



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO
NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA EM
GOIANÉSIA, GOIÁS**

HELENICE MOURA GONÇALVES

Orientador:

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro

Março - 2012

HELENICE MOURA GONÇALVES

**SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO NA
CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA EM
GOIANÉSIA, 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.

Orientador:

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro

Goiânia, GO – Brasil

2012

HELENICE MOURA GONÇALVES

TÍTULO: “Sistema integrado de diagnose e recomendação na cultura da cana de açúcar orgânica em Goianésia, Goiás”.

Tese DEFENDIDA e APROVADA em 23 de março de 2012, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Profª Drª Patrícia Pinheiro da Cunha
Membro - EA/UFG

Dr. Pedro Marques da Silveira
Membro - Embrapa/CNPAP

Prof. Dr. Fábio Luíz Partelli
Membro - CEUNES/UFES

Prof. Dr. Cícero Célio de Figueiredo
Membro - UnB

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro
Orientador – EA/UFG

Goiânia, Goiás
Brasil

Ofereço....

Á Deus...

Que me deu forças para realizar mais este trabalho!

Que sempre me ampara, ilumina e livra do mal!

Dedico....

Á minha família, razão da minha existência e da luta diária,

Especialmente meu amado filho Henrique Antônio,

Minha mãe guerreira Ionice Munis de Moura;

A minha companheira, amiga e irmã Jéssica de Moura Pereira;

Ao meu exemplo de força e trabalho minha avó Edith de Oliveira Moura;

Aos meus incentivadores e queridos tios Edilene Munis e Alício Melo.

Família que amo, que é meu suporte em todos os momentos,

Minha força motriz que me faz buscar o melhor sempre,

Sem vocês seria muito difícil viver!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, acima de todas as coisas, ao Divino Pai Eterno, pelas inúmeras maravilhas realizadas no decorrer de minha existência. À Nossa Senhora que sempre acolhe e ampara minhas orações e roga por mim a Deus.

À Universidade Federal de Goiás (UFG) e à Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos (EA), destacada e grandiosa instituição de ensino público, gratuito e de qualidade, ressaltando os docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), pelos ensinamentos transmitidos, dedicação, apoio e atenção.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro, por ter me concedido esta oportunidade, por sua dedicação, paciência, um grande exemplo de ser humano e profissional.

À empresa Jalles Machado S. A., especialmente ao gerente agrícola Eng. Agr. M. Sc. Rogério Augusto Bremm Soares e à sua equipe: Patrícia Fontoura; Márcio Ricardo, Solimar, Vicente, Ivan e todos os colaboradores de campo. Muito obrigada por permitirem o uso das áreas de cana orgânica, pelo apoio logístico e auxílio durante todas as fases de realização desta pesquisa.

A todos meus colegas do PPGA, pelo companheirismo, apoio, pela saudável convivência. Especialmente, minhas amigas Danielle, Roberta, Cláudia Fabiana, Marisol Rivero e Maria Lúcia, obrigada por fazerem parte dessa preciosa caminhada.

Ao secretário do PPGA, Wellinton Barbosa Motta, por sua dedicação, incentivo e amizade demonstrados sempre com muita educação, atenção e carinho.

Aos inúmeros graduandos em Agronomia que participaram das diversas viagens para as coletas, especialmente aos bolsistas de iniciação João Paulo, Paulo Henrique, Patrícia, Tuanna e Müller. Agradeço, também, ao Filipe, Renato, Galileu, Paulo Sérgio, Luíz Gustavo, Juliana, Amanda, Victor, Ranieri, Lucas e tantos outros. Registro aqui meu agradecimento e sincera lembrança de que o trabalho de vocês foi fundamental.

Aos funcionários da EA/UFG, em especial o técnico agrícola Vanderli Luciano, fundamental na segunda etapa de coletas. Aos funcionários do LASF-EA/UFG especialmente Antônio Carlos, José Luíz e Márcia Cristina pela realização das análises laboratoriais.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos concedida durante a realização do Curso de Doutorado, e a toda sociedade brasileira, pela oportunidade de dedicar e desenvolver a presente pesquisa em uma Universidade pública e gratuita.

A todos que direta ou indiretamente estiveram comigo em mais essa etapa da vida, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	8
GENERAL ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO GERAL	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 AGRICULTURA ORGÂNICA NO BRASIL.....	12
2.2 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA.....	13
2.3 MANEJO DOS CANAVIAIS ORGÂNICOS.....	15
2.4 NUTRIÇÃO MINERAL DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	17
2.4.1 O manejo da adubação nos canaviais orgânicos.....	22
2.4.2 Teor e extração de nutrientes pela cana-de-açúcar.....	26
2.5 MÉTODOS DE DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DAS CULTURAS.....	27
2.5.1 Análise química de terra.....	28
2.5.2 Análise foliar.....	28
2.5.3 Interpretação das análises de terra e foliar.....	29
2.6 REFERÊNCIAS.....	37
3 DIAGNOSE NUTRICIONAL DE LAVOURAS COMERCIAIS DE DOIS CICLOS DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO EM GOIANÉSIA, GOIÁS	47
RESUMO	47
ABSTRACT.....	48
3.1 INTRODUÇÃO.....	49
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	51
3.2.1 Amostragem e análise de solos.....	51
3.2.2 Amostragem e análise foliar	53
3.2.3 Amostragem da produtividade	55
3.2.4 Análise estatística	56
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.3.1 Ciclo Cana-planta.....	56
3.3.1.1 Análise de solos e produtividade.....	56
3.3.1.2 Análise foliar.....	61
3.3.2 Ciclo de cana-soca	65
3.3.2.1 Análise de solos e produtividade.....	65
3.3.2.2 Análise foliar.....	69
3.4 CONCLUSÕES	73
3.5 REFERÊNCIAS.....	73
4 ESTABELECIMENTO DE PADRÕES DE REFERÊNCIA E DIAGNOSE NUTRICIONAL NA CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA EM GOINÉSIA, GOIÁS.....	76
RESUMO	76
ABSTRACT	77
4.1 INTRODUÇÃO	78
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	80
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
4.3.1 Normas	82
4.3.2 Interpretação dos Índices DRIS.....	89
4.4 CONCLUSÕES	96
4.5 REFERÊNCIAS.....	97

5	SOFTWARE PARA DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL UTILIZANDO O DRIS PARA CANA-DE-AÇUCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO, EM GOIANÉSIA, GOIÁS	100
	RESUMO	100
	ABSTRACT.....	100
5.1	INTRODUÇÃO.....	101
5.2	METODOLOGIA.....	103
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
5.4	CONCLUSÕES	106
5.5	REFERÊNCIAS.....	106
6	CONCLUSÕES GERAIS	108
	ANEXOS	109

RESUMO GERAL

GONÇALVES, H. M. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na cultura da cana-de-açúcar orgânica em Goianésia, Goiás**. 2012, 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.¹

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 deste mercado o Brasil está desenvolvendo uma infra-estrutura, a qual permitirá que se dispute liderança neste setor tão dinâmico do mercado mundial. O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de açúcar orgânico. O estado de Goiás possui duas grandes usinas de expressão na produção do açúcar orgânico, entre elas a Usina Jalles Machado S.A., onde a presente pesquisa foi desenvolvida. Conhecendo-se a singularidade de um manejo de adubação diferenciado para os canaviais sob cultivo orgânico, surge a necessidade de se buscar melhor entendimento da dinâmica nutricional da cultura da cana-de-açúcar quando se lança mão de uma adubação baseada nos preceitos agroecológicos. Frente a esta nova situação de avanço do setor sucroalcooleiro sinergicamente associado à agricultura orgânica, a presente pesquisa objetivou o estabelecimento do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura da cana-de-açúcar orgânica para estabelecer critérios regionais para a cultura, tornando os programas de adubação mais eficientes. Foram coletadas amostras de solo e foliares em canaviais orgânicos, em duas safras consecutivas 2009/2010 e 2010/2011. Os dois anos de coletas totalizaram 192 pontos amostrados, sendo 112 pontos nas áreas de cana-planta e 80 pontos em áreas de cana-soca. Com as observações obtidas foi tabulado um banco de dados. O banco de dados foi analisado sob duas vertentes o método tradicional conhecido como métodos dos Níveis Críticos ou Faixas de Suficiência, e também, pela metodologia do DRIS. Pode-se concluir que 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. Foram observadas diferenças entre as respostas de adubações dos ciclos cana-planta e cana-soca determinadas para a região de Goianésia, Goiás e 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: *Saccharum officinarum*, Cerrado, manejo da adubação, agricultura orgânica.

¹Orientador: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro - EA/UFG.

GENERAL ABSTRACT

GONÇALVES, H. M. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) in the organic sugarcane culture in commercial crops of Goianésia, Goiás.** 2012, 117 f. (Doctorate in Agronomy: Soil and Water) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012¹.

Organic agriculture is gaining ground and has been the subject of extensive discussions in different places on the planet. Given the interest and the prospect of growth in this market, Brazil is developing an infrastructure, which will allow to compete in this industry so dynamic leadership of the global market. Brazil is currently the largest producer of organic sugar. The state of Goiás has two large companies of expression in the production of organic sugar, including Jalles Machado S.A., where this research was developed. Knowing the uniqueness of a different fertilizer management for plantations under organic cultivation, there is a need to seek better understanding of the nutritional dynamics of the culture of sugarcane when it makes use of a fertilizer based on agroecological principles. Facing this new situation of advancement of this sector synergistically associated with organic agriculture, this research aimed to establish the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) to the culture of organic sugarcane to establish criteria for the regional culture, making the programs more efficient fertilization. Samples were collected from soil and leaves in organic plantations, in two consecutive crop years 2009/2010 and 2010/2011. Both years collections totaled 192 samples being 112 points in the areas of plant-cane and 80 points in areas of ratoon-cane. The present observations was tabbed a database. The database was analyzed from two aspects, the traditional methods of Critical Levels and Ranges Sufficiency, and also by the methodology of the DRIS. It can be concluded that the cultivation of organic sugarcane, despite having featured in the Cerrado region, research is lacking to establish regional criteria fertilization. Differences were observed between the responses of fertilization cycles plant-cane and ratoon-cane for Goianésia, Goiás and research in the area of fertility and fertilization of the Cerrado soils can bring greater gains to the culture of organic sugarcane, either by increased production, by optimizing the use of organic inputs and the preservation of natural resources.

Key words: *Saccharum officinarum*, Cerrado, fertilizer management, organic agriculture.

¹ Adviser: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro - EA/UFG.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A demanda por alimentos no mundo têm sido crescente, em razão do aumento populacional acelerado iniciado a partir das últimas décadas, o que levou ao homem à incorporação de novas áreas à agricultura e, sobretudo, 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 (Pacheco, 2010).

O desenvolvimento de sistemas alternativos de produção que possibilitem o atendimento das necessidades humanas, respeitando e contribuindo não apenas para a sustentabilidade, mas também para a regeneração do meio ambiente e para a melhoria da capacidade produtiva do solo, atendendo aos anseios da sociedade atual na busca de alimentos saudáveis, passou a ser a tônica de muitas discussões e interesse de muitos autores após os anos 90 do século XX (Tondo et al., 2007).

A demanda mundial de alimentos orgânicos mostrou um crescimento rápido e explosivo 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. No Centro-Oeste, o estado de Goiás apresenta-se como grande produtor de açúcar e álcool, encontrando-se nesse Estado a segunda maior usina produtora e exportadora de açúcar orgânico do mundo, a Usina Jalles Machado S.A.

Com o vertiginoso aumento da concorrência somado aos percausos mercadológicos e ambientais, a produção orgânica certificada desperta um grande interesse, não apenas econômico e setorial, de algumas usinas brasileiras neste tipo de produção. A incorporação por essas usinas dos métodos da agricultura orgânica constitui, sem dúvida, uma mudança quanto ao padrão de comportamento histórico do conjunto da agroindústria canavieira no Brasil, que se formou com base numa cultura de exploração predatória dos recursos naturais do país e da mão-de-obra de seus trabalhadores, próprias do latifúndio monocultor (Storel Júnior, 2003).

Com manejo diferenciado os canaviais orgânicos demandam uma estrutura específica quando se trata do seu sistema de nutrição. Neste sistema são evitados fertilizantes processados industrialmente, altamente concentrados e solúveis rapidamente em água, além de insumos que incluem elementos tóxicos ou resíduos contaminantes. 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.

Beaufils (1973) desenvolveu um método para diagnosticar as deficiências nutricionais em diferentes culturas (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação- DRIS) em que todos os nutrientes são relacionados entre si e ao final pode-se estabelecer um “*ranking*” dos mais limitantes, seja por deficiência ou excesso. Este método mostra-se bastante eficiente e vem sendo aplicado em muitas culturas. Na região do Cerrado, particularmente no Estado de Goiás, pesquisas usando o método para algumas culturas vêm sendo desenvolvidas, tais como a de Leandro (1998), que estabeleceu normas DRIS para a cultura da soja para o município de Rio Verde-GO; Oliveira (2002) também trabalhou com a cultura da soja para a região de Goianésia-GO, e Cunha (2005), também em Goianésia-GO, estabeleceu normas DRIS para a cultura do milho; Ferreira (2007) trabalhou com a cultura do tomate industrial na região de Goiânia-GO e Souza (2009) trabalhou com a cultura do algodão em Silvânia-GO.

Com o estabelecimento 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. Desta forma, este trabalho tem como objetivo utilizar o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para avaliar o estado nutricional da cana-de-açúcar orgânica em áreas comerciais do Estado de Goiás.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 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 nome da vida ganharam forças e simpatizantes. Foi também neste período que, de acordo com Darolt (2002), os princípios da agricultura orgânica foram introduzidos no Brasil, fruto do repensar do sistema convencional adotado na agropecuária. 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. Lutzemberger (1985), já considerava que a agricultura orgânica apresentava boas perspectivas de desenvolvimento para o Brasil 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 se fundamenta em uma concepção integral do manejo dos recursos naturais pelo homem, envolvendo elementos técnicos, sociais, econômicos e agroecológicos. Mais que a eliminação ou substituição dos insumos sintéticos, como fertilizantes ou agroquímicos provenientes de indústrias por insumos naturais, a produção orgânica busca reduzir a dependência dos insumos externos, reduzir ou eliminar os impactos ambientais e produzir alimentos saudáveis para mercados altamente competitivos e exigentes (Amador, 1999).

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. O Brasil está desenvolvendo infra-estrutura, a qual permitirá que se dispute liderança neste setor tão dinâmico do mercado mundial.

O Brasil é o terceiro maior em área cultivada com orgânicos no mundo, com 1,767 milhão de hectares (antecedido pela Austrália, com 12,02 milhões de hectares e Argentina, com 2,78 milhões de hectares), há um total de 90 mil produtores rurais orgânicos, tanto certificados quanto não-certificados. Quanto à área cultivada, o Brasil supera até mesmo os Estados Unidos, que têm 1,64 milhão de hectares cobertos com lavouras e pecuária orgânicas (Projeto Organics Brasil, 2011).

O consumo de alimentos orgânicos está crescendo no Brasil. Dados do setor dão conta de que o ritmo desse crescimento é de 20% ao ano, e a demanda por esse tipo de alimentação livre de agrotóxicos tem se tornado tão intensa que, nos últimos três anos, o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) investiu mais de R\$ 39 milhões para impulsionar a produção de 87,4 mil agricultores familiares do país envolvidos com agricultura orgânica e agroecológica (MDA, 2011).

No Seminário Nacional sobre Agricultura Orgânica, realizado em Brasília em 2005, foi destacada a importância da certificação e foi orientado aos pequenos produtores rurais que busquem se organizar em associações e cooperativas. Mostrou-se que outros produtores realizaram esta experiência e obtiveram êxito, tendo como resultado produtos de alta qualidade (Brito, 2005).

As perspectivas de 2005 se confirmaram em 2011, pois em 1º de janeiro de 2011, entrou em vigor a nova Lei para Orgânicos no Brasil. Esta lei busca melhorar a garantia da qualidade dos alimentos orgânicos comercializados no país. De acordo com o Projeto Organics Brasil (2011) o mais recente levantamento feito entre 5 certificadoras que atuam no Brasil e aptas a credenciar produtos orgânicos para exportação dá conta que há 331.637,64 hectares certificados para produção (atividades agropastoris) e 6.560.001,75 hectares certificados para o extrativismo. Há um total de 7.721 produtores envolvidos na produção orgânica para exportação e um total de 5,2 milhões de toneladas de produtos.

2.2 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA

O cultivo da cana-de-açúcar vem conquistando mercado, tanto em nível nacional quanto internacional. A demanda por diversos alimentos orgânicos cresce de maneira significativa no mundo inteiro e atualmente a agricultura de base ecológica é

considerada o ramo da agropecuária mais promissor com um crescimento em torno de 10% ao ano (Emdagro, 2012). O fato de ser um produto processado retardou sua participação no mercado de orgânicos pela dificuldade de ser oferecido em grande escala, porém uma melhor organização do processo vem superando entraves e conquistando um mercado em expansão.

Os primeiros movimentos em escala que merecem destaque com relação aos investimentos na produção de cana-de-açúcar orgânica, e a conseqüente produção do açúcar, deram-se em meados dos anos 90 do século XX. Assim, as primeiras cargas enviadas ao exterior, mais precisamente para a Europa, foram embarcadas já em 1998. Dessa forma, o Brasil se tornou o maior produtor mundial deste tipo de açúcar (Pitelli & Vian, 2005).

Segundo Storel Júnior (2003), o pioneirismo na produção de açúcar orgânico no Brasil se deu através da Usina São Francisco, de Sertãozinho, no Estado de São Paulo. O proprietário fez contato com o mercado de orgânicos por meio da *trader* que comercializava o açúcar da usina, e, já em 1986, iniciou um programa de preparação da usina para a certificação orgânica, que chamou de “Projeto Cana Verde”. Tal processo culminou com um novo procedimento na colheita da cana, que passou a ser colhida crua, da ordem de 2% da área mecanizada em 1987 para 100% em 1995. A mesma ação também previa o reflorestamento de áreas contíguas aos canaviais, as chamadas “ilhas de biodiversidade”.

No Brasil, 0,67% da área cultivada pode ser considerada orgânica, ou 243 hectares por produtor em média, equivalentes a um total de 1,77 milhão de hectares. (Emdagro, 2012). A cana-de-açúcar cultivada no sistema orgânico no Brasil ocupa uma área de 23% do espaço ocupado pela agricultura orgânica, área inferior apenas da ocupada por frutas, que é de 26%. Estes dados vêm corroborar a importância desse sistema de cultivo para a produção de alimentos (Ambiente Brasil, 2011).

Até recentemente, o açúcar continuava sendo um produto complementar no mercado mundial, que assistia a uma rápida expansão dos alimentos orgânicos. O mesmo, sendo um produto processado, não tinha condições de ser ofertado diretamente pelos agricultores em grande escala. Neste nicho, o açúcar enfrenta a competição com o mel, um adoçante natural com produção orgânica desenvolvida no mundo inteiro (Pitelli & Vian, 2005).

Outro fator que explica o desenvolvimento retardado da procura por açúcar orgânico reside na imagem "não salutar" do produto por causa do uso de aditivos químicos

no processamento industrial, principalmente no branqueamento do produto, o que o torna menos atraente aos consumidores preocupados com a saúde (Ambiente Brasil, 2011).

2.3 MANEJO DOS CANAVIAIS ORGÂNICOS

Solos profundos, argilosos, bem estruturados, férteis e com boa capacidade de retenção são ideais para a cana-de-açúcar que, devido à sua rusticidade, se desenvolve satisfatoriamente em solos arenosos e menos férteis, como os do Cerrado. Solos rasos, isto é, com camada impermeável superficial ou mal drenados, não devem ser indicados para a cana-de-açúcar (Debret, 1998).

Tendo a cana-de-açúcar um sistema radicular profundo, um ciclo vegetativo econômico de quatro anos e meio ou mais e uma intensa mecanização que se processa durante esse longo tempo de permanência da cultura no terreno, o preparo do solo deve ser profundo e esmerado. No preparo do solo, devem ser consideradas duas situações distintas: a cana vai ser implantada pela primeira vez e o terreno já se encontra ocupado com cana. No primeiro caso, faz-se uma aração profunda, com bastante antecedência do plantio, visando à destruição, incorporação e decomposição dos restos culturais existentes, seguida de gradagem, com o objetivo de completar a primeira operação.

Em solos argilosos é normal a existência de uma camada impermeável, a qual pode ser detectada através de trincheiras abertas nos perfis de solos, ou pelo penetrômetro (Ferraz et al., 2000). Constatada a compactação do solo, seu rompimento se faz através de subsolagem, que só é aconselhada quando a camada adensada se localizar a uma profundidade entre 20 e 50 cm da superfície e com solo seco. Nas vésperas do plantio, faz-se nova subsolagem, visando ao acabamento do preparo do terreno e à eliminação de plantas infestantes, finalizando com a passagem da grade niveladora.

Na segunda situação, onde a cultura da cana já se encontra instalada, o primeiro passo é a destruição da soqueira, que deve ser realizada logo após a colheita. Essa operação pode ser feita por meio de aração rasa (15-20 cm) nas linhas de cana, seguidas de gradagem ou através de gradagem pesada e enxada rotativa, eliminando-se, neste caso, o uso de herbicida. Se confirmada a compactação do solo, a subsolagem torna-se necessária. Nas vésperas do plantio procede-se a uma aração profunda (25-30 cm), por meio de arado ou grade pesada. Seguem-se as gradagens necessárias, visando manter o terreno destorroado e apto ao plantio. Devido à facilidade de transporte, à menor regulagem e ao maior rendimento operacional, há uma tendência das grades pesadas substituírem o arado.

Quanto aos tratos culturais, na cana-planta limitam-se apenas ao controle das plantas infestantes, adubação em cobertura e adoção de uma vigilância fitossanitária para controlar, especialmente, as incidências de plantas espontâneas, do carvão (*Ustilago scitaminea* Syd.) e da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis* Fabr.). Já as soqueiras exigem enleiramento do “paliço” (restos de palhas e pontas), permeabilização do solo, controle das plantas infestantes, adubação e vigilância sanitária (Almeida et al., 2003).

O processo de produção orgânica elimina o uso de todos os tipos de fertilizantes sintéticos e agroquímicos (fungicidas, inseticidas, herbicidas, etc.). Com a ausência desses produtos na área, ocorre o reaparecimento de várias espécies antes eliminadas. Os fungos, por exemplo, que antes eram eliminados com o uso de produtos químicos, servem então como alimentos para insetos que por sua vez servem de alimento para pequenos répteis, que alimentam aves, que alimentam animais maiores. E assim forma-se uma cadeia alimentar balanceada. Este mesmo processo também ocorre em benefício do controle biológico de pragas, doenças e plantas daninhas dos canaviais (Paschoal, 1994).

Durante a colheita não é permitida a queima da cana como método de despalha, por esse motivo 100% da colheita do canavial orgânico é mecanizada. Também, realiza-se a lavagem de todos os equipamentos antes de iniciar a colheita. Com relação à produtividade, existe uma fase de adaptação do sistema orgânico ao ecossistema, o que pode resultar em uma pequena queda de produtividade no primeiro ciclo, retornando a normalidade e até aumentando no decorrer do manejo orgânico.

