	Mg=	Mn
17	2	-4	-1	-5	-8	1	12	6	14	-17	70	Zn>	Mg>	Ca>	P>	K>	S>	N>	Fe>	Cu>	Mn
18	7	-4	-2	-6	-8	5	-3	3	10	-1	48	Mg>	Ca>	P>	Cu>	K>	Zn>	Fe>	S>	N>	Mn
19	16	-5	-39	6	12	2	3	2	9	-6	100	K>	Zn>	P>	S=	Fe>	Cu>	Ca>	Mn>	Mg>	N
20	3	-11	-3	6	-9	-1	10	-3	2	6	56	P>	Mg>	K=	Fe>	S>	Mn>	N>	Ca=	Zn>	Cu
21	6	-10	-3	-3	-6	3	6	4	4	-3	50	P>	Mg>	K=	Ca=	Zn>	S>	Fe>	Mn>	N=	Cu>
22	4	-5	-2	-5	-8	0	-3	8	13	-1	49	Mg>	P=	Ca>	Cu>	K>	Zn>	S>	N>	Fe>	Mn
23	28	-7	-2	-10	-13	2	1	4	9	-12	89	Mg>	Zn>	Ca>	P>	K>	Cu>	S>	Fe>	Mn>	N
24	6	-3	-4	8	-8	6	-3	-3	9	-8	56	Mg=	Zn>	K>	P=	Cu=	Fe>	N=	S>	Ca>	Mn
25	13	-12	0	-3	-5	11	-13	7	13	-10	87	Cu>	P>	Zn>	Mg>	Ca>	K>	Fe>	S>	N>	Mn
26	2	-16	3	-6	-9	8	19	4	14	-18	100	Zn>	P>	Mg>	Ca>	N>	K>	Fe>	S>	Mn>	Cu
27	-5	-17	1	6	11	-1	-5	2	9	-1	57	P>	N=	Cu>	S>	Zn>	K>	Fe>	Ca>	Mn>	Mg
28	0	-15	3	5	-11	2	2	-3	7	9	58	P>	Mg>	Fe>	N>	S=	Cu>	K>	Ca>	Mn>	Zn
29	5	-9	7	-4	-7	0	-14	17	-1	7	70	Cu>	P>	Mg>	Ca>	Mn>	S>	N>	K>	Zn>	Fe
30	0	-15	9	-1	-4	-1	-11	15	16	-8	80	P>	Cu>	Zn>	Mg>	Ca=	S>	N>	K>	Fe>	Mn
31	-2	-26	13	11	-7	1	-15	21	-1	4	101	P>	Cu>	Mg>	N>	Mn>	S>	Zn>	Ca>	K>	Fe

32	8	-29	6	-6	15	-7	-18	21	4	6	118	P>	Cu>	S>	Ca>	Mn>	K=	Zn>	N>	Mg>	Fe
33	5	-15	5	-5	-7	-5	-15	23	-1	15	94	P=	Cu>	Mg>	Ca=	S>	Mn>	N=	K>	Zn>	Fe
34	6	-4	10	-2	-5	-1	0	11	-22	7	68	Mn>	Mg>	P>	Ca>	S>	Cu>	N>	Zn>	K>	Fe
35	4	-15	5	-3	-5	4	7	6	5	-8	62	P>	Zn>	Mg>	Ca>	N=	S>	K=	Mn>	Fe>	Cu
36	11	-12	8	-4	-7	0	-15	8	3	8	77	Cu>	P>	Mg>	Ca>	S>	Mn>	K=	Fe=	Zn>	N
37	6	-6	6	-4	-7	1	-15	-4	18	2	70	Cu>	Mg>	P>	Ca=	Fe>	S>	Zn>	N=	K>	Mn
38	6	-5	5	-4	-6	6	-14	6	-8	14	75	Cu>	Mn>	Mg>	P>	Ca>	K>	N=	S=	Fe>	Zn
39	9	-3	5	-4	-6	3	-2	6	-14	5	56	Mn>	Mg>	Ca>	P>	Cu>	S>	K=	Zn>	Fe>	N
40	3	-3	7	-3	-6	7	-13	2	0	6	51	Cu>	Mg>	P=	Ca>	Mn>	Fe>	N>	Zn>	K=	S
41	9	-10	8	-4	18	4	-17	-2	-33	28	132	Mn>	Cu>	P>	Ca>	Fe>	S>	K>	N>	Mg>	Zn
42	10	-11	8	11	17	12	-1	-4	-46	5	125	Mn>	P>	Fe>	Cu>	Zn>	K>	N>	Ca>	S>	Mg
43	4	-6	8	-7	12	1	3	-9	-10	2	62	Mn>	Fe>	Ca>	P>	S>	Zn>	Cu>	N>	K>	Mg
44	14	-14	15	3	0	8	5	2	-34	1	97	Mn>	P>	Mg>	Zn>	Fe>	Ca>	Cu>	S>	N>	K
45	-2	-11	9	-1	-4	0	9	5	-17	11	69	Mn>	P>	Mg>	N>	Ca>	S>	Fe>	K>	Cu>	Zn
46	3	-13	11	-3	-6	-3	14	-8	-3	7	70	P>	Fe>	Mg>	Ca=	S>	Mn>	N>	Zn>	K>	Cu
47	-3	-15	7	-2	18	-3	0	7	-4	-6	63	P>	Zn>	Mn>	N=	S>	Ca>	Cu>	K=	Fe>	Mg