Há uma forte tendência de crescimento e expansão, desta nova opção de produto, inclusive porque há certificadoras para produtores de cana-de-açúcar orgânica, o que certamente trará maior oportunidade para melhorar a remuneração aos produtores. Mesmo assim, esse sistema de cultivo traz alguns problemas ao ambiente. Por se tratar de um sistema de plantio em grande escala, ocorre a radical simplificação do ecossistema. Justamente por isto, o sistema orgânico de produção exige o plantio de cana-de-açúcar intercalado com uma ou mais tipos de culturas, principalmente, a soja, em áreas de primeiro ano de cultivo, e as consideradas como adubos-verde (crotalária júncea; feijão-guandu; mucuna preta e até mesmo a soja na rotação de cultivos).

De maneira geral o setor sucroalcooleiro nacional é referência mundial de produção sustentável por meio do uso do bagaço de cana na produção de bioeletricidade, um diferencial das usinas brasileiras. O reaproveitamento do bagaço de cana é um dos muitos aspectos que credenciam o setor sucroenergético brasileiro como um modelo

sustentável. Além de autossuficientes em eletricidade, as usinas exportam o que produzem a mais de energia para o sistema elétrico, justamente durante o período do ano em que o nível dos reservatórios está mais baixo (ÚNICA, 2012). Outro ponto importante é a reutilização de subprodutos industriais de base orgânica no processo produtivo da cana-de-açúcar, caso de insumos agrícolas como a chamada torta de filtro e a vinhaça. Ambas são utilizadas como fertilizantes, substituindo o uso de produtos de base fóssil.

2.4 NUTRIÇÃO MINERAL DA CANA-DE-AÇÚCAR

A obrigatoriedade de colheita da cana-de-açúcar sem a queima da palhada aliada aos custos crescentes de produção torna imprescindível a adoção de novas tecnologias no manejo agrícola desta cultura, como métodos de preparo de solo com sua menor mobilização e consumo de combustível e no uso racional de fertilizantes (Souza et al., 2005; Rossetto et al., 2010).

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 onde as exigências nutricionais são controladas geneticamente, ocorrendo, portanto, variações nas necessidades de nutrientes entre variedades (Orlando Filho, 1983). A ordem de extração de macronutrientes tanto para cana-planta como para cana-soca é: $K > N > Ca > Mg > P$.

O nitrogênio (N) é um elemento essencial para a produção vegetal e, para uma produção de 100 Mg ha⁻¹ de colmos, a absorção deste nutriente pela cana-de-açúcar varia de 100 a 300 Kg ha⁻¹ (Colletti et al., 2006; Robertson Thorburn, 2007; Trivelin et al., 2002). A cana-de-açúcar é uma cultura semi-perene embora na literatura sejam comuns resultados considerando os efeitos das adubações somente em um ano agrícola. São poucos os trabalhos como o de Basanta et al. (2003), Orlando Filho et al. (1999) e Vitti et al. (2007) que mantiveram as parcelas experimentais mais de um ciclo agrícola no campo com o intuito de avaliar o efeito cumulativo de adubações com N na produtividade expresso em toneladas de cana por hectare (TCH) e toneladas de pol por hectare (TPH) da cana-planta e soqueiras. De maneira geral, estes autores obtiveram respostas significativas na produtividade da cultura e ressaltam efeitos residuais de aplicações de N em ciclos subsequentes.

As adubações nitrogenadas de plantio e soqueira (após primeiro corte) 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, é sabido que a palhada proveniente da colheita mecanizada sem despalha a fogo 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 (Graham et al., 2002; Barbosa, 2010) e infiltração de água no solo (Souza et al., 2005).

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 autor ainda relata que aqueles que normalmente não recebem qualquer adubação geralmente não formam boa quantidade de rizomas e isso pode comprometer a produtividade das soqueiras seguintes.

O nitrogênio é crucial no período de formação da cultura, ou seja, no estágio que se inicia imediatamente após a germinação e termina no fechamento do canavial, que normalmente ocorre em torno de 3 a 5 meses após o plantio (Orlando Filho, 1983). É nessa época que se dá a formação dos perfilhos e, para tanto, é necessária uma certa disponibilidade de nitrogênio no solo. A partir do fechamento do canavial, a cultura entra num período de crescimento acelerado, desde que haja boas condições de temperatura e umidade. Sem uma quantidade mínima de nitrogênio no solo, durante o estágio de formação da cultura, tanto o número como o desenvolvimento de perfilhos das plantas são afetados. Mesmo que haja formação de outros perfilhos, esses não terão condições de ser aproveitados para a moagem na colheita. O autor também observou que a produtividade da cana aumenta com o incremento de doses de nitrogênio, porém essas canas apresentam maior conteúdo de umidade. Constatou, ainda, uma correlação positiva entre a absorção de nitrogênio e a umidade.

As canas com bom suprimento de água e nitrogênio, com os demais fatores favoráveis, apresentaram um bom rendimento agrícola e industrial. Pedrosa et al. (2005) não encontraram diferenças significativas na primeira soca, para diâmetro e número de colmos, submetidas a doses crescentes de adubação nitrogenada, em cobertura. As respostas foram significativas apenas para os tratamentos irrigados, segundo os autores. Resultados semelhantes foram obtidos por Moura et. al. (2005), que encontraram uma resposta significativa para diâmetro e número de colmos em plantas de cana primeira soca apenas nos tratamentos em que as plantas receberam irrigação, em relação às plantas dos tratamentos não irrigados.

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 N e K (Silva, 1991). Albuquerque & Marinho (1984) mostraram que, quanto maior a dose de P aplicada no plantio, maior será o efeito residual e, portanto, menores serão as possibilidades de haver resposta às adições de P na cana-soca. Por outro lado, a eficiência da cana em absorver P do solo está diretamente relacionada à sua capacidade em explorá-lo. Assim, a cana-soca, ainda que possua um ciclo menor (12 meses, em média) do que a cana-planta (18 meses, em média), tem a vantagem de iniciar seu crescimento com um sistema radicular estabelecido, sendo esta uma das possíveis razões para a maior facilidade da cana-soca em aproveitar o P disponível (Korndörfer, 1990).

A eficiência agrônômica do uso de fertilizantes fosfatados é influenciada por uma série de fatores, tais como acidez do solo, modo de aplicação, reatividade dos fosfatos, tipo de planta e, especialmente, do poder tampão de fosfato do solo. A maior ou menor competição entre planta e solo pelo P aplicado como fertilizante faz com que a planta se ajuste para utilizar o P que lhe é colocado à disposição (Novais & Smyth, 1999). Dados disponíveis têm mostrado grande ajuste da planta à utilização do P absorvido em solos com diferentes valores de capacidade tampão de P (Muniz et al., 1985; Fabres et al., 1987; Fonseca et al., 1988; Mello et al., 1993; Novais et al., 1993).

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 (Korndörfer, 1990). Teores adequados de fósforo aumentam a sacarose na cana-de-açúcar. Rossetto et al. (2002), estudando o comportamento da adubação com fosfato natural (P_2O_5 - 120 kg ha⁻¹) na cana-de-açúcar (ressoca, ou seja, do segundo corte em diante), observaram que a produtividade encontrada foi de 57,2 t ha⁻¹ com a aplicação do fosfato no sulco de plantio.

O potássio (K) é um nutriente que influencia satisfatoriamente quando empregado como fertilizante na cultura da cana-de-açúcar. Por ser acumulado em maiores quantidades, quando não suprido adequadamente, pode causar sérios prejuízos à

produtividade da cultura da cana. O potássio 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. Também, a deficiência desse elemento reduz a translocação dos açúcares sintetizados nas folhas para os tecidos de armazenamento.

O potássio, segundo Aquino et al. (1993), 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. Há relatos da 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 potássio 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 (Rodrigues, 1995).

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 Ca^{+2} e Mg^{+2} (Marschner, 1995). Em relação aos macronutrientes secundários cálcio (Ca) e magnésio (Mg) segundo Schmell & Humbert (1964) 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, 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 cálcio e magnésio. Grande variabilidade na resposta da produtividade da cana 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 foram relatados por Marinho et al. (1975); 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. O trabalho destes autores permitiu concluir que não há resposta à calagem se o solo apresentar mais de $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca.

Na região de cerrados, Rodella et al. (1984) encontraram como nível crítico de Ca trocável o valor de $0,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e para Mg trocável $0,17$ a $0,34 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Os autores encontraram uma saturação por alumínio tolerável de apenas 25 %.

O enxofre (S) é um nutriente que as plantas acumulam em quantidades relativamente elevadas. Não poderia deixar de ser diferente no caso da cana-de-açúcar. Especificamente em cana, a prática da queimada por ocasião da colheita causa uma expressiva volatilização do S contido no material vegetal, agravando, ainda mais, possíveis deficiências deste nutriente a curto prazo. Porém, esta situação se modifica na cana-de-açúcar sob cultivo orgânico, onde a colheita do canavial é realizada mecanicamente, sem a queima da palhada, e conseqüentemente, assegurando os níveis mínimos de S nas lavouras.

O estudo de micronutrientes em cana-de-açúcar tem sido pouco relatado na literatura. A maioria dos problemas nutricionais relacionados com micronutrientes resumem-se, praticamente, a solos de baixa fertilidade cultivados com cana-de-açúcar. A carência de micronutrientes na cana-de-açúcar acarreta reduções de produtividade e, possivelmente, a morte das plantas. A importância dos micronutrientes em programas de adubação foi fundamentada em função das quantidades extraídas dos solos. Essas quantidades podem ser baixas (g ha^{-1}), mas de grande importância para o desenvolvimento da planta, podendo, em condições de baixa disponibilidade no solo, se tornar limitante para o desenvolvimento adequado da cultura. Para regiões de solo de baixa fertilidade ou que são explorados durante muitos anos, a ocorrência de deficiência de micronutrientes pode ser agravada. Portanto, a busca de maior produtividade e uma vida útil maior para o canavial torna a adubação com micronutrientes prática fundamental (Casarin et al., 2006).

Estudos de Câmara (1993) relatam que em relação aos micronutrientes, a cultura da cana-de-açúcar extrai 149 e 86 g de boro; 234 e 105 g de cobre; 1393 e 5525 g de ferro; 1052 e 1420 g de manganês e 369 e 223 g de zinco para produzir 100 t de colmos industrializáveis e de folhas, respectivamente.

De acordo Mellis & Quaggio (2008) independentemente do tipo de solo e variedade empregada, a cana-planta apresentou ganhos expressivos de produtividade com a aplicação de micronutrientes, principalmente para zinco (Zn), molibdênio (Mo) e manganês (Mn). O Zn foi o micronutriente que proporcionou os maiores ganhos de produtividade (média de 17 % de aumento), em relação às parcelas que não receberam aplicação de micronutrientes. Para o Mo e o Mn, os ganhos médios de produtividade foram de 14 % e 12 % respectivamente.

Desta forma, a utilização de micronutrientes, especialmente o zinco, na cultura de cana-de-açúcar pode trazer expressivos ganhos econômicos e até mesmo ambientais ao país. Com essa aplicação, como comprova a pesquisa do IAC, cresce a produtividade do solo, tornando o balanço energético da cultura ainda melhor e evitando a necessidade de sua expansão para áreas do Cerrado e da Amazônia.

2.4.1 O manejo da adubação nos canaviais orgânicos

Os procedimentos para amostragem e análise do solo de um canavial orgânico seguem as mesmas metodologias aplicadas para os cultivos convencionais. Onde a determinação da necessidade de calagem é determinada pela análise química do solo, deve ser utilizado para elevar a saturação por bases a 60%. Se o teor de magnésio for baixo, usar preferencialmente o calcário dolomítico. O calcário deve ser aplicado o mais uniforme possível sobre o solo. A época mais indicada para aplicação do calcário vai desde o último corte da cana, durante a reforma do canavial, até antes da última gradagem de preparo do terreno. Dentro desse período, quanto mais cedo executada maior será sua eficiência.

Quanto a adubação, há a necessidade de considerar duas situações distintas, adubação para cana-planta e para soqueiras, sendo que, em ambas, a quantificação será determinada pela análise do solo. Existe uma grande utilização da vinhaça, um resíduo da produção de álcool, nos canaviais, na forma de fertirrigação, como importante fonte de potássio, macronutriente indispensável para o desenvolvimento da cana. O sistema básico de aplicação é por aspersão (autopropelido).

Outro resíduo utilizado como adubo é a torta de filtro, que pode ser aplicada em área total, em pré-plantio, no sulco de plantio ou nas entrelinhas. Metade do fósforo contido nesta fonte orgânica pode ser deduzido da adubação fosfatada recomendada (Raij et al., 2001). Caso necessário, pode-se recorrer a outros tipos de adubações orgânicas, como os compostos (Kiehl, 1998). A quantidade de cada insumo à ser aplicada vai

dependem da necessidade de cada canavial, retradada nos históricos das adubações, nas análises de solo e foliar atuais e do manejo específico de cada região.

Conforme relatado por Soares et al. (2008) a adubação e a nutrição do canavial num sistema orgânico de produção adotam todos os princípios de uma produção racional, respeitando-se, porém, alguns princípios e normas que caracterizam e são inerentes ao sistema orgânico. Neste sistema, em qualquer fase do processo de produção, um maior enfoque é dado à produção ambiental, à conservação e à melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, à promoção da sustentabilidade e ao incremento da matéria orgânica do solo.

São evitados, no sistema orgânico de produção, fertilizantes processados industrialmente, altamente concentrados e solúveis rapidamente em água, além de insumos que incluem elementos tóxicos ou resíduos contaminantes (Soares et al., 2008). Procura-se com isso a autossustentação do sistema, a maximização dos benefícios sócio-econômicos para quem o explora, a autossuficiência da propriedade, a minimização da dependência das energias não-renováveis, privilegiando sempre a qualidade ambiental e a saúde humana (Guimarães et al., 2002).

2.4.1.1 Adubos e condicionadores de solo

Os adubos mais utilizados em cultivo orgânico da cana-de-açúcar são os fertilizantes de origem orgânica ou mineral de baixa solubilidade, como os fosfatos naturais, calcários ou rochas. A vinhaça e a torta de filtro são permitidas e fornecem praticamente todo o potássio e o fósforo necessários, além de parte do nitrogênio (Soares et al., 2008).

Os compostos de origem vegetal ou animal também são usados. Deve-se realizar a rotação de culturas e adubação verde nas áreas de reforma do canavial com leguminosas, para fixação biológica do nitrogênio, e com gramíneas, para melhoria da estrutura física do solo. Cobertura morta promovida pela manutenção da palhada de cana é altamente indicada (Rossetto, 2004). Algumas tortas de oleaginosas também são utilizadas na adubação orgânica em cana-de-açúcar.

2.4.1.2 Utilização de calcários, gesso agrícola e fosfatos naturais

De acordo com a Instrução Normativa nº 7, é permitido o uso de rochas moídas como adubos e condicionadores de solo no processo de produção orgânica. Portanto, o

calcário pode ser utilizado, e, além de fornecer cálcio e magnésio, promove a neutralização do alumínio e manganês tóxico, regula o pH de solos ácidos, auxiliando na disponibilização de macro e micronutrientes para as plantas (Soares et al., 2008). Os autores afirmam ainda que o gesso agrícola, subproduto da fabricação dos fertilizantes fosfatados, que também ocorre em forma similar em algumas jazidas, tem seu uso permitido por algumas certificadoras como condicionador de solo na adubação orgânica.

Os fosfatos naturais podem ser utilizados na adubação orgânica por se tratar de um adubo resultante da moagem de rochas. Os fosfato naturais, que praticamente são insolúveis em água, dissolvem-se lentamente na solução do solo e tendem a aumentar a disponibilidade de fósforo para as plantas, com o passar do tempo (Korndörfer et al., 1999).

2.4.1.3 Subprodutos da indústria sucroalcooleira: vinhaça e torta de filtro

A vinhaça é produzida em grande quantidade nas destilarias de álcool. A vinhaça de cana é rica em potássio e possui teores relativamente elevados de outros elementos. A composição desse resíduo é muito variável, dependendo das condições em que a usina vem operando. Se for considerado apenas o efeito do potássio, pode-se dizer que praticamente 100% deste elemento está disponível para as plantas. A vinhaça contém ainda nitrogênio, enxofre, e matéria orgânica e alguns microelementos. Sua aplicação mais racional deve ser feita com base no teor de potássio. A maioria das aplicações vem sendo feita *in natura*, em quantidades que variam de 50 a 200 m³ ha⁻¹ (Pavan & Chaves, 1998).

Resíduo da indústria açucareira oriundo da filtração a vácuo do lodo retido nos clarificadores, a torta de filtro é composta de resíduos solúveis e insolúveis da fase de calagem (Guimarães et al., 2002). Cada tonelada de cana moída rende em torno de 40 Kg de torta, rica em fósforo, cálcio, cobre, zinco, ferro, com relação C/N elevada, o que pode diminuir a disponibilidade de nitrogênio no solo. É deficiente em potássio, o que sugere a combinação deste resíduo com a vinhaça. Tanto a vinhaça, como a torta de filtro, são permitidos no sistema de cultivo orgânico e fornecem praticamente todo o potássio e fósforo necessários para a planta, além de parte do nitrogênio (Rossetto, 2004).

2.4.1.4 Estercos

O esterco resulta dos dejetos sólidos e líquidos de animais, apresentando composição química muito variável, dependendo da espécie animal, alimentação, manipulação de esterqueiras, além de outros fatores (Berton & Valadares, 1991).

Embora os esterco possuam praticamente todos os elementos necessários ao desenvolvimento das plantas, as quantidades normalmente aplicadas não são suficientes para suprir as necessidades das culturas. Os esterco são considerados, em geral, fontes de nitrogênio, seu constituinte mais importante, entretanto outros nutrientes não podem ser desprezados, tais como fósforo e potássio, além de cobre e zinco nos esterco de galinha e de porco (Berton, 1996).

2.4.1.5 Adubação Verde

No estado de São Paulo, o estudo do comportamento da cana-de-açúcar em sucessão a adubos verdes foi iniciada por Cardoso (1956), que verificou um maior rendimento desta gramínea após o cultivo de *Crotalaria juncea* do que após mucuna-preta. O aumento de produtividade da cana-de-açúcar com a incorporação de leguminosas ao solo ocorre devido aos diversos benefícios que advêm desta prática (Espíndola et al., 1997), e principalmente pelos teores de nutrientes essenciais que as leguminosas contêm. Estas apresentam elevados valores de N e K₂O que poderão proporcionar a total substituição da fertilização mineral para a cana-de-açúcar, pelo menos até o primeiro corte.

Trabalhos mais recentes realizados no Pólo Centro Sul reafirmam que a adubação verde exerce um importante papel na recuperação da fertilidade do solo proporcionando aumento da capacidade de troca de cátions, disponibilidade de macro e micronutrientes; formação e estabilização de agregados; melhoria da infiltração de água e aeração; diminuição diuturna da amplitude de variação térmica; controle de nematóides e, no caso de leguminosas, incorporação do nutriente nitrogênio ao solo através da fixação biológica.

2.4.1.6 Compostagem

Denomina-se compostagem, composto orgânico, ou simplesmente composto, a transformação da matéria orgânica de restos de materiais de origem animal e vegetal pela ação de microrganismos, resultando num material estável, rico em substâncias húmicas, homogêneo e de coloração escura Kiehl (1998).

A legislação brasileira, de acordo com o Decreto 86.955 de 18/02/1982, denomina o composto orgânico como fertilizante composto e o define como fertilizante obtido por processo bioquímico, natural ou controlado, com mistura de resíduos de origem

vegetal e animal (Brasil, 1982). De acordo com Kiehl (1998), a prática da compostagem inicia-se com a seleção de resíduos que irão compor pilha. Essa etapa é muito importante para que a mistura de resíduos a ser curtida esteja bem balanceada no início do processo e as condições de compostagem sejam mais favoráveis. Para se compreender o processo, pode-se dividir os resíduos orgânicos em três categorias: os energéticos são resíduos carbonáceos, geralmente restos vegetais com maior relação C:N; os nutritivos são resíduos que devem conter bom suprimento de nutrientes para satisfazer a demanda dos microrganismos, principalmente nitrogênio e os inoculantes: têm a função de fornecer microrganismos à massa para que a decomposição tenha início o mais rapidamente possível.

2.4.1.7 Tortas de Oleaginosas

As tortas de oleaginosas são definidas como resíduos das indústrias de óleos vegetais e cosméticos, resultantes da prensagem ou de outros métodos de extração de óleos. As tortas de oleaginosas possuem altos teores de proteínas, motivo pelos quais algumas delas, como a de algodão e amendoim, são utilizadas em formulações de rações animais (Soares et al., 2008).

De acordo com Azeredo & Manhães (1983) a composição química e orgânica das tortas é bastante variável, pois além dos diferentes processos industriais para obtenção de óleo, as particularidades que envolvem os sistemas de produção das culturas influem na qualidade do material que vai dar origem às tortas. De maneira geral, as tortas caracterizam-se pelos baixos teores de fósforo e potássio, e as tortas de amendoim e algodão são mais ricas em nitrogênio.

As tortas de oleaginosas podem ser aplicadas *in natura*, observando-se um teor residual de óleo abaixo de 1,5%, para que haja melhor assimilação pelo solo, ou ainda podem ser componentes da compostagem, fornecendo principalmente nitrogênio, reduzindo a relação C:N, melhorando a qualidade nutricional do composto (Soares et al., 2008).

2.4.2 Teor e extração de nutrientes pela cana-de-açúcar

O trabalho de Orlando Filho (1978), sobre a extração de macro e de micronutrientes em função da idade em três tipos de solo no estado de São Paulo, contribuiu efetivamente para o conhecimento da nutrição da cana-de-açúcar, alavancando, a partir de então, a realização de numerosos trabalhos de pesquisa nesta área. Seguiram-se

os experimentos de correlação e de calibração de nutrientes, principalmente para P e K, estabelecendo-se seus níveis críticos para produções que maximizavam a eficiência econômica dos fertilizantes (Cavalcanti et al., 1979ab; Orlando Filho & Zambello Júnior, 1980; Manhães et al., 1981; Lima Filho et al., 1982; Alvarez et al., 1991).

Para recomendação de fertilizantes baseada num balanço nutricional é necessário saber qual a quantidade de nutrientes que uma cultura absorve e exporta do solo para uma determinada produtividade. Nesse sentido, faz-se oportuno diferenciar absorção de exportação, ou seja, tudo aquilo que a planta retira do solo como nutriente e armazena em suas diversas partes é denominado absorção ou acúmulo. Apenas, a quantidade de nutrientes que sai da planta na forma de produto colhido é que se chama de exportação.

Na cultura da cana-de-açúcar, o colmo é o produto colhido; então, todos os nutrientes que se encontram no colmo na colheita serão exportados. Os nutrientes acumulados nas outras partes da planta, como folhas, principalmente, podem retornar, pelo menos em parte, ao sistema.

Já as raízes, formadas durante a implantação ou reforma de um canavial serão, em parte, reaproveitadas para rebrota das soqueiras (Orlando Filho & Zambello Júnior, 1980). Isso significa que parte dos nutrientes acumulados durante a implantação ou reforma não deixa o sistema solo-planta, pois serão utilizados em futuras brotações. Portanto, no balanço nutricional, parte dos nutrientes acumulados nas folhas e nas raízes pode retornar ao sistema solo-planta, e deve ser necessariamente computada como uma das formas de entrada de nutrientes ao sistema.

Em cana-planta, com exceção de Fe e K, há uma redução na taxa de acúmulo dos demais nutrientes nas folhas e uma maior alocação nos colmos entre o 14º e 16º mês, ou seja, no período que antecede a colheita. Em cana-soca, apesar de aos doze meses, o conteúdo de nutrientes nos colmos mostrarem-se superior ao encontrado nas folhas, não ocorre redução na taxa de acúmulo, como em cana-planta. O importante, no momento, é que esse investimento em alocar mais nutrientes em colmo em relação à folha irá refletir numa inversão na produção de matéria seca, que ocorre a partir do décimo mês em cana-planta e sexto mês em cana-soca (Orlando Filho, 1978).

2.5 MÉTODOS DE DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DAS CULTURAS

O crescimento e a produção dos vegetais são diretamente afetados pela sua nutrição, portanto, técnicas de avaliação do estado nutricional das plantas são ferramentas indispensáveis para o monitoramento da oferta de nutrientes pelas adubações realizadas

anualmente. Os principais métodos de diagnose do estado nutricional são: diagnose visual, análise química de terra, análise foliar e métodos biológicos (Malavolta, 1980; Lopes & Carvalho, 1991). Entre esses, os mais utilizados em áreas comerciais têm sido a análise química de terra e a análise foliar.

2.5.1 Análise química de terra

A análise química de terra é um dos métodos mais empregados no Brasil para avaliação direta da fertilidade do solo. É considerada uma técnica rápida e de fácil acesso. Esse método fundamenta-se no uso de extratores químicos que removem do solo, por complexação, desorção, solubilização, troca iônica ou hidrólise, formas químicas dos nutrientes consideradas disponíveis para a planta, ou de elementos químicos promotores de salinização do solo ou toxidez para as plantas (Cantarutti et al., 2007).

A análise de terra é uma excelente ferramenta para avaliar o estado nutricional das culturas. Porém, existem casos em que os nutrientes apresentam teores suficientes no solo, mas em decorrência de fatores como a seca, o excesso de água, ou outro impedimento físico do solo ao crescimento das raízes, eles deixam de ser absorvidos em quantidades suficientes, levando a planta a quadros de deficiência. Então uma ferramenta que pode detectar tal problema nutricional é a análise foliar. Além disso, para muitos nutrientes não há um critério adequado de análise de terra, levando à necessidade do emprego de análises foliares.

2.5.2 Análise foliar

A avaliação direta do estado nutricional de plantas é uma necessidade para a agricultura, e a análise foliar é muito útil para tal diagnóstico. A folha representa bem a planta, por ser o órgão que reflete melhor o estado nutricional da cultura. Malavolta (2006) define a análise foliar como uma ferramenta para solucionar os problemas nutricionais das plantas crescendo em condições de campo. Segundo Cantarutti et al., (2007), a planta funciona como uma solução extratora universal dos elementos disponíveis no solo e que deve ser utilizada conjuntamente com outros métodos, em particular a análise de terra.

A diagnose foliar é também um método indireto de avaliação da fertilidade do solo, porque geralmente, há correlação entre a disponibilidade de nutrientes na solução do solo e o teor desses nutrientes na folha das plantas cultivadas. A composição mineral da folha é consequência do efeito dos fatores que atuaram até o momento em que o órgão foi amostrado, podendo variar com a espécie, cultivar, idade, solo, condições climáticas,

práticas culturais, pragas e doenças, dentre outros (Malavolta, et al., 1997).

A sua utilização, como critério de diagnóstico é baseada na premissa de que existe uma relação significativa entre o suprimento de nutrientes e suas respectivas concentrações, e que aumentos ou decréscimos nos níveis desse nutrientes estão relacionados à produção e/ou crescimento mais alto ou mais baixo, respectivamente (Bataglia & Dechen, 1996).

2.5.3 Interpretação das análises de terra e foliar

Na definição dos parâmetros adequados para interpretar a disponibilidade dos nutrientes têm sido utilizados dois métodos: o método dos Níveis Críticos ou Faixas de Concentração (NC) e o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). A interpretação dos resultados através do NC consiste na comparação individual dos níveis de cada nutriente com parâmetros previamente tabelados (Chapmann, 1973; Walsh & Beaton, 1973; Munson & Nelson, 1990). Essa técnica apresenta desvantagens, pois não leva em consideração a interação existente entre nutrientes, e a variação de suas concentrações com o desenvolvimento da planta (Sumner, 1977a). Enquanto que, o método DRIS compara áreas amostradas entre si, utilizando a média das funções binárias das razões entre as concentrações dos nutrientes (Beaufils, 1971, 1973).

2.5.3.1 Método dos Níveis Críticos ou Faixas de Concentração (NC)

A interpretação de análise da terra e análise foliar pelos Níveis Críticos ou Faixas de Concentração (NC) é considerada clássica. Os Níveis Críticos consistem na concentração na folha ou no solo, abaixo da qual a taxa de crescimento, a produção ou a qualidade diminuem significativamente (Walsh & Beaton, 1973; Munson & Nelson, 1990).

Esses níveis são estabelecidos em experimentos de campo, onde as diferentes concentrações de nutrientes são obtidas mediante adubações, já que, em solos nas condições nativas, os nutrientes não se distribuem em todas as faixas. A comparação entre a produção obtida e o nível de nutrientes extraídos permite obter curvas de calibração. O nível crítico é definido a partir do teor de nutrientes no solo e nas folhas, considerando-se alguns aspectos econômicos (Goedert et al., 1985).

Segundo Keisling & Mullixins (1979) e Dow & Roberts (1982), as Faixas de Concentração constituem o método mais aprimorado de interpretação de análise de terra e

folha, uma vez que considera uma faixa de concentração abaixo da qual a taxa de crescimento, a produção ou a qualidade diminuem significativamente, pois, na determinação destas concentrações, estão associados erros, especialmente para culturas em que existe grande diversidade de materiais genéticos.

As curvas de calibração para os nutrientes representam a correlação entre as respostas das culturas aos nutrientes aplicados nas adubações e os teores no solo ou folhas, servindo de base para a interpretação (Cantarella et al., 1995). A partir dessas curvas é que são definidas as classes de interpretação (Dahnke & Olsen, 1990). Os níveis críticos e as faixas de concentração também são estabelecidos para os resultados de análise foliar. Em geral, dadas às grandes variações de clima, solo e cultivares, é preferível estabelecer faixas de nutrientes considerados como limitantes.

Apesar de ser reconhecida a influência dos fatores ambientais, edáficos e genéticos na análise foliar ainda são empregados dados antigos de faixas de concentração ou níveis críticos para interpretação das análises. Tais dados não consideram o surgimento de variedades de culturas mais modernas, que apresentam um maior potencial produtivo. A utilização dessas faixas pode levar à interpretação e recomendação de fertilizantes de forma errônea, e acabar favorecendo ao desequilíbrio nutricional, acarretando baixa produção.

As principais desvantagens do método dos NC são: os nutrientes são interpretados individualmente, não levando em consideração as interações entre eles; a variação da concentração dos nutrientes com a idade do vegetal e o grau de desenvolvimento; as diferenças varietais; e quando mais de dois nutrientes estão limitantes, não é possível avaliar qual deles é mais limitante para a produção (Mascarenhas et al., 1980).

Outro problema na interpretação pelo método NC é que as relações encontradas entre os fatores são, conseqüentemente, específicas para as técnicas experimentais adotadas (Walworth et al., 1986). Como os fatores de crescimento podem mudar sob várias condições, devido às interações com outros fatores, os valores críticos estabelecidos por esse modo não possuem aplicação universal. Assim, tal metodologia, além de morosa, é cara, pois envolve trabalhos de calibrações em diferentes regiões e culturas.

2.5.3.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)

A palavra DRIS é, na verdade, a abreviatura de “Diagnosis and Recommendation Integrated System”, ou, em português, Sistema Integrado de Diagnose e

Recomendação. Este sistema consiste em um conjunto de normas de diagnóstico, os quais representam calibrações da composição dos tecidos, composição do solo, parâmetros ambientais e práticas de manejo em função do rendimento de um cultivo em particular (Rodríguez & Rodríguez, 2000). Nessa concepção, o DRIS foi desenvolvido por Beaufils em 1973, trabalho esse considerado um clássico na área da fertilidade do solo e nutrição de plantas, sendo um trabalho totalmente original e revolucionário para a época.

O sistema DRIS, foi proposto originalmente por Beaufils na década de 50 (não com esse nome) a partir de trabalhos sobre fisiologia e nutrição vegetal, primeiramente com o cultivo da seringueira (Beaufils, 1957), e posteriormente com o milho (Beaufils, 1971) e a cana-de-açúcar no sul da África (Beaufils & Summer, 1976 e 1977).

O método DRIS está baseado em várias suposições relativas ao modo como o estado nutricional afeta o rendimento da cultura: a) as relações entre os nutrientes são, frequentemente, melhores indicadores de deficiências nutricionais do que valores isolados de concentração de nutrientes; b) algumas relações entre nutrientes são mais importantes ou significativas que outras; c) produtividades máximas são atingidas apenas quando os valores de relações nutricionais importantes são observados próximos aos valores ideais ou ótimos, que são médias de valores determinados em populações selecionadas, com alta produtividade; d) pelo fato de que relações nutricionais importantes devem apresentar valores próximos aos obtidos em populações de alta produtividade, a variância de uma relação nutricional importante é menor em uma população de alta produtividade (de referência) do que em populações de baixa produtividade; e) os índices DRIS podem ser calculados individualmente, para cada nutriente, utilizando-se o desvio médio de cada relação nutricional desse nutriente com os demais em relação aos valores ótimos dessa determinada relação nutricional (Jones, 1981; Walworth & Summer, 1987).

No final da década de 70 e início da de 80, vários trabalhos foram publicados comparando o método DRIS com o método dos níveis críticos. O potencial de utilização deste sistema foi demonstrado em trabalhos realizados com seringueira (Beaufils, 1973), cana-de-açúcar (Sumner & Beaufils, 1975; Beaufils & Sumner, 1976, 1977; Jones & Bowen, 1981; Orlando Filho, 1983; Elwali & Gascho, 1984), milho (Sumner, 1977a), batata (Sumner, 1979) e soja (Sumner, 1977b; Hanson, 1981; Hallmark et al., 1984; Beverly et al., 1986). Algumas vantagens do DRIS foram apontadas por esses autores: a) a indicação de deficiências nutricionais é, frequentemente, melhor definida quando se utilizam as relações das concentrações dos nutrientes, dois a dois, do que a concentração

do nutriente isolado; b) sendo o equilíbrio nutricional um fator crítico e importante na determinação da produtividade das plantas, principalmente em altos níveis de produção, o diagnóstico considerando o equilíbrio nutricional com base em padrões ou normas tem vantagens sobre o diagnóstico através do nível crítico de cada nutriente; c) as normas ou padrões de referência para o equilíbrio nutricional de uma cultura podem ser extrapolados para diversas regiões do país; d) os nutrientes que estão limitando a produção, tanto por excesso como por deficiência, podem ser prontamente identificados e ordenados em função de sua importância na limitação da produtividade; e) o diagnóstico pode ser realizado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, bem como independentemente de cultivar.

Kelling & Schulte (1986), Walmorth & Sumner (1987), Sumner (1990), Beverly (1991), Hallmark & Bervely (1991) e Jones Júnior et al. (1991) apresentaram revisões que elucidaram a metodologia do DRIS como método de diagnóstico do estado nutricional de plantas, relacionando normas para o cálculo dos índices primários para várias culturas. Posteriormente, foram propostas modificações no método original para melhorar a precisão do diagnóstico (Jones, 1981; Elwali & Gascho, 1984; Beverly, 1987a, 1987b; Alvarez & Leite, 1992).

No Brasil, Zambello Junior & Orlando Filho (1978) aplicaram, pela primeira vez, a metodologia do DRIS para a cultura da cana-de-açúcar. Posteriormente, Hanson (1981) interpretou experimentos de soja, na Região Sul do Brasil, utilizando esse método. Desde então, vários artigos e capítulos de livros têm sido publicados na literatura nacional sobre o sistema DRIS (Bataglia & Dechen, 1986; Malavolta et al., 1989; Bataglia & Santos, 1990; Raij, 1991; Lopes & Carvalho, 1991; Oliveira, 1993; Oliveira & Souza, 1993; Leandro, 1998; Malavolta et al., 1997; Santos, 1997; Veloso et al., 2000; Fontes, 2001; Mourão Filho & Azevedo, 2003; Cunha, 2005).

Oliveira (1993) e Oliveira & Souza (1993) relatam o potencial do DRIS na obtenção de níveis de suficiência no solo e/ou na folha para culturas como soja, milho, citrus e cana-de-açúcar no Brasil. Leandro (1998) e Cunha (2005) estabeleceram normas DRIS para as culturas da soja e milho, respectivamente, na região do Cerrado (Goiás e Distrito Federal).

Para a cultura da cana-de-açúcar orgânica não existe nenhum trabalho utilizando o DRIS. Também não existem muitos trabalhos utilizando esta metodologia para a cultura da cana-de-açúcar convencional. Reis Júnior & Monerat (2002) compararam as normas DRIS estabelecidas por Beaufils & Sumner (1976), Elwali & Gascho (1984) e por Reis

Júnior (1999) para a cana-de-açúcar, cultivada em diferentes locais, e concluíram que existem diferenças significativas nas diferentes normas estabelecidas, mas na falta de normas DRIS locais, é válida a utilização das normas universais.

Ruíz-Bello & Cajuste (2002) utilizaram os índices DRIS para avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar cultivada em casa de vegetação, em duas épocas e em dois locais, submetida à aplicação de diferentes doses de $N-P_2O_5-K_2O$, e concluíram que o método DRIS foi útil na detecção de uma deficiência oculta. Os mesmo autores verificaram que quando os índices DRIS dos nutrientes foram comparados com níveis críticos dos nutrientes, a variação encontrada nos diferentes valores em cana-de-açúcar foi minimizada.

Piperas (2008) analisando lavouras comerciais de cana-de-açúcar em Presidente Prudente-SP correlacionou a produtividade com o número de cortes, e concluiu que os diagnósticos realizados pelo DRIS mostraram desequilíbrios variados entre os talhões da população amostrada. O DRIS demonstrou uma sensibilidade de detecção maior que outros métodos ao diagnosticar que os nutrientes B, Mn, Cu e S apresentaram maior potencial de resposta à adubação.

O DRIS é um método de diagnóstico do estado nutricional de plantas, pelo qual os nutrientes não são considerados pelos seus teores individuais (análises univariadas), mas, sim, pelas relações binárias (análises bivariadas). O uso de relações entre vários nutrientes dá maior segurança às interpretações individuais dos nutrientes. A aplicação do método DRIS envolve três fases: a) Obtenção das normas, b) Cálculo e interpretação dos índices DRIS e, c) Validação dos resultados.

2.5.3.2.1 Obtenção das normas

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).

Para a utilização do sistema é necessária a coleta de uma quantidade substancial de dados básicos (análise foliar, análise de terra e produtividade) a fim de que sejam estabelecidas normas ou padrões. 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 (Beaufils, 1971, 1973; Walworth & Sumner, 1987; Malavolta et al., 1989; Raij, 1991). Alguns artigos

atestam que a melhor utilização do método pode ser conseguida pelo aumento considerável do número de amostras (Beaufils, 1973; Walworth & Sumner, 1987; Sumner, 1979; Letzsch & Sumner, 1984; Hallmark et al., 1990a, 1990b). Entretanto, Walworth et al. (1988), Hallmark et al. (1984, 1987b) obtiveram bons diagnósticos de problemas nutricionais utilizando bases de dados mais restritas.

Outro artifício empregado é a particularização da população de referência quanto às condições edafo-climáticas, material genético, época de amostragem, parte da planta amostrada, etc. (Beaufils, 1973). Ao particularizar a base de dados restringe-se a aplicação do DRIS; isto, contudo, pode constituir um refinamento importante para, dentro das mesmas condições de restrição, melhorar a precisão do diagnóstico.

A base de dados pode ser obtida tanto em experimentos de adubação como em áreas comerciais. Quando se emprega esse tipo de dado, a distribuição dos valores geralmente não segue a distribuição normal. Para normalizar a distribuição, Beaufils (1973) propôs a divisão da base de dados em dois subgrupos, um de alta produtividade e outro de baixa produtividade. Os valores das concentrações e as relações entre concentrações dos nutrientes para o subgrupo mais produtivo permanecem normalmente distribuídos, e são utilizados como referência no estabelecimento dos padrões do DRIS.

Não existe um critério bem definido para a separação da população amostrada em alta e baixa produtividade. Walworth & Summer (1987) sugerem uma definição arbitrária do nível de produtividade considerado para o estabelecimento do ponto de corte entre as duas subpopulações. Letzsch & Summer (1983) sugerem que o banco de dados seja suficientemente grande e que tenham pelo menos 10% de suas observações dentro da subpopulação de alta produtividade. Malavolta et al. (1989) sugerem o rendimento de 80% do máximo para separar as duas subpopulações.

A média, o desvio padrão e o coeficiente de variação de cada subgrupo são calculados para todas as relações de nutrientes possíveis (Beaufils, 1971, 1973). Apenas um tipo de expressão é utilizado para relacionar cada par de nutrientes. O critério mais utilizado tem sido o da maior relação de variâncias entre a população de baixa e de alta produtividade (Letzsch, 1985; Walworth & Summer, 1987). Este critério foi chamado de “Fator F” por Nick (1998) e, segundo Santos (1997), o critério da maior relação de variâncias permitiu a escolha da razão que melhor identificasse o parâmetro de interesse.

2.5.3.2.2 *Cálculo e interpretação dos índices*

O conceito do índice DRIS foi introduzido por Beaufils (1971) para a cultura do milho na África do Sul. O índice DRIS de um nutriente é a média aritmética das funções reduzidas dos quocientes do teor deste nutriente em relação aos teores dos demais nutrientes determinados na análise foliar ou análise de terra. De acordo com Walworth & Summer (1987) os índices DRIS medem o desvio do valor de qualquer parâmetro que uma amostra sob análise pode apresentar em relação aos de uma população de referência, do ponto de vista nutricional e assim estabelecer uma ordem de limitação nutricional diretamente relacionada à produtividade.

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.

Alguns autores têm comparado metodologias de cálculo dos índices DRIS encontrando diferentes resultados. Bataglia & Santos (1990) testaram os três métodos para cálculo do índice DRIS e concluíram que os métodos Beaufils (1973) e Elwali & Gascho (1984) apresentam resultados semelhantes e, o método Jones (1981) mostrou depender da ordem da relação de cada par de nutrientes estudados na cultura da seringueira. Hallmark et al. (1987a) compararam os métodos Beaufils (1973) e Jones (1981) quanto à exatidão da diagnose de deficiências de fósforo e potássio na soja, acrescentando a matéria seca no cálculo dos índices e, nestas condições, para o nutriente mais deficiente, o método Jones (1981) foi mais exato que o Beaufils (1973). Em Goiás, Cunha (2005) estudando os métodos de Beaufils (1973), Elwali & Gascho (1984), Jones (1981), Jones invertido (Jones, 1981) e Alvarez & Leite (1992) observou que o método de Elwali & Gascho (1984) foi o que mais se aproximou da ordem de limitação obtida pelos níveis críticos, já na análise de solo o procedimento que mais se aproximou foi o proposto por Alvarez & Leite (1992).

No cálculo do índice, as relações normais reduzidas têm valores positivos, se o nutriente estiver no numerador, negativos, se estiver no denominador, e zero, na ausência

deste. Segundo Beaufils (1973), as relações diretas ou inversas entre dois nutrientes a serem empregadas no cálculo do índice são as que apresentam maior relação de variância entre os dois subgrupos (variância do subgrupo de baixa produtividade, sob variância do subgrupo de alta produtividade).

No cálculo das funções reduzidas o autor impõe restrições quando a relação na amostra é maior ou menor que a relação média da população. Quando a relação de nutrientes da amostra a ser interpretada é maior que a relação de nutrientes da população de alta produtividade a função normal reduzida dos teores de dois nutrientes é calculada com a fórmula de distribuição de Z, modificada por $Kt/100$. O Kt é o coeficiente de sensibilidade que tem valor arbitrário, normalmente 100, 500 ou 1.000 (Beaufils, 1973; Summer, 1977a; Walworth & Sumner, 1987; Alvarez & Leite, 1992).

Quando a relação de nutrientes da amostra a ser interpretada é menor que a relação de nutrientes da população de alta produtividade a função normal reduzida dos teores de dois nutrientes é calculada pela estatística Z multiplicada $Kt.a/b/100.A/B$. Zanco et al. (1988) relatam que, na segunda situação a estatística Z é multiplicada por um fator $Kt.a/b/100.A/B$, pois quando os valores da função Z assumem valores negativos, quanto mais distante de zero estiverem (mais negativos) tanto maiores são os desvios devido à tendência assimétrica que essa função assume em tal posição. A modificação corrige essas distorções.

As diversas funções são ponderadas pela recíproca dos coeficientes de variação das respectivas populações de referência (alta produtividade). Walworth & Sumner (1987) asseguram que o coeficiente de variação pondera a variabilidade do subgrupo de alta produtividade. Quanto menor a base de dados, maior é o coeficiente de variação e, por conseguinte, menor a capacidade de discriminação do estado nutricional da cultura.

Pelo índice DRIS é possível estabelecer, em ordem decrescente, aqueles nutrientes que são mais ou menos limitantes. Valores negativos indicam deficiência do elemento em relação aos demais; valores positivos, excesso; e quanto mais próximo de zero estiverem esses índices, maior será o equilíbrio nutricional da planta.

Embora a escala seja contínua e o estado nutricional equilibrado tenha valor igual a zero, a literatura mostra que há controvérsias a respeito. O melhor balanço nutricional, para Kelling & Schulte (1986), está situado na faixa de -15 a +15; para Escano et al. (1981), entre -1,0 e +1,5, e para Soltanpour et al. (1995), de -7 a +7. Bell et al. (1995), utilizando o DRIS-M para a diagnose do estado nutricional da soja para os

nutrientes P, K, Mn e Zn, consideraram como deficiente quando os índices foram menores que 18, 0, 0 e -19, respectivamente.

A soma, em módulo, dos índices indica o Índice de Balanço Nutricional (IBN). Quanto menor for o IBN, mais próxima a amostra estará do equilíbrio nutricional (Beaufils, 1973; Walworth & Sumner, 1987).

Inicialmente, a diagnose era realizada mediante setas num diagrama interpretativo (Beaufils, 1957, 1959, 1971), no qual eram representadas a zona de equilíbrio (média mais 2/3 do desvio padrão, representadas pelas setas horizontais), a zona de desequilíbrio moderado (faixa compreendida entre 2/3 e 4/3 do desvio padrão, representadas por setas inclinadas) e a zona de notável desequilíbrio (faixa externa a 4/3 do desvio padrão, representadas por setas verticais). Um dos inconvenientes do uso do diagrama é a dificuldade de representar espacialmente quando se empregam vários nutrientes (Sumner, 1979).