48	3	-10	1	11	-6	3	-13	2	1	7	58	Cu>	P>	Mg>	K=	Mn>	Fe>	N=	S>	Zn>	Ca
49	14	1	5	-6	-9	2	-4	-5	-8	11	66	Mg>	Mn>	Ca>	Fe>	Cu>	P>	S>	K>	Zn>	N
50	-1	-12	11	2	-1	3	12	8	-28	5	84	Mn>	P>	N=	Mg>	Ca>	S>	Zn>	Fe>	K>	Cu
51	-1	-15	6	-1	-4	-2	16	-3	4	-1	52	P>	Mg>	Fe>	S>	N=	Ca=	Zn>	Mn>	K>	Cu
52	-5	-13	6	-1	18	-13	8	-1	5	-4	75	P>	S>	N>	Zn>	Ca=	Fe>	Mn>	K>	Cu>	Mg
53	4	-9	5	0	-3	-5	1	-4	11	0	41	P>	S>	Fe>	Mg>	Ca=	Zn>	Cu>	N>	K>	Mn
54	-1	-11	5	-4	17	5	15	2	-41	13	115	Mn>	P>	Ca>	N>	Fe>	K=	S>	Zn>	Cu>	Mg
55	-1	-4	1	-10	10	-3	-8	-18	-5	38	99	Fe>	Ca>	Cu>	Mn>	P>	S>	N>	K>	Mg>	Zn
56	-9	-7	4	-4	17	4	-15	-3	-5	20	89	Cu>	N>	P>	Mn>	Ca>	Fe>	K=	S>	Mg>	Zn
57	-6	-12	2	7	13	4	-4	-1	-7	4	58	P>	Mn>	N>	Cu>	Fe>	K>	S=	Zn>	Ca>	Mg
58	-22	-14	5	-3	20	2	-14	29	-17	14	141	N>	Mn>	P=	Cu>	Ca>	S>	K>	Zn>	Mg>	Fe
59	-9	-18	-3	5	10	1	-6	6	0	13	71	P>	N>	Cu>	K>	Mn>	S>	Ca>	Fe>	Mg>	Zn
60	-20	-12	3	-4	-7	3	14	11	4	8	86	N>	P>	Mg>	Ca>	K>	S>	Mn>	Zn>	Fe>	Cu
61	-10	-7	4	0	-3	4	-10	12	-1	11	63	N=	Cu>	P>	Mg>	Mn>	Ca>	K=	S>	Zn>	Fe
62	-25	-23	-5	-11	-14	-5	10	-4	8	70	174	N>	P>	Mg>	Ca>	K>	S>	Fe>	Mn>	Cu>	Zn
63	-34	61	-18	-9	-11	10	-21	9	-7	20	200	N>	Cu>	K>	Mg>	Ca>	Mn>	Fe>	S>	Zn>	P
64	-15	82	-21	-13	-15	1	-10	4	-18	5	183	K>	Mn>	N=	Mg>	Ca>	Cu>	S>	Fe>	Zn>	P
65	-30	50	-22	-1	6	1	4	-2	-6	1	121	N>	K>	Mn>	Fe>	Ca>	S=	Zn>	Cu>	Mg>	P

66	-14	54	-20	1	-17	3	-2	-9	1	3	123	K>	Mg>	N>	Fe>	Cu>	Ca=	Mn>	S=	Zn>	P
67	-20	44	-29	29	21	-1	2	-14	-27	-4	191	K>	Mn>	N>	Fe>	Zn>	S>	Cu>	Mg>	Ca>	P
68	-20	71	-28	7	2	-13	-8	-9	-33	30	221	Mn>	K>	N>	S>	Fe>	Cu>	Mg>	Ca>	Zn>	P
69	-17	53	-18	7	-12	4	-7	-3	-20	13	154	Mn>	K>	N>	Mg>	Cu>	Fe>	S>	Ca>	Zn>	P
70	-10	53	-19	7	3	-9	-6	-13	-2	-3	126	K>	Fe>	N>	S>	Cu>	Zn>	Mn>	Mg>	Ca>	P
71	-12	79	-10	-13	-15	-6	-10	-2	-12	2	161	Mg>	Ca>	N=	Mn>	K>	Cu>	S>	Fe>	Zn>	P
72	-6	77	-13	-10	-13	-8	-8	-1	-21	4	162	Mn>	K=	Mg>	Ca>	S=	Cu>	N>	Fe>	Zn>	P
73	-8	58	-4	6	-13	-11	2	2	-33	1	138	Mn>	Mg>	S>	N>	K>	Zn>	Cu=	Fe>	Ca>	P
74	-4	74	-3	9	-12	-5	14	-1	-73	2	198	Mn>	Mg>	S>	N>	K>	Fe>	Zn>	Ca>	Cu>	P
75	-5	47	-5	7	-11	-15	-7	-12	-2	3	114	S>	Fe>	Mg>	Cu>	N=	K>	Mn>	Zn>	Ca>	P
76	-14	80	-13	2	-17	-15	-12	-8	-5	2	168	Mg>	S>	N>	K>	Cu>	Fe>	Mn>	Ca=	Zn>	P