2.6 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, G. A. C.; MARINHO, M. L. Efeito residual de fósforo em cana soca nos tabuleiros de Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, São Paulo, 1984. **Anais**. São Paulo, 1984. p.153-159.
- ALMEIDA, J. E. M.; FILHO, A. B.; SANTOS, A. S.; LEITE, L. G.; ALVES, S. B. Controle da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar *Mahanarva fimbriolata* (Hem.: Cercopidae), em cana cultivada no sistema orgânico. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 34-37, 2003.
- ALVAREZ, R.; WUTKE, A. C. P.; ARRUDA, H. V.; RAIJ, B. V.; GOMES, A. C.; ZINC, F. Adubação da cana-de-açúcar - Adubação NPK em Latossolo Roxo. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n.2, p.359-374, 1991.
- 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.
- AMADOR, M. ONG y agricultura orgánica: um punto de vista. **Revista Aportes**. Edición especial: Agricultura orgánica, uma forma diferente de hacer desarrollo. México, v. 121-122, n. 62, p. 20-23, 1999.
- AMBIENTE BRASIL. **Principais produtos orgânicos produzidos no Brasil**. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- 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.

AZEREDO, F. D.; MANHÃES, M. S. Adubação orgânica. In: ORLANDO FILHO, J. (Ed). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Planalsucar, p.211-25, 1983.

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.

BASANTA, M. V.; DOURADO NETO, D.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; OLIVEIRA, J. C. M.; TIRVELIN, P. C. O.; TIMM, L. C.; TOMINAGA, T. T.; CORRECHEL, V.; CÁSSARO, F. A. M.; PIRES, L. F.; MACEDO, J. R. Management effects on nitrogen recovery in a sugarcane crop grown in Brazil. **Goedermia**, Amsterdam, v. 116, n. 8, p. 235-248, 2003.

BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. dos. 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, p.339-344, 1990.

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R. Princípios da diagnose foliar. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 646-659.

BEAUFILS, E.R.; Pesquisa de uma exploração racional de hévea após um diagnostico fisiológico demorado sobre a análise mineral de diversas partes da planta. **Fertilité**, Paris, v. 3, n. 27, p. 27-38, 1957.

BEAUFILS, E. R. Le diagnostic physiologique III. Mecanisme de l'interpretation. **Revue Generale du Caoutchouc**, Paris, v. 36, n. 2, p. 225-229. 1959.

BEAUFILS, E. R. Physiological diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, South Africa v. 1, n.1 p. 1-30, 1971.

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.; SUMNER, M. E. Application of the DRIS approach for calibrating soil and plant factors in their effects on yield of sugarcane. **Proc. S. Afr. Sugar Technol. Assn.**, South Africa, v. 50, n. 11, p. 118-124, 1976.

BEAUFILS, E. R. & SUMNER, M. E. Effect of time of sampling on the diagnosis of the N, P, K, Ca and Mg requirements of sugarcane by DRIS approach. **Proc. South Afr. Technol. Assoc.**, South Africa, v. 51, n. 12, p. 123-127, 1977.

BELL, P. F.; HALLMARK, W. B.; SABBE, W. E.; DOMBECK, D. G. Diagnosing nutrient deficiencies in soybean, using M-DRIS and critical nutrient level procedures. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 33, p. 859-865, 1995.

BERTON, R. S. Adubação Orgânica. In.: RAIJ, B. van.; CAMARGO, A. O.; VALADARES, J. M. A. S. **Recomendação de Adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo – Fundação IAC, p. 30-35, 1996.

- BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S. Potencial agrícola do composto de lixo urbano no estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v.43, n.2-3, p.87-93, 1991.
- BEVERLY, R.B. SUMNER, M.E.; LETZSCH, W.S.; Plank, C.O. Foliar diagnosis of soybean by DRIS. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, New York, v.17, n. 8, p.237-256, 1986.
- BEVERLY, R.R. Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. **J. Plant Nutr.**, New York, v.10, n. 8, p.901-920, 1987a.
- BEVERLY, R.R. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnostic of 'Valencia' oranges. **J. Plant Nutr.**, New York v.10, n. 9, p.1401-1408, 1987b.
- BEVERLY, R.B. **A practical guide to the Diagnosis and Recommendation Integrated system (DRIS)**. Micro-Macro-Publishing, Athenas. 1991.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura**. Brasília: Secretaria de Fiscalização Agropecuária, 1982. 86p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa n. 007 de 10 de janeiro de 2002**. Brasília, DF. Disponível em: < <http://www.ibd.com.br>>. Acesso em: 03 nov. 2011.
- BRITO, L. **Propostas Para Agricultura Familiar**. UNB, 2005. Disponível em: <<http://www.unb.br/acs/unbagencia/ag0605-21htm>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S. OLIVEIRA, E. A. M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba. FEALQ. 1993. p. 31-64.
- CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S. OLIVEIRA, E. A. M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba. FEALQ. 1993. p. 31-64.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A. Situação da análise de solo e planta no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994. Fertilizantes: insumo básico para agricultura e combate à fome. **Anais...** Petrolina: EMBRAPA, CPATSA; SBCS; 1995. p. 9-33.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. cap. 13, p. 769-850.
- CARDOSO, E. de M. **Contribuição para o estudo da adubação verde dos canaviais**. 1956. 109 f. Tese de Doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP. Piracicaba, São Paulo, 1956.
- CASARIN, V.; VILLA NOVA, V. S.; FORLI, F. Micronutrientes em cana-de-açúcar. In: MARQUES, M. O. (Org.) **Tópicos em tecnologia sucroalcooleira**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2006. p. 65-76.
- CAVALCANTI, F. J.; FERNANDES, C. S.; GOMES, R. F.; MOURA, R. J. Lucro com adubação NPK na cana-de-açúcar em Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.3, n.6, p.115-120, 1979a.
- CAVALCANTI, F. J.; FERNANDES, C. S.; GOMES, R. F.; MOURA, R. J. Lucro com adubação NPK na cana-de-açúcar em Pernambuco – primeira soca. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v.3, n. 2, p. 30-50, 1979b.

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

COLLETTI, J. T.; CASAGRANDE, J. C.; STUPIELLO, J. J.; RIBEIRO, L. D.; OLIVEIRA, G. R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soqueira em Argissolos, variedades RB835486 e SP813250. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n.5, p. 32-36, 2006.

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.

DAHNEKE, W. C.; OLSEN, R. A. Soil test correlation, calibration, and recommendation. In: WESTERMAN, R. L. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. 3 ed. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p. 45-71.

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

DEBRET, J. B. **Cana-de-açúcar**. In: GRANDE Enciclopédia Larousse Cultural. Santana da Parnaíba: v. 5, Plural, 1998. 1240 p.

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, n. 8, p. 466-470, 1984.

EMPRESA DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO DE SERGIPE (EMDAGRO). **Agricultores aprendem práticas sobre diversificação de fruticultura**. Disponível em: < <http://www.emdagro.se.gov.br/modules/news/article.php?storyid=481>>. Acesso em 17 fev. 2012.

ESCANO, C. R.; JONES, C. A.; UEHARA, G. Nutrient diagnosis in corn on Hydric Dystrandepts: II. Comparison of two systems of tissue diagnosis. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 41, n. 51, p. 1140-1144, 1981.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável**. (Documentos, 42). Seropédica: EMBRAPA, CNPAB, 1997.

FABRES, A. S.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; CORDEIRO, A. T. Níveis críticos de diferentes frações de fósforo em plantas de alface cultivadas em diferentes solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 11, n. 21, p. 51-57, 1987.

FERRAZ, J. M. G.; PRADA, L. S.; PAIXÃO, M. **Certificação Socioambiental do setor sucroalcooleiro**. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2000, 195 p.

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.

FONSECA, D. M.; ALVAREZ V. V. H.; NEVES, J. C. L.; GOMIDE, J. A.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hiparrhenia rufa*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 12, n. 5, p. 49-58, 1988.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2001. v. 1. 121p.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985. p. 129-163.

GRAHAM, M. H.; HAYNES, R. J.; MEYER, J. H. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on long-term sugarcane experiment in South Africa. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 34, n. 4, p. 93-102, 2002.

GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. D.; LIMA, P. C. de; GUIMARÃES, M. J. C. L.; POZZA, A. A. A. Adubação e nutrição do cafeeiro em sistema orgânico de produção. **Informe Agropecuário**, Campinas, v.23, n. 1, p.63-81, 2002.

HALLMARK, W.B.; ADAMS, J.F.; MORRIS, H.F. Detection of zinc deficiency in soybeans by diagnosis and recommendation integrated system. **J. Fert. Issues**, Manchester, v.1, n. 2, p.104-109, 1984.

HALLMARK, W.B.; DeMOOY, C.J. PESEK, J. Comparison of two DRIS methods for diagnosing nutrient deficiencies. **J. Fert. Issues**, Manchester, v.4, n. 4, p.151-158, 1987a.

HALLMARK, W.B.; WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E.; DeMOOY, C.J.; PESEK, J.; SHAO, K.P. Separating limiting from non-limiting nutrients. **J. Plant Nutr.**, New York, v.10, n. 3, p.1381-1390, 1987b.

HALLMARK, W.B. & BEVERLY, R.B. Review an update in the use of the diagnosis and recommendation integrated system. **J. Fert. Issues**, Manchester, v.8, n. 4, p.74-88, 1991.

HALLMARK, W.B., BEVERLY, R.B.; MORRIS, L.M.; SHUMAN, L.M.; WILSON, D.O.; BOSWELL, F.C.; ADAMS, J.F.; WALL, D.A. Continued modification of the M-DRIS for soybean. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, New York, v.21, n. 2, p.1313-1328, 1990a.

HALLMARK, W.B.; BEVERLY, R.B., SUMNER, M.E., DeMOOY, C.J.; MORRIS, H.F.; PESEK, J.; FONTENOT, J.D. Soybean phosphorus and potassium requirement evaluation by three M-DRIS data bases. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n. 17, p.323-328, 1990b.

HANSON, R. G. DRIS evaluation of N, P, K status of determinant soybean in Brazil. **Commun Soil Sci. Plant Anal.**, New York, v. 12, n. 2, p. 933-948, 1981.

JONES, C. A.; BOWEN, J. E. Comparative DRIS and crop log analysis diagnosis of sugarcane tissue analysis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 21, n.73, p.941-944, 1981.

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, n. 1, p. 785-794, 1981.

JONES JUNIOR., J. B., WOLF, B.; MILLES, H.A. Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. **Micro-Macro-Publishing**, Athenas, 1991. 210 p.

KELLING, K. A.; SCHULTE, E. E. Review. DRIS as a part of a routine plant analysis program. **Journal of fertilizers Issues**, Manchester, v. 3, n. 3, p. 107-112, 1986.

KEISLING, T. C.; MULLIXINS, B. Statistical considerations for evaluating micronutrient tests. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 43, n. 6, p. 1181-1184, 1979.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem – Maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, Editado pelo autor, 171 p. 1998.

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.

KORNDÖRFER, G. H.; LARA CABEZAS, W. A.; HOROWITZ, N. Eficiência agronômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 391-396, 1999.

LEANDRO, W. M. **Sistema Integrado de Diagnóstico 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.

LETZSCH, W.S.; SUMNER, M.E. Computer program for calculating DRIS indices. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, New York ,v.14, n. 9, p.811-815, 1983.

LETZSCH, W.S. Computer program for selection of norms for use the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, New York ,v.16, p.339-347, 1985.

LIMA FILHO, S. A.; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J. Doses e fontes de fosfatos em cana planta no Estado de São Paulo. **Saccharum**, São Paulo, v. 5, n. 21p. 37-43, 1982.

LOPES, A. S.; CARVALHO, J. G. de. Técnicas de levantamento e diagnose da fertilidade do solo In: OLIVEIRA, A. J. de; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D. de; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. 392 p. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 3).

LUTZEMBERGER, J. A. Perspectivas da agricultura alternativa no Brasil. Encontro Brasileiro de Agricultura Alternativa, 2, Rio de Janeiro, **Anais...** p. 78-88. 1985.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. Piracicaba. Potafós, 1989. 201p.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 638 p.

MANHÃES, M. S.; AZEREDO, D. F.; ROBAINA, A. A; VIEIRA, J. R. Calibração do fósforo disponível para a cana-de-açúcar em solos do Estado do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais (Zona da Mata). **Brasil açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 97, n.23, p. 50-56, 1981.

MARINHO, M. L.; CAVALCANTI, G. A.; AMORIM, L. C. Influência do nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento dos canaviais de Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, 1975. Campinas. **Anais...** Campinas: SBCS, 1975. p. 193-201.

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

MASCARENHAS, H. A. A.; NEPTUNE, A. M. L.; MURAOKA, T.; BULISANI, E. A.; HIROCE, R. Absorção de nutrientes por cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 92-96, 1980.

MELLIS, E. V.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Micronutrientes. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Editores) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p. 331-335.

MELLO, J. W. V.; RIBEIRO, A. C.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H. Concentrações críticas de fósforo em plantas de arroz cultivadas em solos inundados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 211-216, 1993.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO (MDA). **Agricultura agroecológica será reforçada pelo MDA em 2012**. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/portal/noticias/item_id=9081053> Acesso em 20 dez. 2011.

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. DRIS norms for Valencia sweet orange on three rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 85-93, 2003.

MUNIZ, A. S.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nível crítico de fósforo na parte aérea da soja como variável do fator capacidade de fósforo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, n. 5, p. 237-243, 1985.

MUNSON, R. D.; NELSON, W. L. Principles and practices in plant analysis. In: WASH, L. M.; BEATON, J. D. (Ed) **Soil testing and plant analysis**. Soil Science Society, Madison, Wis. 1990, p. 223-248.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. T. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. The influence of the soil phosphate capacity factor on soil and plant phosphorus critical levels of different vegetables. In: FRAGOSO, M.A.C.; BEUSICHEM, M.L.V. eds. Optimization of Plant Nutrition. Netherlands, **Kluwer Academic Publishers**, 1993. p.73-76.

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

OLIVEIRA, S.A. Avaliação do Balanço nutricional no sistema solo-planta. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 24^o, Goiânia, 1993, **Anais**, Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 43-44.

OLIVEIRA, S. A.; SOUZA, D. M. G. Uso do DRIS modificado na interpretação de análise de solo para a soja no leste do Mato Grosso. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 24^o, **Anais**, Goiânia, 1993, Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 83-84.

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.

ORLANDO FILHO, J. **Absorção dos macronutrientes pela cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), variedade CB 41 – 76 em três grandes grupos de solos do Estado de São Paulo**. (Tese de Doutorado). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1978. 154 p.

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)

ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana de açúcar no Brasil**. Piracicaba: Planalsucar/IAA, Campinas, 1983. 368 p.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JÚNIOR, E. Efeitos da adubação fosfatada em cana planta. **Saccharum**, Campinas, v. 9, n. 6, p. 38-42, 1980.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. A.; BELTRAME, J. A.; LAVORENTI, N. A. Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 4, p. 39-41, 1999.

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, 2010.

PASCHOAL, A. D. **Produção orgânica de alimentos: agricultura sustentável para os séculos XX e XXI: guia técnico e normativo para o produtor, o comerciante e o industrial de alimentos orgânicos e insumos naturais**. Piracicaba, 191 p. 1994.

PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D. **Importância da matéria orgânica nos sistemas agrícolas**. Londrina: IAPAR, 1998. 35p. (Circular Técnica, 98).

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.

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

PITELLI, M. M.; VIAN, C. E. de F. O Processo Recente de Formação dos Campos Organizacionais da Carne Bovina e Açúcar Orgânicos: Análise Preliminar e perspectivas. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 43, Ribeirão Preto, **Anais...** Brasília, 2005.

PROJETO ORGANICS BRASIL. **No mundo: 35 milhões de hectares com orgânicos**. Disponível em: < <http://blogs.estadao.com.br/organicos/tag/organics-brasil/>>. Acesso em 23 dez. 2011.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1991. 343 p.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, **Instituto Agrônomo**. 2001. 284 p.

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**, Viçosa, v. 26, n. 12, p. 367-372, 2002.

ROBERTSON, F. A.; THORBURN, P. J. Decomposition of sugarcane harvest residue in different climatic zones. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 45, n. 22, p. 1-11, 2007.

RODELLA, A. A.; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J. Calibração de cálcio, magnésio e acidez do solo para a cana-de-açúcar cultivada na região de Cerrado, **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 2, , n. 1, p.45-48, 1984.

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

RODRÍGUEZ, O.; RODRÍGUEZ, V. Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional em plantas. Una revisión. **Rev. Fac. Agron.**, Luz, v. 13, n.17, p.449-470. 2000

- ROSSETTO, R. O sistema de cultivo orgânico. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 86-87, 2004.
- ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com adubação potássica. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.105-116, 2004.
- ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; LANDELL, M. G. A.; CANTARELLA, H. TAVARES, S.; VITTI, A. C. PERECIN, D. N and K fertilization of sugarcane rations harvested without burning. IN.: INTERNACIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 27, 2010, Veracruz, México. **Proceedings...**Veracruz, México: D. M. Hogarth, 2010. 1 CD-ROM.
- ROSSETTO, R.; FARHAT, M.; FURLAN, R.; GIL, M. A.; SILVA, S. F. Eficiência agrônômica 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.
- RUÍZ-BELLO A.; CAJUSTE, L. J. Controlling fertilizer applications through plant analysis. **Communications in soil science and plant analysis**, New York, v. 33, n. 5, p.2793–2802. 2002.
- 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, W. R. dos. **Avaliação do equilíbrio nutricional dos macronutrientes em citros com diferentes adubações**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) 112 f. Piracicaba: Esalq, SP. 1997.
- SCHMEHL, W. R.; HUMBERT, R. P. Nutrient deficiencies in sugar cane crops. In: SPRAGUE, B.H. ed. **Hunger signs in crops**; a symposium, New York, David McKay, 1964. p.145-150.
- 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.
- SLOAN, E. A. The Natural & Organic Foods Marketplace. **Food Technology**, Campinas, v. 56, n.1, january, p.27-37. 2002.
- SOARES, R. A. B.; GARCIA, J. C.; ZANATTA, G. S. C. C.; BRITO, M. C. Produção de Cana Orgânica. In.: DINARDO-MIRANDA L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**, IAC – Campinas, SP. P. 763-790, 2008.
- SOLTANPOUR, P. N.; MALAKOWTI, M. J.; RONAGHI, A. Comparison of Diagnosis and Recommendation System and nutrient sufficiency range for corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 59, n. 3, p. 456-460, 1995.
- 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.
- 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.; BEAUFILS, E. R. Diagnosis of the N, P, the P requirements of Sugarcane irrespective of plant age and season using Beaufils system (DRIS) – preliminary observation. **Proc. South Afr. Technol. Assoc.**, South Africa, v. 49, n. 4, p. 137-141, 1975.

SUMNER, M. E. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norms for soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, n. 19, p. 226-230, 1977a.

SUMNER, M. E. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca and Mg content and calculated DRIS Index. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, New York, v. 8, n. 6, p. 269-280, 1977b.

SUMNER, M. E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 41, n. 22, p. 343-348, 1979.

SUMNER, M.E. Advances in the use application of plant analysis. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, New York, v. 21, n. 1, p.1409-1430, 1990.

TONDO, I. de S. P.; SILVA, J. F. M. da; SHIKIDA, P. F. A. Análise Econômica da Produção de Açúcar Orgânico. **Expectativa**. Campus de Toledo, v. VI, n. 6, p. 159-175, 2007.

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.

UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR (ÚNICA). **Manual aponta práticas brasileiras como modelo para produção sustentável de cana**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticias>> Acesso em 19 jan. 2012.

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**, Bebedouro, v. 7, n. 6, p.205-215, 1983.

VELOSO, C. A. C.; GRAÇA, J. J. C.; GAMA, J. R. N. F. Estabelecimento do método DRIS para a cultura do citros na região do Nordeste do Estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n. 5, p.372-376, 2000.

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.

WALSH, L. M.; BEATON, J. D. (Ed.) **Soil Testing and Plant Analysis**, Madison: Soil Science Society of America, Inc., 1973. 491 p.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; ISAAC, R. A.; PLANK, C. O. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the Southeastern United States and a comparison with the Midwest norms. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 6, p. 1046-1052, 1986.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation system (DRIS). **Adv. Soil Sci.**, Boca Raton, Flórida, v. 6, n. 5, 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.**, New York, v.19, n. 2, p.563-577, 1988.

ZAMBELLO JÚNIOR., E.; ORLANDO FILHO, J. **Aplicação do sistema integrado de Diagnose e recomendação (DRIS) em soqueiras de 3 variedades de cana-de-açúcar**. In: XIII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, Goiânia. 1978.

ZANCO, M.; PINTON, R. VARANINI, Z. OLIVIERI, A. M.; MAGGIONI, A. Sulla diagnosi di carenze o squilibri nutrizionali: inadeguatezza del metodo dris e uso dei trend polinomiali per lo stato del boro fogliare nella vite. **Agricoltura Mediterranea**, Granada, v.118, n. 9, p.319-332, 1988.

3 DIAGNOSE NUTRICIONAL DE LAVOURAS COMERCIAIS DE DOIS CICLOS DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO EM GOIANÉSIA, GOIÁS

RESUMO

Os canaviais orgânicos demandam uma estrutura específica quando se trata do seu sistema de nutrição. Uma vez que não são permitidos quaisquer fontes de adubos sintéticos. O investimento em fertilizantes orgânicos é justificado quando se trata do alto retorno econômico que a cultura propicia. A introdução de culturas comerciais como a cultura da cana, no sistema orgânico de cultivo, depende da aplicação de bons programas de correção da acidez do solo e adubação. A primeira etapa na implantação destes programas é a diagnose do estado nutricional da cultura. Considerando 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. Durante as safras 2009/2010 e 2010/2011, respectivamente, realizou-se a presente pesquisa em condições de campo, nas áreas cultivadas com a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) sob cultivo orgânico, na empresa Jalles Machado S.A.. Foram coletadas amostras de solos e foliares. A época de amostragem para a cana-planta foi entre os quatro e seis meses após o plantio e para a cana-soca foi aos quatro meses após o corte. Os dois anos de coletas totalizaram 192 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 os nutrientes Fe; Mn e K foram considerados excessivos para ambos os ciclos avaliados da cana-de-açúcar orgânica. Nas análises foliares os nutrientes S, Cu, Mn e Zn foram considerados limitantes e o P foi considerado excessivo nos dois ciclos consecutivos.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*; diagnose nutricional; níveis críticos, agricultura orgânica.

ABSTRACT

NUTRITIONAL DIAGNOSIS OF COMMERCIAL CROPS OF TWO CYCLES OF ORGANIC SUGAR CANE IN GOIANÉSIA, GOIÁS

The organic sugar cane require a specific structure when it comes to your nutrition system. Aren't allowed any source of synthetic fertilizers. Investment in organic fertilizers is justified when it comes to high economic return that culture provides. The introduction of cash crops, like sugarcane cultivation, in organic farming depends on the application of good programs for correction of soil acidity and fertilizer. The first step in implementing these programs is to diagnose the nutritional status of culture. Considering the organic cultivation of sugarcane, there're lack of information on the subject. The methods of diagnosis have been the most widely used analysis of soil and leaf analysis interpreted using critical levels or ranges of concentrations. During the seasons 2009/2010 and 2010/2011, respectively, was conducted this research under field conditions, the areas cultivated with sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) under organic cultivation, by the company Jalles Machado S.A. Samples were collected from soil and leaves. The sampling time for the plant cane was between four and six months after planting and the ratoon-cane was made four months after the cut. The two-year collections totaled 192 points sampled. With the present observations was tabbed a database subject to interpretation by the method of Critical Levels, where it was observed that the initial development of the crop was affected by fertilization. However, the accumulation of soil organic matter is not satisfactorily answered in the first years of organic farming. 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 analyzes of soil nutrients Fe, Mn and K were considered excessive for both cycles evaluated from cane sugar organic. In the analyzes leaf nutrients S, Cu, Mn and Zn were considered critical and P was considered excessive in two consecutive cycles.

Key words: *Saccharum officinarum*; nutritional diagnosis; critical levels; organic agriculture.

3.1 INTRODUÇÃO

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. No Centro-Oeste, o estado de Goiás apresenta-se como grande produtor de açúcar e álcool, encontrando-se nesse Estado a segunda maior empresa produtora e exportadora de açúcar orgânico do mundo, a Usina Jalles Machado S.A.

Segundo dados da CONAB (2011) a produção nacional da safra 2011/2012 destinada à indústria sucroalcooleira foi de 492,23 milhões de toneladas, 67,61% abaixo do valor registrado no mesmo período para a safra anterior. A produção de açúcar atingiu 31,17 milhões de toneladas, recuo de 6,86% comparativamente a igual período de 2010.

A demanda mundial de alimentos orgânicos mostrou um crescimento rápido e surpreendente num momento em que todos os mercados agrícolas mostram sinais de saturação. O açúcar orgânico ainda é um produto marginal no mercado orgânico, dominado neste momento pelos 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. Grandes empresas transnacionais da indústria alimentar estão se movendo neste sentido. Isto pode, em princípio, catapultar a demanda por açúcar orgânico, mudando a situação atual em que ela é muito restrita.

A entrada de algumas usinas brasileiras na produção certificada pelo sistema orgânico desperta um grande interesse, não apenas econômico e setorial. A incorporação por essas usinas dos métodos da agricultura orgânica traz, em princípio, a promessa de recuperação dos prejuízos causados ao meio ambiente e à saúde dos consumidores e dos trabalhadores na agroindústria canavieira. Constitui, sem dúvida, uma mudança quanto ao padrão de comportamento histórico do conjunto da agroindústria canavieira no Brasil, que se formou com base numa cultura de exploração predatória dos recursos naturais do país e da mão-de-obra de seus trabalhadores, próprias do latifúndio monocultor (Storel Júnior, 2003).

Nessa área dos orgânicos há poucas informações oriundas da investigação científica, com dados concretos, capazes de transformar a atual realidade agrária. O debate dos orgânicos não foi acompanhado por esforços analíticos continuados, que analisassem as diferentes facetas desse tipo de agricultura. Os principais trabalhos realizados sobre a agricultura ficaram restritos aos processos econômico–produtivos, próprios dos

estabelecimentos agrícolas e da dinâmica mais geral da agricultura fundamentada na Revolução Verde (Gliessmann, 2001).

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. Com manejo diferenciado os canaviais orgânicos demandam uma estrutura específica quando se trata do seu sistema de nutrição. Uma vez que não são permitidos 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 cultura da cana, depende da aplicação de bons programas de correção da acidez do solo e adubação. A primeira etapa na implantação destes programas é a diagnose do estado nutricional da cultura. Considerando a cultura da cana orgânica, onde o uso dos fertilizantes solúveis é proibido, 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, que comparam individualmente os níveis de cada nutriente com parâmetros previamente tabelados (Chapmann, 1973; Walsh & Beaton, 1973).

A nutrição mineral tem importância ímpar tanto na produtividade física da cana-de-açúcar orgânica como na qualidade da fibra produzida. O descontentamento é gerado a partir do momento que se busca atingir níveis produtivos maiores com a cultura, de acordo com a demanda populacional. Existem grandes avanços em vários segmentos, porém neste ainda são utilizadas bases de nutrição que talvez tenham que ser ajustadas. É necessário ter maior precisão e acurácia para atender às demandas sociais de modo geral e especificamente para a cultura da cana.

Devido à grande importância da cultura, torna-se necessário a utilização de um método de monitoramento nutricional capaz de diagnosticar, adequadamente, o estado nutricional da cana-de-açúcar orgânica e, conseqüentemente, indicar o correto manejo da adubação. Considerando a cultura da cana orgânica, onde o uso dos fertilizantes solúveis é proibido, há carências de informações sobre o assunto e conhecendo a demanda diferenciada dos canaviais orgânicos, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o estado

nutricional, através do método dos Níveis Críticos ou Faixas de Suficiência, dos ciclos cana-planta e cana-soca da cana-de-açúcar orgânica na Usina Jalles Machado S.A..

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Durante os anos de 2009 e 2010, correspondentes às safras 2009/2010 e 2010/2011, respectivamente, realizou-se a presente pesquisa em condições de campo, nas áreas cultivadas com a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) sob cultivo orgânico, na empresa Jalles Machado S.A., no município de Goianésia, GO, situada nas coordenadas geográficas 15° 10' de latitude Sul e 49°15' de longitude Oeste de Greenwich e 640 m de altitude (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 1.500 mm. O relevo é suave ondulado e o solo dessas áreas foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, de acordo com Embrapa (1999).

Nas safras 2009/2010 e 2010/2011 foram coletadas amostras de solos e foliares. Nas áreas amostradas predominavam as variedades IAC SP 94210; CTC 04, CTC 15 e RB 935744. A época de amostragem para a cana-planta foi entre os quatro e seis meses após o plantio e para a cana-soca foi aos quatro meses após o corte. Os dois anos de coletas totalizaram 192 pontos amostrados, sendo 112 pontos nas áreas de cana-planta e 80 pontos em áreas de cana-soca. Com as observações obtidas foi tabulado um banco de dados. Todas as áreas são de cultivo orgânico e irrigado. Os procedimentos das coletas foram realizados conforme detalhamento especificado nos itens a seguir.

3.2.1 Amostragem e análise de solos

A coleta de amostras de terra foi realizada com o auxílio de trados tipo “holandês” nas entrelinhas de plantio, na profundidade de 0-20 cm, retirando-se quinze subamostras por ponto, que posteriormente originaram uma amostra composta (Figura 1).

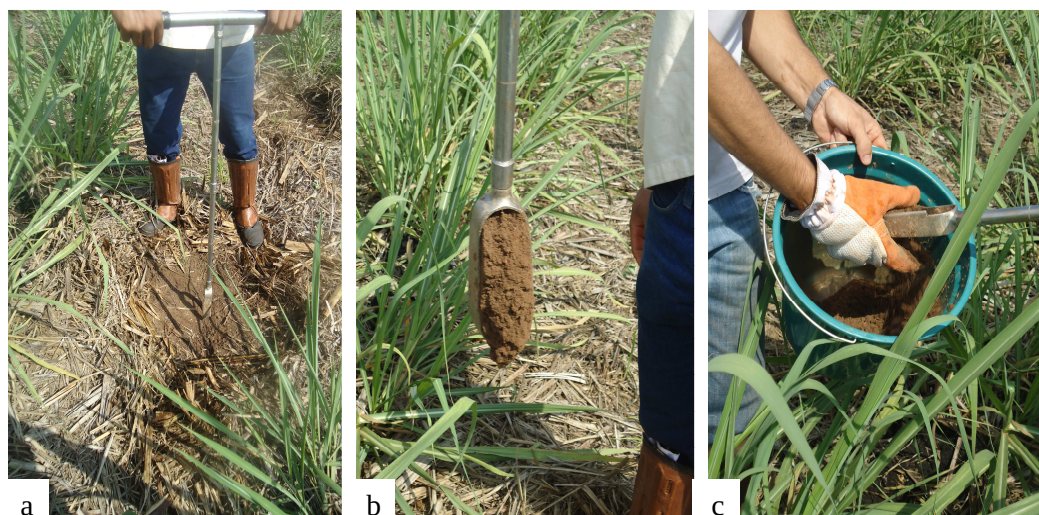


Figura 1. Amostragem de solos. a) Perfuração do solo na entre-linha; b) retirada do trado com uma amostra de solo; e c) Homogeneização das amostras simples para obtenção da amostra composta. Fonte: Autor do trabalho (2011).

As amostragens foram feitas percorrendo a área em zigue-zague, seguindo a metodologia proposta pela Embrapa (1997). Cada amostra simples foi colocada em um balde plástico, sendo em seguida homogeneizadas, retirando-se cerca de 400 g para compor a amostra composta de cada gleba. Esta amostra em seguida foi colocada em saco plástico próprio, etiquetada, mantida à sombra, e posteriormente encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solo e Foliar da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (LASF-EA/UFG), onde foram analisadas.

No laboratório, as amostras foram colocadas para secar à sombra e em seguida destorroadas e peneiradas em uma peneira de arame de malha de 2,0 mm de diâmetro, para separar partículas mais grossas, como proposto por Embrapa (1999). A terra fina seca ao ar, resultante destes procedimentos, foi armazenada para ser analisada posteriormente.

Foram realizadas análises químicas segundo metodologia descrita pela Embrapa (1999) para matéria orgânica, pH em CaCl_2 , P (extraído pelo Mehlich 1), K^+ (extraído pelo Mehlich 1); Ca^{+2} (extraído pelo KCl 1 mol/L), Mg^{+2} (extraído pelo KCl 1 mol L^{-1}), Al^{+3} (extraído pelo KCl 1 mol L^{-1}), H + Al (determinado pelo tampão SMP) e argila (método do densímetro). Para os teores de Cu, Fe, Mn e Zn foi empregado o extrator Mehlich 1. O B no solo foi extraído com água quente e o S com fosfato de cálcio. O Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O K por fotometria de chama. O P por colorimetria. O pH e H+Al foram determinados por potenciometria e o Al por volumetria.

As análises de solos foram interpretadas pelas faixas de concentração segundo critérios propostos por Souza & Lobato (2004) e apenas para o microelemento Fe adotou-se os critérios propostos pela Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás (CFSG, 1988) conforme a Tabela 1.

Tabela 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	0,0-5,0	5,1-8,0	8,1-12,0	12,1-18,0	>18,0
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% ¹	-	<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.

3.2.2 Amostragem e análise foliar

As folhas para análise foram coletadas simultaneamente à coleta de solos, segundo metodologia proposta por Malavolta (1982), onde foi retirada uma folha por planta em quinze plantas diferentes, considerando as seguintes situações: a) Uniformidade da área quanto ao tipo de solo, variedade, idade e tratos culturais; b) Tipo de folha (coletou-se a folha TDV ou +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, sendo no caso da cana-planta tal época é ao redor de 4 a 6 meses de idade. Para a cana-soca, a época é aos quatro meses após o corte.

Aos quatro meses após o plantio se coletou material para análise foliar, utilizando-se os 20 cm da porção central de 15 folhas +3 aleatórias. Em seguida, as folhas (sem a nervura central), foram embaladas em sacos de papel, etiquetadas e transportadas para o LASF-EA/UFG (Figura 2).



Figura 2. Detalhe do corte e embalagem das folhas de cana-de-açúcar. a) Seleção da folha TDV (+3); b) Medida dos 20 cm centrais do limbo foliar; c) Descarte da nervura central; e d) Armazenamento do material em embalagens de papel identificadas. Fonte: Autor do trabalho (2011).

No LASF o material foi colocado para secar em uma estufa de ventilação forçada a 65° C, em seguida foi triturado em moinho de aço do tipo Wiley e armazenada em saquinhos de papel. Este material foi digerido por ácidos para a obtenção de um extrato em que determinou-se os 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 (Tabela 2).

Tabela 2. Faixas de teores adequados de macro e micronutrientes para a cana-de-açúcar.

Nutriente	Ciclo	
	Cana-Planta ⁽¹⁾	Cana-Soca ⁽¹⁾
N (dag kg ⁻¹)	1,9-2,1	2,0-2,2
P (dag kg ⁻¹)	0,20-0,24	0,18-0,20
K (dag kg ⁻¹)	1,1-1,3	1,3-1,5
Ca (dag kg ⁻¹)	0,8-1,0	0,5-0,7
Mg (dag kg ⁻¹)	0,2-0,3	0,2-0,25
S (dag kg ⁻¹)	0,25-0,30	0,25-0,30
Cu (mg kg ⁻¹)	8-10	8-10
Fe (mg kg ⁻¹)	200-500	80-150
Mn (mg kg ⁻¹)	100-250	50-125
Zn (mg kg ⁻¹)	25-50	25-30

Fonte: ⁽¹⁾ Malavolta et al., (1997).

3.2.3 Amostragem da produtividade

De acordo com Landell & Silva (1995), a produtividade agrícola pode ser estimada por parâmetros biométricos. Consideram-se como componentes da produtividade da cana-de-açúcar o diâmetro e comprimento dos colmos, o número de colmos por área - associado à capacidade de perfilhamento, e a densidade do colmo. Todos eles são caracteres genéticos, porém, sujeitos à influência ambiental (Skinner, 1967).

O levantamento dos dados foi realizado dois meses antes da colheita do canavial e foram retiradas cinquenta plantas de cada ponto, amostrado. Foram formados feixes com dez plantas cada. Os feixes foram amarrados pé com pé e ponta com ponta, mensurou-se a altura média do feixe; mediu-se o diâmetro médio a um terço da altura média do feixe; na altura indicada, mediu-se o diâmetro dos dez colmos e finalizou-se com a pesagem de cada um dos feixes (Figura 3). Esse procedimento serviu para que se pudesse obter a produtividade de cada ponto, através do método do rendimento em tonelada de cana por hectare (TCH).

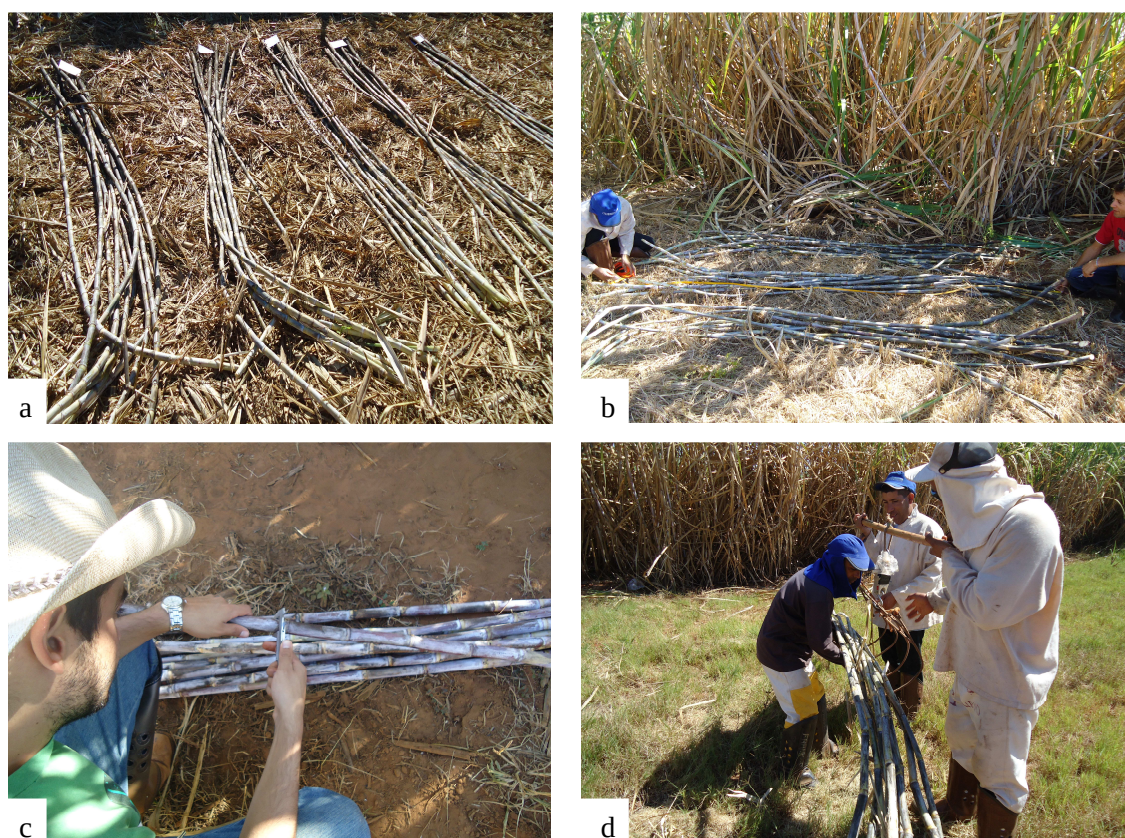


Figura 3. Biometria do canavial orgânico. a) Feixes com dez plantas cada; b) medição do comprimento médio dos colmos; b) aferição do diâmetro à um terço da altura dos colmos e d) pesagem dos feixes de cana orgânica. Fonte: Autor do trabalho (2011).

O rendimento final em tonelada de cana por hectare (TCH) foi determinado pela fórmula: $TCH = (\text{Peso } 10 \text{ canas}/10/1000) \times NCM \times 10000/ESP$, onde o peso de dez canas em kg; a divisão por 10 para obtenção do peso de um único colmo; novamente o resultado em kg é dividido por 1000 para transformar em $Mg \text{ ha}^{-1}$. Após a transformação para $Mg \text{ ha}^{-1}$ foi multiplicado pelo NCM (o número de colmos em 1,0 m de sulco); este resultado quando multiplicado por 10000 fornece o peso de um colmo em um metro linear. Todo este resultado ao ser dividido por 1,5 (espaçamento entre linhas de cultivo em metros) transforma o valor de metros lineares para hectare, gerando a unidade $t \text{ ha}^{-1}$ ou $Mg \text{ ha}^{-1}$.

3.2.4 Análise estatística

O banco de dados com as 192 observações de análise foliar e de terra foi submetido à análise univariada, calculando-se médias, valores mínimos e máximos, desvio padrão e coeficientes de variação, divididos em dois grupos cana-planta e cana-soca. 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

3.3.1 Ciclo Cana-planta

3.3.1.1 Análise de solos e produtividade

De acordo com a fórmula adotada neste trabalho e com base nas informações coletadas, a produtividade média obtida nos canaviais orgânicos para a safra 2009/2010 foi de $145,28 \text{ Mg ha}^{-1}$, este valor obtido foi muito elevado, comparativamente à média do estado de Goiás de $83,67 \text{ Mg ha}^{-1}$. A produtividade mínima de $106,40 \text{ Mg ha}^{-1}$, calculada na pesquisa, também se encontra muito acima da realidade das lavouras comerciais.

A produtividade estimada nesta pesquisa conta com diversas vantagens para ser considerada alta, justamente por se tratar de cana-planta sua produtividade é superior, em comparação com os ciclos subsequentes, especialmente sob cultivo orgânico, onde são utilizados os melhores materiais genéticos na escolha de variedades; e, além disso, todo

manejo ao longo do ciclo da cultura é diferenciado, com maiores cuidados, aplicando insumos de boa procedência; prevenção ao ataque de pragas e patógenos e controle na incidência de plantas daninhas que possam prejudicar a condução do canavial orgânico.

Segundo as classes de interpretação (Tabela 1) propostas por Souza & Lobato (2004) o teor médio de MO enquadra-se na classe muito baixa ($2,04 \text{ dag dm}^{-3}$), enquanto os teores médios de Ca ($3,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Mg ($1,28 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); CTC ($7,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), S ($5,59 \text{ g Kg}^{-1}$) e Zn ($1,55 \text{ mg dm}^{-3}$) enquadram-se na classe média. Os nutrientes K; B; Cu e Mn estão muito acima do adequado; os teores médios de P, pH e V% estão dentro da classe alta. O elemento Fe se encaixa muito acima dos limites estabelecidos pela Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás (1988) (Tabela 3).

De acordo com os históricos das áreas foram realizadas aplicações da torta de filtro, uma excelente fonte de P, que tende a reduzir a adsorção do elemento em solos, graças ao elevado teor de matéria orgânica que poderá fornecer ácidos orgânicos que competem com o fosfato pelos sítios de adsorção, aumentando a disponibilidade de fósforo (Hue, 1995). Além disso, o uso da torta de filtro pode ser uma alternativa promissora por reduzir à acidificação dos solos e a toxidez de Al às plantas (Almeida Júnior, 2010). Não foram encontrados teores de Al^{+3} em nenhuma das amostras de solos realizadas nos canaviais orgânicos analisados.

Os maiores coeficientes de variação foram obtidos para os teores de Zn (112,95%), P (76,08%), Mn (58,66%); S (55,60%); B (50,43); Cu (44,11%) e Ca (31,94%). Os altos valores de coeficientes de variação são justificados por se tratar de uma propriedade com solos que apresentam parâmetros de fertilidade variados. Tal diversidade é importante para a obtenção de um banco de dados representativo para o DRIS (Walworth & Sumner, 1987; Hallmark et al., 1990).

Tabela 3. Valores mínimos, máximos, médias, coeficientes de variação (C.V.) e Teste W para produtividade e para os teores de argila, P Mehlich I, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Mg, CTC, V%, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise de terra em 112 pontos de amostragem na cultura da cana-planta orgânica no município de Goianésia, GO.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	C.V. (%)	Teste W ¹
Produtividade (Mg ha ⁻¹)	106,40	184,32	145,28	13,81	0,97* ²
Argila	11,00	58,00	45,89	21,32	0,82**
P Mehl (mg dm ⁻³)	2,00	48,90	13,11	76,08	0,80**
MO (dag dm ⁻³)	0,90	3,70	2,04	23,92	0,97*
pH (CaCl ₂)	5,10	6,60	5,98	5,13	0,95**
K (cmol _c dm ⁻³)	85,00	293,00	154,78	20,05	0,96**
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,30	9,20	3,60	31,94	0,94**
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,70	2,40	1,28	21,14	0,96**
CTC total (cmol _c dm ⁻³)	4,70	14,50	7,75	17,46	0,94**
V%	41,60	82,70	67,44	11,81	0,92**
S (g kg ⁻¹)	3,90	16,00	5,59	55,60	0,59**
B (mg kg ⁻¹)	0,73	2,97	0,92	50,43	0,48**
Cu (mg dm ⁻³)	0,90	9,20	2,50	44,11	0,85**
Fe (mg dm ⁻³)	37,20	114,40	54,02	26,60	0,81**
Mn (mg dm ⁻³)	16,80	153,20	42,67	58,66	0,73**
Zn (mg dm ⁻³)	0,20	15,60	1,55	112,95	0,47**

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

Os Testes de Shapiro-Wilk foram significativos para todas as variáveis, indicando que existem desvios da distribuição normal. O banco de dados para a utilização do DRIS exige a pressuposição da distribuição normal dos dados, o que leva à necessidade de excluir dados que provocam desvios (*outlier*). Contudo, tal artifício não melhorou a distribuição e optou-se por manter todas as observações.

A distribuição de frequência para as variáveis, P Mehlich, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Mg, CTC, V%, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise de terra em 112 pontos de amostragem, para cultura da cana-de-açúcar no município de Goianésia, GO são apresentados na Tabela 4. A distribuição de frequência para as variáveis da análise de terra indicou que o teor de MO apresentou as maiores porcentagens de amostras na classe baixa (76,6%). O nutriente S apresentou 73,2% das amostras na classe baixa enquanto o

nutriente P apresentou 24,1% e 11,6% das amostras nas classes baixa e muito baixa respectivamente pelos critérios de interpretação de Souza & Lobato (2004).

Na classe alta, os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras foram o K, B, Cu, Fe e Mn (100%). O Mg (99,1%) e a variável CTC (53,6%) apresentaram maiores porcentagens de amostras na classe média, o nutriente Ca (97,3%) apresentou a maior porcentagem de amostras na classe adequada, e o pH (73,2%) na classe muito alta, todos pelos critérios de Souza & Lobato (2004).