77	-2	62	-10	-11	11	-1	1	-6	-43	-2	150	Mn>	Ca>	K>	Fe>	N=	Zn>	S>	Cu>	Mg>	P
78	-13	103	-12	8	-14	4	-25	18	-62	-7	264	Mn>	Cu>	Mg>	N>	K>	Zn>	S>	Ca>	Fe>	P
79	20	16	-8	12	-10	-52	20	-15	5	13	171	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Ca>	Zn>	P>	N=	Cu
80	12	16	-8	9	-12	-43	24	-17	7	11	159	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Ca>	Zn>	N>	P>	Cu
81	13	8	-13	6	-13	-29	21	-8	10	5	126	S>	K=	Mg>	Fe>	Zn>	Ca>	P>	Mn>	N>	Cu
82	17	7	-4	12	-8	-37	13	-15	7	9	129	S>	Fe>	Mg>	K>	P=	Mn>	Zn>	Ca>	Cu>	N
83	13	18	-7	9	-12	-44	17	-13	5	13	151	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Ca>	N=	Zn>	Cu>	P
84	14	22	-8	8	-10	-26	3	-15	2	10	119	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Cu>	Ca>	Zn>	N>	P
85	10	16	-15	14	8	-29	11	-17	-5	7	131	S>	Fe>	K>	Mn>	Zn>	Mg>	N>	Cu>	Ca>	P
86	17	16	-12	9	-11	-43	25	-15	2	12	161	S>	Fe>	K>	Mg>	Mn>	Ca>	Zn>	P>	N>	Cu
87	18	12	-17	22	-15	-48	37	-23	3	12	206	S>	Fe>	K>	Mg>	Mn>	P=	Zn>	N>	Ca>	Cu
88	17	13	-9	8	-11	-27	17	-14	-4	11	131	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Ca>	Zn>	P>	N=	Cu
89	20	16	-5	13	-8	-50	14	-13	-1	15	154	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Ca>	Cu>	Zn>	P>	N
90	15	16	-10	18	11	-50	8	-18	-4	14	165	S>	Fe>	K>	Mn>	Cu>	Mg>	Zn>	N>	P>	Ca
91	15	16	-6	6	-13	-24	15	-17	0	10	123	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Ca>	Zn>	N=	Cu>	P
92	16	16	-7	8	-11	-27	3	-15	11	6	119	S>	Fe>	Mg>	K>	Cu>	Zn>	Ca>	Mn>	N=	P
93	21	14	-5	-3	-8	-47	22	-13	3	15	151	S>	Fe>	Mg>	K>	Ca>	Mn>	P>	Zn>	N>	Cu
94	17	16	-4	-6	-10	-39	27	-12	-3	14	148	S>	Fe>	Mg>	Ca>	K>	Mn>	Zn>	P>	N>	Cu
95	17	20	-6	10	-10	-41	11	-15	2	11	145	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Ca>	Cu=	Zn>	N>	P
96	15	20	-6	8	-12	-28	16	-22	-1	11	138	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Ca>	Zn>	N>	Cu>	P
97	12	16	-7	6	-14	-25	8	-22	11	17	138	S>	Fe>	Mg>	K>	Ca>	Cu>	Mn>	N>	P>	Zn
98	15	16	-4	8	-11	-21	3	-20	2	12	114	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Cu>	Ca>	Zn>	N>	P
99	15	18	-4	8	-12	-28	9	-22	1	15	133	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Ca>	Cu>	N>	Zn>	P

100	14	19	-6	9	-11	-27	3	-21	6	15	130	S>	Fe>	Mg>	K>	Cu>	Mn>	Ca>	N>	Zn>	P