Tabela 4. Distribuição de frequência para as variáveis, P Mehlich-1, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Mg, CTC, V%, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise de terra em 112 pontos de amostragem, para cana-planta orgânica no município de Goianésia, GO.

Variável	Classes de Interpretação					
	Muito Baixa	Baixa	Média	Adequada	Alta	Muito Alta
	----- % -----					
P ¹	11,6	24,1	23,2	21,5	19,6	-
MO ¹	-	76,8	21,4	1,8	0,0	-
pH (CaCl ₂) ¹	-	0,0	0,0	9,8	17,0	73,2
K ¹	-	0,0	0,0	0,0	100,0	-
Ca ¹	-	1,8	-	97,3	0,9	-
Mg ¹	-	0,0	99,1	-	0,9	-
CTC ¹	-	34,8	53,6	10,7	0,9	-
V% ¹	-	0,0	0,0	14,3	41,1	44,6
S ¹	-	73,2	14,3	-	12,5	-
B ¹	-	0,0	0,0	-	100,0	-
Cu ¹	-	0,0	0,0	-	100,0	-
Fe ²	-	0,0	0,0	-	100,0	-
Mn ¹	-	0,0	0,0	-	100,0	-
Zn ¹	-	42,9	16,0	-	41,1	-

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.

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 simples, porém pode-se organizar pelas porcentagens de amostras limitantes de cada nutriente ou variável dentro da faixa. Então, a ordem de limitação por deficiência seria MO > S > Zn > P e por excesso seria K = B = Cu = Fe = Mn.

A interpretação do K pelos critérios de Souza & Lobato (2004), considerou todas as amostras com níveis altos. Talvez essa interpretação não seja adequada, pois a classe média, que é considerada a faixa de suficiência para o elemento, é muito estreita por esse critério

e também é única para todas as culturas. Essa interpretação ainda fica menos adequada considerando culturas mais exigentes em K como a cana-de-açúcar, o algodoeiro e o arroz (Souza, 2009). Porém, esta amplitude se torna justificada quando se observa os elevados teores de vinhaça aplicadas nos canaviais via fertirrigação. No geral a vinhaça é rica em matéria orgânica e em nutrientes minerais como o potássio (K), o cálcio (Ca) e o enxofre (S), e possui uma concentração hidrogeniônica (pH) variando entre 3,7 e 5,0 (Ludovice, 1997).

Os elevados teores de Fe, Cu e Mn, também, 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 cádmio, chumbo, ferro, cobre, manganês e zinco, 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.

Segundo Oliveira (2006), um fator que se deve considerar é a classificação dos solos estudados, pertencentes à classe Latossolos, sendo uma das características básicas desse tipo de solo o seu alto teor de ferro na forma de óxidos, principalmente a hematita e a goethita, que justificam, de maneira geral, esses altos teores de ferro nos solos amostrados.

Os coeficientes de correlação de Pearson medem as tendências lineares crescentes ou decrescentes. Na Tabela 5 verifica-se que os coeficientes de correlação linear, na qual se destacam as interações positivas entre as seguintes variáveis: Ca x Mg (0,73); Ca x Mn (0,54); Ca x CTC (0,93); Mg x CTC (0,71); Mg x V% (0,73); Cu x Fe (0,55); Cu x Zn (0,66) e Mn x CTC (0,50). As correlações positivas entre nutrientes indicam efeitos de sinergismos, ou seja, a absorção de um elemento favorece a absorção do outro (Malavolta, 1980). As interações negativas que merecem destaque são as que ocorreram entre a MO x Fe (-0,28); pH x Fe (-0,32); S x Cu (-0,20); S x Fe (-0,20); B x Cu (-0,24) e Fe x V% (-0,37).

As deficiências naturais de enxofre nos solos de cerrado estão associadas à queima freqüente dessas áreas (Kamprath, 1973), o que não acontece nas áreas de cultivo orgânico, porém aconteceu muito nos cultivos passados; ao cultivo intensivo por vários anos, com oxidação da matéria orgânica do solo (Lopes, 1984; Denck, et al., 2008). Esta

descrição é validada com o fato dos baixos teores de matéria orgânica nos solos amostrados.

Tabela 5. Matriz dos coeficientes de correlação linear entre as variáveis (Var.) na análise de terra para cultura da cana-planta orgânica, em 112 pontos de amostragem no município de Goianésia, GO.

Var.	MO	pH	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CTC	V%	Produt.
MO	-	0,19 *	0,19 *	0,30 **	0,48 **	0,35 **	0,31 **	0,08 ns	0,03 ns	-0,28 **	0,35 **	0,03 ns	0,45 **	0,42 **	0,02 ¹ ns ²
pH	-	-	-0,02 ns	0,39 **	0,40 **	0,44 **	0,15 ns	0,19 *	0,16 ns	-0,35 **	0,21 *	0,004 ns	0,15 ns	0,42 **	0,01 ns
P	-	-	-	0,28 **	0,16 ns	-0,001 ns	0,12 ns	-0,09 ns	0,01 ns	0,05 ns	-0,18 ns	0,17 ns	0,24 **	0,02 ns	0,04 ns
K	-	-	-	-	0,28 **	0,16 ns	0,06 ns	0,11 ns	-0,11 ns	-0,19 *	-0,07 ns	-0,03 ns	0,25 **	0,39 **	0,02 ns
Ca	-	-	-	-	-	0,73 **	0,15 ns	0,07 ns	0,26 **	-0,11 ns	0,54 **	0,14 ns	0,93 **	0,00 ns	-0,05 ns
Mg	-	-	-	-	-	-	0,09 ns	0,12 ns	0,08 ns	-0,16 ns	0,44 **	0,03 ns	0,71 **	0,73 **	0,05 ns
S	-	-	-	-	-	-	-	0,17 ns	-0,20 *	-0,20 *	-0,02 ns	-0,09 ns	0,08 ns	0,23 *	-0,06 ns
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,24 **	-0,18 ns	0,02 ns	-0,007 ns	0,01 ns	0,21 *	0,01 ns
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55 **	0,45 **	0,66 **	0,35 **	-0,05 ns	-0,03 ns
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20 *	0,37 **	0,009 ns	-0,37 **	0,06 ns
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35 **	0,50 **	0,38 **	-0,06 ns
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17 ns	0,004 ns	-0,05 ns

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 ao nível de 5 %; e ** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

3.3.1.2 Análise Foliar

Observa-se que, segundo os níveis adequados propostos por Malavolta et al. (1997), demonstrados na Tabela 2, os valores médios dos nutrientes N (2,56 g kg⁻¹), P (0,50 g kg⁻¹), Mg (0,43 g kg⁻¹) e Fe (267,80 mg kg⁻¹) estão acima dos níveis adequados considerado pelos autores. Já, os valores médios dos nutrientes S (0,12 g kg⁻¹), Cu (2,40 mg

kg⁻¹), Mn (59,08 mg kg⁻¹) e Zn (12,07 mg kg⁻¹) estão abaixo dos níveis adequados. Dentro dos níveis adequados encaixaram-se somente os nutrientes K (1,26 g kg⁻¹) e Ca (0,90 g kg⁻¹), conforme pode-se verificar na Tabela 6.

Tabela 6. Valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (CV) e teste W para produtividade e nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise foliar em 112 pontos de amostragem de folhas da cana-planta orgânica no município de Goianésia, GO.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	CV (%)	Teste W ¹
Produtividade (Mg ha ⁻¹)	106,40	184,32	145,28	13,81	0,97* ^{2*}
N (dag kg ⁻¹)	1,82	3,50	2,56	17,41	0,88**
P (dag kg ⁻¹)	0,23	0,65	0,50	14,48	0,90**
K (dag kg ⁻¹)	0,84	1,60	1,26	8,04	0,94**
Ca (dag kg ⁻¹)	0,30	1,90	0,90	40,54	0,96**
Mg (dag kg ⁻¹)	0,10	1,00	0,43	51,26	0,94**
S (dag kg ⁻¹)	0,09	0,15	0,12	14,20	0,87**
Cu (mg kg ⁻¹)	0,90	3,80	2,40	27,62	0,93**
Fe (mg kg ⁻¹)	160,00	450,00	267,80	22,81	0,94**
Mn (mg kg ⁻¹)	18,00	135,00	59,08	40,91	0,93**
Zn (mg kg ⁻¹)	7,70	16,40	12,07	17,93	0,97*

⁽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.

Analisando os resultados foliares obtidos pode-se observar o alto teor de N nos tecidos da cana-de-açúcar. Mesmo sendo a cana-de-açúcar uma cultura com grande produção de aportes vegetais ao solo, no preparo do solo, com revolvimento intenso do solo, pela aração e gradagem, é favorecida uma maior decomposição da matéria orgânica do solo (Campos, 2003). Com o aumento da mineralização da matéria orgânica resulta no aumento do teor de N na solução do solo, disponibilizando-o para as plantas. Além disso, o N proveniente da matéria orgânica do solo poderia, com a mineralização, proporcionar incremento do N-disponível à cultura; entretanto, esse fator não foi medido, o que dificulta avaliar a contribuição do N-orgânico do solo na nutrição da cana-de-açúcar.

A adição de resíduo orgânico no solo modifica a dinâmica de nutrientes, por aumentar a atividade e a biomassa microbiana, sendo assim, estas se tornam mais ativas por períodos mais longos após a incorporação (Cardoso et al., 1995). A compostagem é uma alternativa viável de tratamento, permitindo o co-processamento de vários resíduos, originando produtos de boas características agronômicas (Viel, 1989).

A compostagem realizada com cama de frango, cinzas de caldeira, bagaço, torta de filtro, vinhaça entre outros, ocasionam melhorias na composição do produto final,

proporcionando acúmulos de nutrientes no solo ao alcance do sistema radicular da cana-de-açúcar. Os benefícios da compostagem somados aos benefícios da adubação verde tornam a dinâmica de nutrientes na agricultura orgânica, algo inusitado, e que merece mais estudos.

O elevado teor de fósforo 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, 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).

Dos micronutrientes analisados, o Zn foi considerado o mais limitante por deficiência. Esse resultado corrobora com os dados de Lopes (1984), que observou que a maioria dos solos (79%) sob cerrado apresenta entre 0,5 e 0,8 mg dm⁻³ de Zn. As condições de solo que provocam a deficiência desse micronutriente são o baixo teor de Zn e matéria orgânica no solo, a calagem excessiva ou mal feita, excessos de N, P, Ca, Mg, Cu, Fe e metais pesados e a alta intensidade luminosa (Malavolta & Kliemann, 1985).

Observando os históricos das áreas pode-se correlacionar as deficiências de Zn ao excesso de P e à aplicação de bentonita. De acordo com estudos de Tito et al. (2011) a incorporação de bentonita no solo promove uma diminuição das concentrações de zinco nas diferentes partes das plantas indicando uma possível diminuição na disponibilidade do elemento no solo, decorrente de sua adsorção pela bentonita.

O enxofre, assim como outros nutrientes, apresentam 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 observada nestes resultados era esperada, devido seu teor médio nos resultados das análises de solos, onde a quantidade de enxofre existente no solo se perdeu 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 Mg (51,26%), Mn (40,91%), Ca (40,54%), Cu (27,62%) e Fe (22,81%). Os altos valores de coeficiente de variação do Ca, Cu e Mn reforçam a alta amplitude encontrada nas análises de solos. 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 7), os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras acima dos níveis adequados descritos por Malavolta et al. (1997) foram o P (99,1%), N (92,9%) e Mg (76,8%), enquanto que os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras abaixo dos níveis adequados foram S (100,0%); Cu (100,0%); Zn (100,0%) e Mn (93,8%) sendo que, o Ca apresentou melhor distribuição em todos os níveis.

Tabela 7. Distribuição de frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtida pela análise de foliar em 112 pontos de amostragem de folhas de cana-planta orgânica no município de Goianésia, GO.

Variável	Critério de Interpretação		
	Abaixo ¹	Adequado ¹	Acima ¹
	-----%-----		
N	0,9	6,2	92,9
P	0,0	0,9	99,1
K	3,6	58,0	38,4
Ca	33,0	21,5	45,5
Mg	9,8	13,4	76,8
S	100,0	0,0	0,0
Cu	100,0	0,0	0,0
Fe	8,9	91,1	0,0
Mn	93,8	6,2	0,0
Zn	100,0	0,0	0,0

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

A ordem de limitação dos nutrientes nas folhas da cana considerando a porcentagens de amostras deficientes de cada nutriente foi S = Cu = Zn > Mn e por excesso foi P > N > Mg > Ca. Na Tabela 8 é apresentada a matriz dos coeficientes de correlação linear entre os nutrientes da análise foliar. As correlações positivas ocorreram entre os teores de N x Cu (0,71), P x Ca (0,44), K x Ca (0,35), Ca x Mg (0,93), Ca x Cu (0,40), Mg x Fe (0,42) e Cu x Zn (0,40).

Verifica-se ainda na Tabela 8, algumas interações negativas entre nutrientes que são importantes, pois podem ter efeito na absorção, transporte e redistribuição dos nutrientes na planta. São elas K x Fe (-0,32), K x Zn (-0,30), Ca x Fe (-0,57), Ca x Mn (-0,29), Ca x Zn (-0,55), e Cu x Zn (-0,38). As correlações negativas entre os teores corroboram com os resultados de que alguns nutrientes estariam acima dos níveis adequados descritos por Malavolta et al. (1997).

Tabela 8. Matriz dos coeficientes de correlação linear entre os parâmetros de análise foliar e produtividade para a cultura da cana-planta orgânica, em 112 pontos de amostragem no município de Goianésia, GO.

Variável	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	Produt.
N	-	-0,04 ¹ ns ²	0,11 ns	0,16 ns	0,09 ns	-0,01 ns	0,71 **	-0,19 *	0,03 ns	-0,04 ns	-0,06 ns
P	-	-	0,29 **	0,44 **	0,42 **	0,11 ns	0,10 ns	-0,12 ns	-0,03 ns	-0,17 ns	0,04 ns
K	-	-	-	0,35 **	0,31 **	0,11 ns	0,20 *	-0,32 **	-0,01 ns	-0,30 **	-0,05 ns
Ca	-	-	-	-	0,93 **	0,01 ns	0,40 **	-0,57 **	-0,29 **	-0,55 **	0,20 *
Mg	-	-	-	-	-	0,06 ns	0,31 **	-0,48 **	-0,27 **	-0,53 **	0,22 *
S	-	-	-	-	-	-	0,008 ns	0,15 ns	-0,02 ns	0,07 ns	0,16 ns
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-0,50 **	-0,09 ns	-0,38 **	0,002 ns
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19 *	0,69 **	-0,03 ns
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31 **	-0,06 ns
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,05 ns

⁽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%.

3.3.2 Ciclo de cana-soca

3.3.2.1 Análise de solos e produtividade

De acordo com a fórmula adotada neste trabalho, onde TCH= (Peso 10 canas/10/1000) x NCM x 10000/ ESP, e com base nas informações coletadas, a produtividade média obtida nos canaviais orgânicos para a safra 2010/2011 foi de 194,99 Mg ha⁻¹, este valor obtido foi muito superior comparativamente à média das áreas coletadas na região de Goianésia que atingiram 130,04 Mg ha⁻¹. A alta produtividade é justificada devido ao incremento genético do material plantado, somada às boas práticas de condução dos canaviais orgânicos, tornando-os muito superiores. Deve-se salientar que o levantamento biométrico não considerou as possíveis perdas e/ou danos ocorridos na colheita; no transporte e na moagem da cana-soca orgânica (Tabela 9).

Segundo as classes de interpretação (Tabela 1) propostas por Souza & Lobato (2004) os nutrientes K e Mn estão muito acima do adequado; os teores médios de P; pH;

V%; Cu e Zn são considerados elevados. Os teores médios de MO e CTC foram classificados como muito baixo e baixo, respectivamente. Os teores de Ca e Mg foram os únicos considerados adequados. O teor de Fe conforme CFSG (1988), também, foi considerado muito acima do ideal (Tabela 9).

Tabela 9. Valores mínimos, máximos, médias, coeficientes de variação (C.V.) e Teste W para produtividade e para os teores de argila, P Mehlich I, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Mg, CTC Total, V%, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise de terra em 80 pontos de amostragem, para cultura da cana-soca orgânica no município de Goianésia, GO.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	C.V. (%)	Teste W ¹
Produtividade (Mg ha ⁻¹)	70,27	388,27	194,99	29,24	0,98 ^{ns}
Argila	1,40	55,70	45,49	35,37	0,96*
P Mehl (mg dm ⁻³)	2,30	88,80	15,50	85,93	0,72**
MO (dag dm ⁻³)	1,00	3,50	1,85	26,86	0,95**
pH (CaCl ₂)	5,10	7,20	6,00	5,54	0,97 ^{ns}
K (cmol _c dm ⁻³)	57,00	312,00	194,91	35,24	0,96*
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,00	8,10	2,86	49,09	0,84**
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,50	2,70	1,13	39,30	0,91**
CTC total (cmol _c dm ⁻³)	3,60	13,00	6,51	30,45	0,92**
V%	49,50	86,90	67,39	11,04	0,99 ^{ns}
Cu (mg dm ⁻³)	0,20	5,20	1,00	83,00	0,77**
Fe (mg dm ⁻³)	18,40	166,40	62,91	43,40	0,89**
Mn (mg dm ⁻³)	14,80	141,90	47,56	57,66	0,84**
Zn (mg dm ⁻³)	0,30	9,90	2,98	53,38	0,89**

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

Conforme Tasso Júnior et al. (2011) os teores de matéria orgânica e CTC no solo tendem a diminuir ao longo das épocas analisadas (12, 15 e 17 meses pós-plantio), isto justificaria os baixos índices encontrados nas amostras analisadas. Os elevados teores de K, Fe e Mn novamente são justificados pela aplicação de vinhaça por meio da irrigação de salvamento do canal ou fertirrigação para brotação das soqueiras de cana, na quantidade de 10 a 20 m³ ha⁻¹. A aplicação continuada da vinhaça, em fertirrigação, ao longo de vários anos, em lavouras de cana-de-açúcar, pode alterar a concentração desses elementos, e, possivelmente, nas estruturas das plantas de cana-de-açúcar (Oliveira et al., 2005).

Os maiores coeficientes de variação foram encontrados nos elementos P (85,93%); Cu (83,00%); Mn (57,66%); Zn (53,38%) e Ca (49,09%). Os testes de Shapiro-Wilk, com exceção das variáveis produtividade, pH e V%, foram significativos para todas as variáveis, reafirmando que existem desvios na distribuição normal destes dados. A distribuição de frequência para as variáveis da análise de terra (Tabela 10) indicou que os teores de MO (100,0%) apresentaram as maiores porcentagens de amostras na classe baixa pelos critérios de interpretação de Souza & Lobato (2004). Na classe alta, as maiores porcentagens foram encontradas nas amostras de Fe e Mn (100,0%). Baseado nessas informações o estabelecimento da ordem de limitação por deficiência foi $MO > CTC$ e por excesso $Fe = Mn > pH = K > Zn > V\% > Cu$.

Os baixos teores de MO e CTC são intrigantes, uma vez que tratam-se de áreas cultivadas em sistema de plantio direto (SPD), e com a colheita mecanizada dos canaviais, o aporte de resíduos é bastante considerável. Porém, os elevados teores de ferro e o recente preparo de solo podem ter influenciado negativamente na permanência de matéria orgânica neste sistema.

O teor de MO, da mesma forma como observado no ciclo cana-planta, encontra-se muito abaixo do ideal. Os teores adequados de Ca e Mg nos dois ciclos consecutivos reforçam o efeito positivo da correção do solo anterior à implantação da cultura, especialmente pelo uso constante de condicionadores de solo. A CTC, semelhante ao apresentado no ciclo cana-planta, permaneceu reduzida para níveis abaixo dos considerados ótimos. O teor de Zn de nível mediano passou à elevado, possivelmente pela fertirrigação com vinhaça nos canaviais orgânicos.

Os baixos teores encontrados para CTC indicam que para sua elevação há certa demanda de tempo, mesmo em sistemas de cultivo orgânico. Em áreas que o solo sofreu revolvimento a estabilidade da CTC é um pouco mais demorada. Esta situação é muito comum em áreas de primeiro ano e de reforma de canavial. Este resultado merece maior atenção à campo, reforçando a necessidade de continuação de pesquisas específicas no manejo e condução da fertilidade dos canaviais orgânicos.

Tabela 10. Distribuição de frequência para as variáveis, P Mehlich, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Mg, CTC, V%, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise de terra em 80 pontos de amostragem, para cultura da para cultura da cana-soca orgânica no município de Goianésia, GO.

Variável	Classes de Interpretação					
	Muito Baixa	Baixa	Média	Adequada	Alta	Muito Alta
	----- % -----					
P (mg dm ⁻³) ¹	3,8	7,5	17,5	23,7	47,5	0,0
MO (g dm ⁻³) ¹	-	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
pH (CaCl ₂) ¹	-	0,0	0,0	3,8	96,2	0,0
K (mg dm ⁻³) ¹	-	0,0	0,0	3,8	96,2	0,0
Ca (cmol _c dm ⁻³) ¹	-	12,5	83,8	-	3,7	-
Mg (cmol _c dm ⁻³) ¹	-	0,0	92,5	-	7,5	0,0
CTC Total	-	66,3	27,5	6,2	0,0	-
V%	-	0,0	0,0	17,5	82,50	-
Cu (mg dm ⁻³) ¹	-	21,3	30,0	-	48,7	-
Fe (mg dm ⁻³) ²	-	0,0	0,0	-	100,0	-
Mn (mg dm ⁻³) ¹	-	0,0	0,0	-	100,0	-
Zn (mg dm ⁻³) ¹	-	5,0	11,3	-	83,7	-

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 coeficientes de correlação de Pearson são retratados na Tabela 11, onde verificam-se as correlações lineares, na qual se destacam as interações positivas entre as seguintes variáveis: MO x P (0,59); MO x CTC (0,55); pH x V% (0,68); Ca x Mg (0,84); Ca x CTC (0,97); Ca x V% (0,80); Mg x Mn (0,69); Mg x CTC (0,86); Mg x V% (0,81) e Cu x Mn (0,55%). Observou-se, também, que a MO e os nutrientes K, Ca e Mg correlacionaram-se positivamente com a produtividade. Entre as correlações negativas merecem destaque as encontradas entre MO x Fe (-0,30); K x Cu (-0,44); K x Fe (-0,35) e K x Zn (-0,38).

Tabela 11. Matriz dos coeficientes de correlação linear entre a produtividade e as variáveis (Var.) matéria orgânica (MO), pH, P Mehlich; K, Ca, Mg, CTC, V%, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise de terra em 80 pontos de amostragem, para cultura da cana-soca orgânica no município de Goianésia, GO.

Var.	MO	pH	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	CTC	V%	Produt.
MO	-	0,25 *	0,59 **	0,56 **	0,45 **	0,37 **	-0,14 ns	-0,30 **	0,01 ns	-0,12 ns	0,55 **	0,42 **	0,40 ¹ ** ²
pH	-	-	-0,03 ns	0,53 **	0,30 **	0,24 *	-0,09 ns	-0,21 ns	0,22 *	-0,25 *	0,21 ns	0,68 **	0,19 ns
P	-	-	-	0,47 **	0,24 *	0,14 ns	-0,12 ns	-0,18 ns	0,001 ns	0,10 ns	0,36 **	0,15 ns	0,24 *
K	-	-	-	-	0,15 ns	0,03 ns	-0,44 **	-0,35 **	-0,16 ns	-0,38 **	0,23 *	0,33 **	0,29 **
Ca	-	-	-	-	-	0,84 **	0,55 **	0,14 ns	0,48 **	0,00 ns	0,97 **	0,80 **	0,43 **
Mg	-	-	-	-	-	-	0,55 **	0,18 ns	0,69 **	0,20 ns	0,86 **	0,81 **	0,41 **
Cu	-	-	-	-	-	-	-	0,49 **	0,55 **	0,34 **	0,48 **	0,36 **	0,09 ns
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	0,21 ns	0,007 ns	0,11 ns	0,02 ns	-0,08 ns
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34 **	0,46 **	0,55 **	0,16 ns
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02 ns	0,01 ns	-0,002 ns

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 ao nível de 5 %; e ** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

3.3.2.2. Análise foliar

Na Tabela 12 pode-se observar que segundo os níveis adequados propostos por Malavolta et al. (1997), os valores médios dos nutrientes N (1,65 g kg⁻¹), K (1,11 g kg⁻¹), Ca (0,36 g kg⁻¹); Mg (0,18 g kg⁻¹); S (0,14 g kg⁻¹); Cu (3,67 mg kg⁻¹) e Zn (11,69 mg kg⁻¹) estão abaixo dos níveis adequados considerado pelos autores. Os valores médios de P (0,28 g kg⁻¹) e de Fe (359,98 mg kg⁻¹) estão acima dos níveis adequados. Dentro dos limites considerados como adequados encaixa-se somente o Mn (96,65 mg kg⁻¹).

Os limites inferiores de N e S nos tecidos foliares podem estar relacionados à uma queimada acidental ocorrida em uma das áreas coletadas. Somado à esta ocorrência, especificamente no caso do enxofre a participação deste nutriente na adubação da cana-de-açúcar vem sendo suprimida.

Os baixos teores de Ca, Mg e K encontrado nas folhas, evidencia a complexa competição entre esses elementos pelos sítios de adsorção nos solos, prejudicando a

absorção pelas plantas. Talvez a influência do baixo teor de K no solo tenha acarretado a diminuição da absorção pela planta. Na ausência da adubação mineral, os altos teores de P encontrados nos tecidos foliares correlacionam com a aplicação da torta de filtro que promoveu incrementos significativos nos teores de P da parte aérea, reforçando seu potencial como fertilizante fosfatado.

Os altos índices de Cu e Zn no solo não justificam seus baixos teores nos tecidos foliares. Segundo Orlando Filho et al. (1994), cobre e zinco são os micronutrientes mais limitantes para a cultura da cana-de-açúcar no Brasil, e o constante uso de adubações contendo basicamente nitrogênio e potássio nas lavouras contribuem para o surgimento da limitação por parte destes nutrientes.

Tabela 12. Valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (CV) e teste W para produtividade e nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise foliar em 80 pontos de amostragem de folhas da cana-soca orgânica no município de Goianésia, GO.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	CV (%)	Teste W ¹
Produtividade (Mg ha ⁻¹)	70,27	388,27	194,99	29,24	0,98 ^{ns2}
N (dag kg ⁻¹)	0,14	3,53	1,65	30,48	0,90**
P (dag kg ⁻¹)	0,10	0,66	0,28	28,76	0,84**
K (dag kg ⁻¹)	0,68	1,52	1,11	16,25	0,98 ^{ns}
Ca (dag kg ⁻¹)	0,10	1,40	0,36	64,57	0,74**
Mg (dag kg ⁻¹)	0,10	0,70	0,18	60,26	0,72**
S (dag kg ⁻¹)	0,06	0,22	0,14	30,03	0,93**
Cu (mg kg ⁻¹)	2,00	15,00	3,67	49,32	0,69**
Fe (mg kg ⁻¹)	46,00	541,00	359,98	26,82	0,89**
Mn (mg kg ⁻¹)	24,00	338,00	96,65	61,31	0,88**
Zn (mg kg ⁻¹)	5,10	26,70	11,69	33,45	0,94**

⁽¹⁾ Teste de Shapiro-Wilk; ⁽²⁾ Nível de significância do teste Shapiro-Wilk: (**) significativo e (ns) não-significativo.

Na Tabela 13 encontra-se a distribuição de frequência das amostras foliares coletadas na cana-soca orgânica, e pode-se estabelecer a ordem de limitação dos nutrientes nas folhas da cana considerando a porcentagens de amostras deficientes de cada nutriente foi S > Zn > Cu > N > K > Ca > Mg e a limitação por excesso foi Fe > P. As ordens de limitação apresentadas no ciclo cana-soca confirmam as deficiências de S e Zn anteriormente detectadas nas análises do ciclo cana-planta. Demonstram, também, a diminuição dos teores foliares dos elementos N, Cu e Mg, que no ciclo anterior, tiveram seus teores considerados como excessivos nos tecidos foliares.

Tabela 13. Distribuição de freqüência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtida pela análise de foliar em 80 pontos de amostragem de folhas da cana-soca orgânica no município de Goianésia, GO.

Variável	Critério de Interpretação		
	Abaixo ¹	Adequado ¹	Acima ¹
	-----%-----		
N	87,5	6,3	6,2
P	8,8	5,0	86,2
K	86,3	12,5	1,2
Ca	75,0	12,5	12,5
Mg	46,3	35,0	18,7
S	100,0	0,0	0,0
Cu	97,5	1,3	1,2
Fe	5,0	0,0	95,0
Mn	20,0	57,5	22,5
Zn	98,8	0,0	1,2

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

Os coeficientes de correlação de Pearson expressos na Tabela 14 demonstram interações positivas entre os coeficientes de correlação linear das seguintes variáveis: N x P (0,32); K x S (0,55); K x Cu (0,24); Ca x Mg (0,82); Mg x Zn (0,31); S x Mn (0,29) e Fe x Mn (0,23). Na Tabela 14 podem ser verificadas as interações negativas entre os coeficientes de correlação das seguintes variáveis: K x Ca (-0,50); K x Mg (-0,35); Ca x S (-0,50); Mg x S (-0,39); Mg x Mn (-0,38); S x Zn (-0,31); Cu x Fe (-0,39); Fe x Zn (-0,22) e Mn x Zn (-0,30).

Piperas (2008) trabalhando com a cultura da cana-de-açúcar sob manejo convencional de cultivo, obteve a produtividade de 161,0 Mg ha⁻¹, e os teores adequados dos nutrientes nesta população de alta produtividade foram de 15,1 g kg⁻¹ de N; 2,1 g kg⁻¹ de P; 17, 4 g kg⁻¹ de K; 3,2 g kg⁻¹ de Ca; 1,3 g kg⁻¹ para Mg e S; 8,0 mg kg⁻¹ de B; 4,0 mg kg⁻¹ de Cu; 193,0 mg kg⁻¹ de Fe; 47,0 mg kg⁻¹ de Mn e 17,0 mg kg⁻¹ de Zn. O autor conclui que o uso da análise foliar foi importante na detecção e na correção de desequilíbrios nutricionais e no aumento da produtividade da cana-de-açúcar.

Tabela 14. Matriz dos coeficientes de correlação linear para produtividade e nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise foliar em 80 pontos de amostragem de folhas da cana-soca orgânica no município de Goianésia, GO.

Variável	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	Produt.
N	-	0,32 ¹ ** ²	0,12 ns	-0,07 ns	0,04 ns	-0,19 ns	-0,18 ns	0,10 ns	-0,11 ns	-0,01 ns	-0,07 ns
P	-	-	0,18 ns	-0,05 ns	-0,03 ns	0,00 ns	-0,05 ns	0,01 ns	-0,04 ns	-0,06 ns	0,02 ns
K	-	-	-	-0,50 **	-0,35 **	0,55 **	0,24 **	-0,00 ns	0,18 ns	-0,10 ns	0,05 ns
Ca	-	-	-	-	0,82 **	-0,50 **	-0,04 ns	-0,20 ns	-0,21 ns	0,10 ns	0,21 ns
g	-	-	-	-	-	-0,39 **	0,02 ns	-0,21 ns	-0,38 **	0,31 **	-0,03 ns
S	-	-	-	-	-	-	0,28 *	0,10 ns	0,29 **	-0,31 **	0,09 ns
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-0,39 **	-0,02 ns	0,12 ns	-0,20 ns
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23 *	-0,22 *	0,21 ns
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,30 **	0,21 *
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,18 ns

¹Coeficiente de Correlação de Pearson; ² Nível de significância para rejeição da hipótese de coeficiente de correlação igual a zero: ns – não significativo; * significativo ao nível de 5 %; e ** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

É importante ressaltar a complexidade de interpretação das análises de terra e folha. Para muitos nutrientes principalmente micronutrientes, ainda faltam estudos, para alguns elementos utiliza-se parâmetros não regionalizados e com isso não se consegue diagnosticar de forma correta as deficiências e possíveis excessos. Observam-se ainda, diferentes parâmetros entre os autores para determinado nutriente para uma mesma cultura, e isso é consequência das diferenças edafoclimáticas e das modernas variedades de culturas que estão surgindo no mercado (Souza, 2009).

Fica cada vez mais difícil utilizar as tabelas de interpretações para avaliar o estado nutricional das plantas, pois sempre se necessita de informações complementares para indicar um correto programa de fertilização.

3.4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na presente pesquisa permitem concluir que

1. Nas análises de solo constatou-se que os nutrientes Fe, Mn e K são excessivos para ambos os ciclos avaliados da cana-de-açúcar orgânica.
2. Nas análises foliares os nutrientes S, Cu, Mn e Zn são limitantes e o P considerado excessivo nos dois ciclos consecutivos

3.5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, A. B. **Adubação orgânica em cana-de-açúcar: efeitos no solo e na planta**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 58 f. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE, 2010.

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.

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.

CAMPOS, D. C. de. **Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar para o sequestro de carbono**. 2003. 103 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

CARDOSO, E. J. B. N.; JAHNEL, M. C.; MELLONI, R. **Avaliação da maturação do composto de lixo urbano**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. 2297 p.

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

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE GOIÁS (CFSG). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Goiás**. Goiânia:UFG-Emgopa, 1988. 101 p. (5ª aproximação).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Safra 2011/2012. Terceiro levantamento. Dez. 2011. 20 p.

DENCK, J. C.; MUNIZ, A. S.; SILVA, M. A. G.; MATA, J. D. V. Adubação com enxofre para a cultura da soja, em solo da Região de Goioerê – PR. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Londrina. FertBio 2008. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja: SBCS: IAPAR: UEL, 2008. 1 CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA - CNPS. Documentos 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 412 p. 1999.

FREUND, R. J.; LITTELL, R. C. **SAS for linear models: a guide to the ANOVA and GLM procedures**. Cary: SAS Institute, 1981. 231 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653 p. il.

HALLMARK, W. B.; BEVERLY, R. B.; SUMNER, M. E.; DEMOOY, C. J.; MORRIS, H. F.; PESEK, J.; FONTENOT, J.D. Soybean phosphorus and potassium requirements evaluation by three M-DRIS data base. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, p. 323-328, 1990.

HUE, N.V. Sewage sludge. In: RECHCIGL, J.E., ed. **Soil amendments and environmental quality**. Boca Raton: CRC Press, 1995, p.169-199.

KAMPRATH, E. J. Sufur. In: SANCHEZ, P. A. **A review of soils research in tropical Latin America**. Raleigh: North Carolina Agricultural Experiment Station, 1973. p. 179-180. (Technical bulletin, 219).

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.

LOPES, A. S. **Solos sob “Cerrado”**: Características, propriedades e manejo. Piracicaba: Potafós. 2ª ed. 1984. 162 p

LUDOVIC M. T. F. **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre lençol freático**. 1997. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

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

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar**. Departamento de Serviços Técnicos Agrônomicos, n. 1, 1982, 80 p.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: Potafós, 1985. 136 p.

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

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.

ORLANDO FILHO, J. O.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. Seja doutor do seu canavial.

Informações Agrônomicas, Campinas, v.67, n. 1, p.1-16, 1994.

PIPERAS, G. V. **Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar.**

Dissertação (Mestrado em Agronomia). 27 f. UNOESTE: Presidente Prudente, SP. 2008.

SILVA, M. A. S. da; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas

propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,

Jaboticabal, v.11, n.1, p.108–114, 2007.

SKINNER, J. C. Grading varieties for selection. In: International Society Of Sugar Cane

Technologists Congress, 12, 1965, San Juan. **Proceedings. Amsterdam:** International Society of

Sugar Cane Technologists, 1967. p.938-949.

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

Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SOUZA, R. de F. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura do**

algodão no município de Silvânia-Goiás. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade

Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, GO, 2009.

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.

TASSO JÚNIOR, L. C.; SILVA NETO, H. F. da; SILVA, J. D. R.; MARQUES, M. O.;

CAMILOTTI, F. Acúmulo de micronutrientes em colmos e palhada de cinco cultivares de cana-de-

açúcar de ciclo precoce. **Nucleus**, Ituverava, v.8, n.1, p. 22-30, 2011.

TITO, G. A.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C.; SOARES, F. A. L. Uso de bentonita na

remediação de solos contaminados com zinco: Efeito na produção de feijão. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, Jaboticabal, v.15, n.9, p.917–923, 2011.

VIEL, M. **Contrôle et valorisation de la thermogénèse au cours de la biodegradation**

aerobique de déchets agro-industriels et urbains à teneurs variables en goudrons. 166 f.

Tese de Doutorado. Toulouse: Instituto Nacional Politecnico de Toulouse, 1989.

WALSH, L. M.; BEATON, J. D. (Ed.) **Soil Testing and Plant Analysis**, Madison: Soil Science

Society of America, Inc., 1973. 491 p.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation system (DRIS). **Adv.**

Soil Sci., Boca Raton, Flórida, v. 6, n. 14, p. 149-188, 1987.

4 ESTABELECIMENTO DE PADRÕES DE REFERÊNCIA E DIAGNOSE NUTRICIONAL NA CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA EM GOIANÉSIA, GOIÁS

RESUMO

O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) é um avanço na área da nutrição e adubação de plantas por permitir uma avaliação do status dos nutrientes nas plantas e no solo, levando em consideração a relação entre eles, proporcionando, dessa forma, a ordenação dos principais elementos que limitam a produção. Desta forma, nas safras 2009/2010 e 2010/2011 foi montado um banco de dados em áreas produtoras de açúcar orgânico em uma unidade de processamento no município de Goianésia, GO, com o objetivo de estabelecer normas e níveis de suficiência para os programas de adubação nos sistemas de produção da cana-de-açúcar orgânica, por meio da obtenção de um banco de dados regional com análise foliar e produtividade para a utilização do DRIS. As áreas selecionadas foram divididas em glebas para dois bancos de dados um para o sistema de cana-planta (1º ano após plantio) e cana-soca (rebrotada da cana). Observou-se que o DRIS estabeleceu critérios regionais de faixas de suficiência regionais para a cana-de-açúcar orgânica para os ciclos cana-planta e cana-soca. No sistema cana-planta os nutrientes foliares que mais limitaram a produção por deficiência foi o P e o que mais limitou a produção por excesso foi o S. No sistema cana-soca os nutrientes foliares que mais limitaram a produção por deficiência foi o Mg e por excesso foi o Mn. No sistema cana-planta os limites inferior e superior das faixas dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg aumentaram, e os nutrientes S, Cu, Fe, Mn e Zn tiveram os limites inferior e superior reduzidos. No sistema cana-soca verificou-se que os limites superior e inferior das faixas dos nutrientes P, Fe e Mn aumentaram; o contrário se observou para os limites de abrangência dos elementos K, Ca, S, Cu e Zn, que sofreram diminuição. A comparação entre a faixa de suficiência estabelecida pelo DRIS e a faixa de suficiência estabelecida pelo método tradicional constituem uma valiosa ferramenta para a avaliação do estado nutricional da cultura da cana-de-açúcar sob cultivo orgânico.

Palavras-chave: estado nutricional, normas, índices, faixas de suficiência.

ABSTRACT

BENCHMARKS ESTABLISHMENT AND NUTRITIONAL DIAGNOSIS OF
ORGANIC SUGARCANE IN GOIANÉSIA-GOIÁS

The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) is a breakthrough in nutrition and fertilization of plants by allowing an assessment of the status of nutrients in plants and soil, taking into account the relationship between them, providing thus the ordering of the main elements that limit production. The growth in demand for processing industries in the market for organic products has driven the cultivation of organic sugar cane. Thus, during the harvest 2009/2010 and 2010/2011 was mounted on a database of organic sugar producing areas in a processing unit in Goianésia, GO, with the goal of establishing standards and levels for sufficiency programs fertilization in the production systems of cane sugar organic, by obtaining a regional database with leaf analysis and productivity for the use of DRIS. The selected areas were divided into plots for two databases one for the system cane plant (1st year after planting) and ratoon cane (cane regrowth). It was observed that the DRIS criteria established regional sufficiency ranges for regional cane sugar organic cycles for sugarcane plant and ratoon cane. In the system plant cane foliar nutrients that most limited production deficiency was the P and that more limited excess production was S. In the system ratoon cane foliar nutrients that most limited production deficiency was the excess Mg and Mn was. In the system plant cane the lower and upper bands of N, P, K, Ca and Mg increased, and nutrients S, Cu, Fe, Mn and Zn had the upper and lower limits reduced. On the sugarcane system it was found that the upper and lower bands of the nutrients P, Fe and Mn increased, the opposite was observed for the limits of coverage of K, Ca, S, Cu and Zn, which have suffered decline. The comparison between the sufficiency range established by DRIS and sufficiency range established by the traditional method are a valuable tool for assessing the nutritional status of the culture of sugar cane under organic cultivation.

Key words: nutritional status, norms, indices, sufficiency ranges.

4.1 INTRODUÇÃO

Os métodos de diagnose mais utilizados atualmente tem sido as análises de solo e a análises foliares, interpretados através dos níveis críticos. Tais métodos demonstram resultados satisfatórios na diagnose de alguns elementos, porém, apresentam certas limitações; as principais relacionam-se com a interpretação dos nutrientes independentemente um do outro, não levando em consideração as interações entre eles, as variações das concentrações dos nutrientes com a idade, estágio de desenvolvimento da planta e diferenças varietais. Quando mais de dois nutrientes encontram-se abaixo dos níveis críticos, seja na folha ou no solo, o método interpretativo não permite avaliar qual nutriente foi o mais limitante na produção. Entretanto, a avaliação do estado nutricional de plantas, por meio da aplicação dos métodos de análise do solo e foliar, relacionando os teores de nutrientes entre si, tem se destacado dos métodos tradicionais de diagnose que consideram os teores dos nutrientes individualmente, como, por exemplo, o do nível crítico.

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), proposto por Beaufils, é o principal método bivariado. Foi criado com o objetivo de classificar os nutrientes quanto à ordem de limitação ao desenvolvimento e crescimento das plantas, independentemente da idade ou órgão da planta a ser amostrado (Bailey et al., 1997). A partir do DRIS, são calculados índices que expressam o equilíbrio relativo dos nutrientes numa planta, por meio da comparação de relações duais (N/P, P/K, K/Ca, Ca/Mg, etc) na amostra, com valores padrões ou normas (Alvarez & Leite, 1992).

Nesse contexto, o método DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação), desenvolvido por Beaufils (1973), é um método que utiliza as razões entre as concentrações dos nutrientes na interpretação dos resultados de análise foliar e de solo, suprimindo as limitações dos métodos tradicionais de diagnose. O método DRIS estabelece índices que significam, em uma escala numérica contínua, o efeito de cada nutriente no balanço nutricional da planta. Esses índices são expressos por valores positivos ou negativos. Valores negativos indicam que o referido nutriente se encontra deficiente, e valores positivos significam que o nutriente se encontra em excesso em relação aos demais. Quanto mais próximos de zero estiverem os índices de todos os nutrientes, mais próxima estará a planta de seu equilíbrio nutricional (Jones, 1981; Beverly, 1987).

As normas DRIS são obtidas sempre de uma população de alta produtividade, denominada população de referência ou normas, que é selecionada a partir de uma

população maior dentro de um conjunto de dados também criteriosamente selecionado. Os bancos de dados para obtenção das normas podem ter tamanho variável em razão das premissas a serem adotadas no método, e devem ser uniformes quanto às características da cultura (Letzsch & Sumner, 1984).

Para a cultura da cana-de-açúcar não existem muitos trabalhos utilizando o DRIS. Trabalhos envolvendo cana-de-açúcar orgânica são mais escassos. Atualmente o DRIS está popularizando-se como método de diagnose do estado nutricional, sendo aplicado com sucesso em várias culturas, tais como seringueira (Beaufils, 1971), soja (Summer, 1977a; Leandro, 1998; Cunha, 2002; Oliveira, 2002), trigo (Summer, 1977b), cana-de-açúcar (Zambello Jr. et al., 1981; Elwali & Gascho, 1984; Reis Júnior & Monnerat, 2002), laranja (Beverly et al., 1984; Mourão Filho et al., 2002), milho (Elwali et al., 1985; Cunha, 2005), mamão (Costa, 1995), macadâmia (Costa & Costa, 1996) e pimenta-do-reino (Oliveira & Takamatsu, 2004), dentre outras culturas.

Para cana-de-açúcar no Brasil existem alguns relatos de trabalhos desenvolvidos, sendo o mais referenciado desenvolvido por Reis Júnior (1999) na região de Campos dos Goytacazes-RJ. Recentemente outro trabalho foi desenvolvido por Piperas (2008) na região de Presidente Prudente-SP onde foram estabelecidas normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar em diferentes níveis de produtividade. Para o estabelecimento de um banco de dados e a formulação de um critério de recomendação de adubação regionalizado para a região de Goianésia, Goiás não foi encontrado nenhum trabalho.

O objetivo deste trabalho foi estabelecer normas e níveis de suficiência para os programas de adubação nos sistemas de produção da cana-de-açúcar orgânica, e estabelecer critérios de interpretação regionalizados por meio da obtenção de um banco de dados regional com análise foliar e produtividade para a utilização do DRIS na região de Goianésia, Goiás.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento de dados foi realizado durante as safras 2009/2010 e 2010/2011. Foram coletadas amostras foliares em duas áreas de cultivo distintas (cana-planta e cana-soca). Nas áreas amostradas predominavam as variedades IAC SP 94210; CTC 04, CTC 15 e RB 935744. Os dois anos de coletas totalizaram 192 pontos amostrados, sendo 112 pontos nas áreas de cana-planta e 80 pontos em áreas de cana-soca. Com as observações obtidas foi tabulado um banco de dados. Todas as áreas são de cultivo orgânico e irrigado.

Na seleção destas áreas procurou-se manter uniformidade na gleba e diferenças entre elas. Os critérios para divisão das glebas foram a coloração do solo, declividade, desenvolvimento da cultura, manejo e idade da cultura, dentre outros fatores.

As glebas foram demarcadas utilizando-se estacas (metal ou madeira) que foram etiquetadas e cravadas no solo, sempre margeando as áreas de plantio, de forma a estarem sempre visíveis e de fácil localização. Foi adotado o sistema de numeração contínuo para a marcação das estacas, ou seja, nunca houve uma estaca com o mesmo número que outra, mesmo em outra área de plantio.