101	14	18	-7	8	-12	-28	16	-21	3	9	137	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Ca>	Zn>	N>	Cu>	P
102	20	19	2	-5	-9	-39	13	-13	-3	14	135	S>	Fe>	Mg>	Ca>	Mn>	K>	Cu>	Zn>	P>	N
103	17	17	-7	7	-11	-13	2	-17	2	3	96	Fe>	S>	Mg>	K>	Cu=	Mn>	Zn>	Ca>	N=	P
104	14	16	-8	7	-12	-23	9	-20	7	11	127	S>	Fe>	Mg>	K>	Ca=	Mn>	Cu>	Zn>	N>	P
105	15	14	-8	8	-12	-28	16	-20	1	13	134	S>	Fe>	Mg>	K>	Mn>	Ca>	Zn>	P>	N>	Cu
106	19	6	-9	10	-10	-25	11	-24	12	11	137	S>	Fe>	Mg>	K>	P>	Ca>	Cu=	Zn>	Mn>	N
107	17	11	-10	6	-15	-26	27	-29	9	11	160	Fe>	S>	Mg>	K>	Ca>	Mn>	P=	Zn>	N>	Cu
108	16	12	-4	7	-13	-30	15	-26	7	14	145	S>	Fe>	Mg>	K>	Ca=	Mn>	P>	Zn>	Cu>	N
109	18	11	-9	10	-10	-40	12	-9	7	9	135	S>	Mg>	K=	Fe>	Mn>	Zn>	Ca>	P>	Cu>	N
110	18	20	-9	10	-12	-45	11	-26	11	22	183	S>	Fe>	Mg>	K>	Ca>	Cu=	Mn>	N>	P>	Zn
111	19	12	-6	10	-11	-44	3	-23	15	24	168	S>	Fe>	Mg>	K>	Cu>	Ca>	P>	Mn>	N>	Zn
112	-17	190	-76	56	-21	-212	32	-88	156	-19	867	S>	Fe>	K>	Mg>	Zn>	N>	Cu>	Ca>	Mn>	P
113	15	10	-15	39	8	-60	36	-30	-5	2	218	S>	Fe>	K>	Mn>	Zn>	Mg>	P>	N>	Cu>	Ca
114	15	14	-15	32	11	-69	40	-25	-9	5	235	S>	Fe>	K>	Mn>	Zn>	Mg>	P>	N>	Ca>	Cu
115	12	10	-12	17	10	-33	25	-24	-11	7	162	S>	Fe>	K>	Mn>	Zn>	P=	Mg>	N>	Ca>	Cu
116	13	10	-16	17	9	-56	42	-27	1	7	198	S>	Fe>	K>	Mn>	Zn>	Mg>	P>	N>	Ca>	Cu
117	23	12	-19	16	8	-80	24	-27	-7	51	267	S>	Fe>	K>	Mn>	Mg>	P>	Ca>	N>	Cu>	Zn
118	20	13	-12	8	13	-61	29	-14	-12	16	200	S>	Fe=	K>	Mn>	Ca>	P=	Mg>	Zn>	N>	Cu
119	17	13	-8	8	13	-61	29	-11	-10	11	180	S>	Fe>	Mn>	K>	Ca>	Zn>	P=	Mg>	N>	Cu
120	11	11	-10	3	8	-35	23	-21	1	7	130	S>	Fe>	K>	Mn>	Ca>	Zn>	Mg>	N=	P>	Cu
121	16	15	-10	6	11	-64	34	-12	-9	12	190	S>	Fe>	K>	Mn>	Ca>	Mg>	Zn>	P>	N>	Cu
122	11	17	-8	5	10	-53	45	-21	-15	10	195	S>	Fe>	Mn>	K>	Ca>	Mg=	Zn>	N>	P>	Cu
123	10	15	-11	3	9	-59	26	-26	-18	51	230	S>	Fe>	Mn>	K>	Ca>	Mg>	N>	P>	Cu>	Zn
124	19	19	-9	8	13	-63	37	-21	-17	14	218	S>	Fe>	Mn>	K>	Ca>	Mg>	Zn>	N=	P>	Cu
125	15	17	-10	4	9	-55	44	-23	-12	11	199	S>	Fe>	Mn>	K>	Ca>	Mg>	Zn>	N>	P>	Cu
126	15	20	-7	7	12	-50	28	-27	-10	13	186	S>	Fe>	Mn>	K>	Ca>	Mg>	Zn>	N>	P>	Cu
127	22	4	-10	6	11	-63	27	-11	6	8	168	S>	Fe>	K>	P>	Ca=	Mn>	Zn>	Mg>	N>	Cu
128	18	17	-9	7	12	-63	35	-13	-15	10	200	S>	Mn>	Fe>	K>	Ca>	Zn>	Mg>	P>	N>	Cu