Em cada gleba foram coletadas amostras de folha. A amostragem de folha foram feitas sempre na área de abrangência de cada estaca (aproximadamente 20 m x 20 m). As folhas para análise foram coletadas segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997), onde foi retirada uma folha por planta em quinze plantas diferentes. As folhas para análise foram coletadas segundo metodologia proposta por Malavolta (1980), onde foi retirada uma folha por planta em quinze plantas diferentes, considerando as seguintes situações: a) Uniformidade da área quanto ao tipo de solo, variedade, idade e tratos culturais; b) Tipo de folha (coletou-se a folha TDV ou +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, sendo no caso da cana-planta tal época é ao redor de 4 a 6 meses de idade. Para a cana-soca, a época é aos quatro meses após o corte.

Após coletadas as folhas foram embaladas em sacos de papel, etiquetadas e transportadas para o Laboratório de Análise de Solo e Foliar da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (LASF-EA/UFG). No LASF o material foi colocado para secar em uma estufa de ventilação forçada a 65° C, em seguida foi triturado em moinho de aço do tipo Wiley e armazenada em saquinhos de papel. Este

material foi digerido por ácidos para a obtenção de um extrato em que determinou-se os 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. (1989), seguindo-se o critério de produção, as análises foliares foram divididas em dois subgrupos de alta produtividade, sendo acima de 140 Mg ha⁻¹ para as áreas sob sistema cana-planta e acima de 110 Mg ha⁻¹ para a cana-soca). Após a divisão dos subgrupos foi realizado o teste de normalidade nos grupos pelo teste de Shapiro-Wilk. Para cada grupo também foi calculado a média, o coeficiente de variação e a variância de todas as possíveis relações. Também foram calculadas as razões de variância dos sub-grupos de alta e baixa produtividades. 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 Fórmula 1.

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

Onde:

- 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 Fórmulas 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 (100).

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; Walworth & Summer, 1987).

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 na 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

Em comparação dos valores encontrados entre os dois sistemas (planta e soca) observa-se que no sistema de soca teores de Cu ($3,63 \text{ mg.kg}^{-1}$); Fe ($358,32 \text{ mg.kg}^{-1}$) e Mn ($97,33 \text{ mg.kg}^{-1}$), apesar de estatisticamente serem diferentes, foram os únicos que superaram os valores encontrados no sistema de planta (Tabela 1). Embora as concentrações da maioria dos nutrientes tenha sido maior no cultivo sob planta, a produtividade média do sistema de soca ($198,19 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi maior do que a do sistema de planta ($157,39 \text{ Mg ha}^{-1}$), demonstrando a importância de se levar em consideração a relação entre os nutrientes e não somente suas concentrações na planta.

Comparando-se as médias dos nutrientes nas folhas no subgrupo mais produtivo da cana-planta orgânica com as faixas de concentração propostas por Malavolta et al (1997), verifica-se que os nutrientes da análise foliar apresentam praticamente a mesma interpretação feita na população antes da divisão dos dados. Os nutrientes que estão abaixo da faixa adequada continuam sendo S, Cu, Zn e Mn. Ainda pelos critérios de Malavolta et al (1997), o N; o P e o Mg estão acima da faixa adequada, porém muito perto do limite entre o adequado e o excesso.

Conforme Malavolta et al (1997), observou-se que ao comparar as médias dos nutrientes nas folhas no subgrupo mais produtivo da cana-soca orgânica com as faixas de

concentração para os teores de Fe e P mantiveram-se elevados. E os teores de N; K; Ca; Mg; S; Cu e Zn foram reforçados como limitantes no sistema cana-soca.

Na Tabela 1 são apresentadas as normas DRIS para os sistemas de cana-planta e cana-soca para as análises de folha, respectivamente. Comparando as médias e as relações dos nutrientes com o trabalho feito por Reis Júnior (1999) com DRIS em cana-de-açúcar convencional no Rio de Janeiro observa-se que os resultados são discordantes. Deve-se, portanto, enfatizar a importância da obtenção de dados regionalizados para interpretação de análises foliares, pois diagnósticos errados podem levar à aplicação desnecessária de fertilizantes, e, assim comprometer a rentabilidade econômica do empreendimento e comprometimento do sistema orgânico de produção.

Tabela 1. Normas para as variáveis da análise de folha e suas relações dois a dois utilizadas para o cálculo dos índices DRIS considerando o subgrupo mais produtivo (acima de 140 Mg ha⁻¹ para cana planta e 110 Mg ha⁻¹ para cana soca) no município de Goianésia, GO nas safras 2009/10 e 2010/11 e a comparação com as normas segundo Reis Júnior (1999) para cultura da cana-de-açúcar orgânica.

Variável	Autor do trabalho ¹						Reis Júnior (1999) ³				
	Cana-planta			Cana-soca			Teste F ²	Normas RJ		Teste F	Teste F
	Média	CV(%)	DP	Média	CV(%)	DP	Planta/Soca	Média	CV(%)	Planta GO/RJ ⁴	Soca GO/RJ ⁵
Prod. (Mg ha ⁻¹)	157,39	8,20	12,91	198,19	27,29	54,09	0,06 ns	89,4	15,1	0,91ns	16,05**
N (dag kg ⁻¹)	2,53	17,16	0,43	1,67	28,69	0,48	0,82 ns	1,49	14,4	0,04ns	0,05ns
P (dag kg ⁻¹)	0,50	15,86	0,08	0,28	31,23	0,09	0,83 ns	0,21	15,0	0,06ns	0,07ns
K (dag kg ⁻¹)	1,26	9,14	0,12	1,11	16,42	0,18	0,40 ns	1,24	15,9	0,003ns	0,01ns
Ca (dag kg ⁻¹)	0,95	39,02	0,37	0,37	64,64	0,24	2,40**	0,34	30,3	0,13ns	0,05ns
Mg (dag kg ⁻¹)	0,47	49,14	0,23	0,19	60,52	0,11	4,18**	0,27	30,3	0,08ns	0,02ns
S (dag kg ⁻¹)	0,12	14,22	0,02	0,14	30,43	0,04	0,16 ns	0,18	15,4	0,004ns	0,02ns
Cu (mg kg ⁻¹)	2,38	28,89	0,69	3,63	49,88	1,81	0,14 ns	5,00	15,5	0,79ns	5,45**
Fe (mg kg ⁻¹)	265,10	22,76	60,33	358,32	27,12	97,18	0,39 ns	-	-	-	-
Mn (mg kg ⁻¹)	56,76	43,88	24,91	97,33	61,51	59,87	0,17 ns	74,4	28,9	1,34ns	7,75**
Zn (mg kg ⁻¹)	11,94	17,68	2,11	11,66	33,93	3,96	0,28 ns	14,3	11,3	1,71*	5,99**
N/P	5,20	23,84	1,24	15,47	529,82	81,97	0,0002 ns	7,21	20,5	0,71ns	3076,32**
P/N	0,20	23,22	0,04	0,17	33,73	0,05	0,64 ns	0,14	21,9	2,20*	3,44**
N/K	2,01	18,05	0,36	1,53	29,94	0,46	0,63 ns	1,24	26,1	1,27ns	2,02**
K/N	0,51	17,70	0,09	0,71	36,13	0,26	0,12 ns	0,84	18,8	0,33 ns	2,71**
N/Ca	3,18	46,57	1,48	6,04	60,19	3,64	0,17 ns	4,94	46,0	0,42 ns	2,57**
Ca/N	0,38	43,66	0,16	0,24	72,22	0,17	0,91 ns	0,24	42,2	2,62**	2,88**
N/Mg	7,22	63,82	4,61	11,44	53,883	6,169	0,56 ns	6,18	35,6	4,40**	7,86**
Mg/N	0,18	55,39	0,10	0,11	68,73	0,08	1,64 **	0,18	42,3	1,75*	1,07ns
S/N	0,04	21,85	0,01	0,09	58,20	0,05	0,04 ns	0,12	21,0	0,16 ns	4,25**
N/S	21,07	23,92	5,04	13,41	48,60	6,51	0,60 ns	8,07	19,1	10,70**	17,88**

Tabela 1. Continuação.

Variável	Autor do trabalho ¹						Reis Júnior (1999) ³				
	Cana-planta			Cana-soca			Teste F ²	Normas RJ		Teste F	Teste F
	Média	CV(%)	DP	Média	CV(%)	DP	Planta/Soca	Média	CV(%)	Planta GO/RJ ⁴	Soca GO/RJ ⁵
N/Cu	1,12	24,56	0,27	0,53	44,14	0,23	1,37 ns	3,04	18,5	0,24 ns	0,18ns
Cu/N	0,93	22,33	0,20	2,53	115,08	2,91	0,01 ns	0,30	19,0	13,07**	2542,00**
N/Zn	0,21	23,19	0,05	0,15	43,21	0,06	0,55 ns	1,05	12,9	0,14 ns	0,26ns
Zn/N	4,84	24,94	1,20	7,57	49,90	3,78	0,10 ns	0,96	13,8	81,95**	801,34**
N/Mn	0,05	44,08	0,02	0,02	71,94	0,01	1,67**	0,21	21,9	0,25 ns	0,15ns
Mn/N	22,82	44,19	10,08	64,13	70,18	45,00	0,05 ns	4,95	20,2	101,72**	2026,10**
N/Fe	0,01	28,61	0,002	0,005	66,41	0,00	0,64 ns	-	-	-	-
Fe/N	108,36	30,72	33,29	228,36	42,04	96,02	0,12 ns	-	-	-	-
P/K	0,39	17,13	0,06	0,25	33,42	0,08	0,64 ns	0,18	40,5	0,87 ns	1,35ns
K/P	2,59	19,31	0,50	8,57	443,67	38,04	0,0002 ns	6,03	24,4	0,12 ns	668,59**
P/Ca	0,62	51,08	0,31	1,00	66,10	0,66	0,23 ns	0,67	33,7	2,00**	8,60**
Ca/P	1,88	33,33	0,62	2,68	417,98	11,20	0,004 ns	1,66	34,3	1,22 ns	387,18**
P/Mg	1,43	72,57	1,03	1,93	61,36	1,18	0,76 ns	0,88	42,8	7,47**	9,80**
Mg/P	0,92	41,86	0,38	1,33	417,95	5,59	0,0001 ns	1,30	32,8	0,83 ns	172,34**
P/S	4,14	20,44	0,84	2,20	51,38	1,13	0,56 ns	1,14	19,5	14,52**	25,98**
S/P	0,25	23,06	0,05	1,124	448,26	5,03	0,005 ns	0,90	18,1	0,13 ns	944,24**
P/Cu	0,22	32,68	0,07	0,08	49,09	0,04	2,86 **	0,42	12,1	2,08 ns	0,73ns
Cu/P	4,85	32,21	1,56	45,79	614,90	281,62	0,00004 ns	2,38	13,3	24,46 ns	791551,06**
P/Fe	0,002	27,80	0,0005	0,0009	89,34	0,00	0,42 ns	-	-	-	-
Fe/P	551,06	35,25	194,27	3452,66	531,95	18366,47	0,0001 ns	-	-	-	-
P/Mn	0,01	48,66	0,005	0,004	69,31	0,00	3,25**	0,03	38,9	0,18 ns	0,06ns
Mn/P	117,23	48,54	56,90	866,94	492,52	4269,96	0,0002 ns	36,3	33,5	21,90**	123294,80**
P/Zn	0,04	25,37	0,01	0,02	54,91	0,01	0,56 ns	0,15	18,9	0,15 ns	0,27ns
Zn/P	24,83	32,78	8,14	99,31	479,96	476,67	0,0003 ns	6,87	17,4	46,38 **	159011,55**
K/Ca	1,59	49,81	0,79	4,07	50,98	2,07	0,15 ns	4,02	39,1	0,26 ns	1,75ns
Ca/K	0,74	36,64	0,27	0,36	80,77	0,29	0,87 ns	0,3	56,2	2,63**	3,01**
K/Mg	3,62	67,91	2,46	7,83	49,04	3,84	0,41 ns	5,07	32,5	2,24**	5,44**

Tabela 1. Continuação.

Variável	Autor do trabalho ¹						Reis Júnior (1999) ³				
	Cana-planta			Cana-soca			Teste F ²	Normas RJ		Teste F	Teste F
	Média	CV(%)	DP	Média	CV(%)	DP	Planta/Soca	Média	CV(%)	Planta GO/RJ ⁴	Soca GO/RJ ⁵
Mg/K	0,36	47,13	0,17	0,17	74,11	0,13	1,71**	0,23	54,9	1,87**	1,09 ns
K/S	10,47	16,71	1,75	8,43	27,79	2,34	0,56 ns	6,74	22,8	1,30 ns	2,32**
S/K	0,09	15,67	0,01	0,12	28,48	0,03	0,18 ns	0,16	39,9	0,06 ns	0,32 ns
K/Cu	0,57	31,79	0,18	0,35	35,94	0,12	2,13**	2,57	26,7	0,07 ns	0,03 ns
Cu/K	1,89	28,88	0,54	3,31	48,88	1,61	0,11 ns	0,42	36,2	12,61**	110,69**
K/Fe	0,005	26,84	0,001	0,00	118,19	0,00	0,08 ns	-	-	-	-
Fe/K	213,74	28,29	60,48	331,74	30,06	99,72	0,37 ns	-	-	-	-
K/Mn	0,02	46,87	0,01	0,01	63,44	0,01	1,52 ns	0,17	27,8	0,06 ns	0,04 ns
Mn/K	45,43	44,83	20,36	88,63	64,23	56,93	0,13 ns	6,17	34,3	92,64**	723,88**
K/Zn	0,10	23,49	0,02	0,10	38,99	0,04	0,38 ns	0,87	18,3	0,03 ns	0,07 ns
Zn/K	9,60	23,28	2,23	10,89	39,80	4,33	0,27 ns	1,20	33	31,88**	120,05**
Ca/Mg	2,17	23,08	0,50	2,08	35,94	0,74	0,45 ns	1,34	32,3	1,34 ns	3,00**
Mg/Ca	0,47	19,23	0,09	0,54	38,21	0,20	0,20 ns	0,81	28,9	0,15 ns	0,79 ns
Ca/S	7,83	40,89	3,20	3,39	110,75	3,75	0,73 ns	1,86	31,2	30,51**	41,88**
S/Ca	0,15	52,09	0,08	0,53	59,87	0,32	0,06 ns	0,60	42,2	0,10 ns	1,58 ns
Ca/Cu	0,41	43,37	0,17	0,11	80,56	0,09	3,46**	0,70	32,3	0,62 ns	0,18 ns
Cu/Ca	2,83	38,00	1,07	12,90	63,74	8,22	0,02 ns	1,61	40,9	2,67**	155,94**
Ca/Fe	0,003	50,12	0,001	0,00	128,26	0,001	1,20 ns	-	-	-	-
Fe/Ca	364,57	71,86	262,01	1302,63	52,15	679,38	0,15 ns	-	-	-	-
Ca/Mn	0,02	68,32	0,01	0,00	114,21	0,006	3,70**	0,05	50	0,29 ns	0,08 ns
Mn/Ca	77,06	79,44	61,22	376,59	78,59	295,97	0,04 ns	25,40	62,1	15,06**	352,09**
Ca/Zn	0,08	47,16	0,03	0,03	52,70	0,01	5,44**	0,247	35,3	0,21 ns	0,04 ns
Zn/Ca	16,13	67,61	10,91	39,20	50,81	19,92	0,30 ns	4,61	39,7	35,55 **	118,50**
Mg/S	3,85	49,51	1,91	1,63	101,68	1,66	1,32 ns	1,43	27,1	24,30**	18,45**
S/Mg	0,35	67,80	0,24	1,03	56,09	0,57	0,17 ns	0,75	31	1,05 ns	6,03**
Mg/Cu	0,20	56,50	0,11	0,06	78,08	0,04	6,11**	0,55	33,6	0,39 ns	0,06 ns
Cu/Mg	6,36	52,78	3,36	24,77	59,22	14,67	0,05 ns	2,05	38,7	17,94 **	342,00**

Tabela 1. Continuação.

Variável	Autor do trabalho ¹						Reis Júnior (1999) ³				
	Cana-planta			Cana-soca			Teste F ²	Normas RJ		Teste F	Teste F
	Média	CV(%)	DP	Média	CV(%)	DP	Planta/Soca	Média	CV(%)	Planta GO/RJ ⁴	Soca GO/RJ ⁵
Mg/Mn	0,01	75,4533	0,007	0,00	102,70	0,003	5,64**	0,03	44,6	0,20 ns	0,04ns
Mg/Fe	0,00	58,37	0,00	0,00	136,33	0,0007	1,34 ns	-	-	-	-
Fe/Mg	843,39	91,36	770,56	2551,36	53,77	1372,03	0,32 ns	-	-	-	-
Mn/Mg	179,41	98,82	177,30	755,55	85,99	649,76	0,07 ns	30,3	39,5	219,47**	2947,34**
Mg/Zn	0,04	57,55	0,02	0,01	52,37	0,00	7,85**	0,18	30,3	0,18 ns	0,02ns
Zn/Mg	37,52	89,23	33,48	75,92	45,74	34,73	0,93 ns	5,77	29,7	381,77**	410,83**
S/Cu	0,05	33,91	0,01	0,04	44,27	0,01	0,95 ns	0,38	17,7	0,08 ns	0,08ns
Cu/S	19,78	33,44	6,61	27,50	49,10	13,50	0,24 ns	2,69	17,8	191,01**	795,78**
S/Fe	0,0004	24,74	0,00	0,00	137,20	0,0007	0,03 ns	-	-	-	-
Fe/S	2197,66	26,00	571,55	2780,22	37,44	1041,00	0,30 ns	-	-	-	-
S/Mn	0,002	52,34	0,001	0,00	63,68	0,001	1,22 ns	0,02	30,2	0,03 ns	0,02ns
Mn/S	472,70	45,85	216,77	714,02	66,27	473,18	0,21 ns	39,9	28,2	371,16**	1768,58**
S/Zn	0,01	23,23	0,002	0,01	49,12	0,007	0,13 ns	0,13	12,7	0,02 ns	0,17 ns
Zn/S	99,20	22,93	22,74	96,71	62,19	60,14	0,14 ns	7,66	13,4	491,14**	3433,92**
Cu/Fe	0,009	38,81	0,00	0,01	230,21	0,03	0,01 ns	-	-	-	-
Fe/Cu	127,59	53,23	67,92	117,51	45,47	53,44	1,62**	-	-	-	-
Cu/Mn	0,05	48,71	0,02	0,05	89,31	0,04	0,26 ns	0,07	35,4	0,89 ns	3,41**
Mn/Cu	26,39	57,90	15,28	30,78	71,33	21,95	0,48 ns	15,3	31,9	9,81**	20,24**
Cu/Zn	0,20	35,44	0,07	0,34	61,17	0,21	0,12 ns	0,35	16,8	1,55 ns	12,64**
Zn/Cu	5,65	46,64	2,63	3,68	45,09	1,66	2,52**	2,91	15,9	32,44 **	12,89**
Fe/Mn	5,59	51,47	2,88	4,99	63,53	3,174	0,82 ns	-	-	-	-
Mn/Fe	0,22	52,48	0,11	0,30	82,09	0,24	0,22 ns	-	-	-	-
Fe/Zn	22,36	17,67	3,95	34,65	42,98	14,89	0,07 ns	-	-	-	-
Zn/Fe	0,04	19,03	0,00	0,04	154,55	0,06	0,02 ns	-	-	-	-
Mn/Zn	4,82	45,94	2,21	10,00	86,28	8,63	0,07 ns	5,23	27	2,47 ns	37,39**
Zn/Mn	0,24	42,87	0,10	0,18	82,15	0,15	0,49 ns	0,20	25,8	4,01 ns	8,23**

¹ Normas DRIS para cultura da cana-de-açúcar orgânica obtidas de uma população com 192 observações de alta produtividade (> 140 Mg ha⁻¹) no município de Goianésia, GO; ² Razão entre as variâncias do ciclo cana-planta e cana-soca; ³ Normas obtidas por Reis Júnior (1999) em Campos dos Goytacazes (RJ); ⁴ Razão entre a variância do ciclo cana-planta do autor do trabalho e Reis Júnior (1999); ⁵ Razão entre a variância do ciclo cana-soca do autor do trabalho e Reis Júnior (1999). ns – não significativo; * significativo ao nível de 5 %; e ** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A observação dos valores obtidos no teste F e comparando-se as normas para cana-planta orgânica obtidas em Goianésia, GO, verifica-se que existem 40 relações que não diferiram significativamente das normas publicadas por Reis Júnior (1999), com destaque para as relações médias N/K, Ca/P, P/Cu, Cu/P, K/S, Ca/Mg, S/Mg, Cu/Zn, Mn/Zn e Zn/Mn. Entre o ciclo cana-soca e as normas de Reis Júnior (1999) observam-se que 25 relações não diferiram significativamente, destacando as relações médias Mg/N, P/K, K/Ca, Mg/K e S/Ca. Essas relações encontradas provavelmente implicam que o equilíbrio entre esses pares de nutrientes possa ser de importância para a produção de cana-de-açúcar.

O teste F realizado nos ciclos planta e soca para a variável produtividade e os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe e Mn não diferiram significativamente das normas obtidas por Reis Júnior (1999), exceto no ciclo cana-soca para as variáveis, N, P, K, Ca, Mg e S. Tais resultados são conseqüências das diferenças entre as produtividades da população de referência, das variedades estudadas e das regiões onde originaram-se as normas.

As diferenças observadas entre as normas deste trabalho e as de Reis Júnior (1999) para a cultura da cana-de-açúcar sob plantio convencional, em Campos dos Goytacazes-RJ, demonstram que o DRIS deve ser empregado de forma específica para obtenção de interpretações eficientes. O local onde será empregado o sistema deverá apresentar condições semelhante às condições em que foram obtidas as normas.

O método clássico de interpretação das análises de folha também deve ser empregado de forma específica, como para variedades e para condições edafoclimáticas particulares, entretanto tem sido utilizado de forma generalizada. O DRIS apresenta inúmeras vantagens em relação ao método clássico, e uma delas é a maneira rápida e prática de se obter os valores de referência para interpretação dos resultados das análises. Já o método clássico depende da implantação de experimentos de calibração em diferentes regiões e culturas para obter seus valores de referência, e isso demanda tempo e os custos são elevados.

Além das diferentes condições edafoclimáticas proporcionadas por cada região, outros fatores podem causar divergências entre normas DRIS, como por exemplo, o sistema de cultivo, a forma 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. 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

Nos Anexos 2 e 3 são apresentados os índices DRIS para cada nutriente em cada ponto de amostragem nas áreas da Usina Jalles Machado S.A. no município de Goianésia, GO, para análise foliar da cultura da cana-de-açúcar orgânica, nos ciclos cana-planta e cana-soca, respectivamente. A ordem decrescente quanto à limitação (deficiência e excesso) e o Índice de Balanço Nutricional também foram apresentados para cada ponto de amostragem.

Os índices DRIS para as variáveis foliares para o sistema cana-planta são apresentadas no Anexo 2. 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 1), onde tem-se que a interpretação dos índices DRIS mais positivo para as variáveis foliares da seguinte ordem S > Mg > Cu = Mn > Fe > N = K > Ca > Zn > P, contrastando com a ordem de limitação por excesso obtida na interpretação através dos Níveis Críticos, demonstrada no capítulo II, que estabeleceu N > Mg.

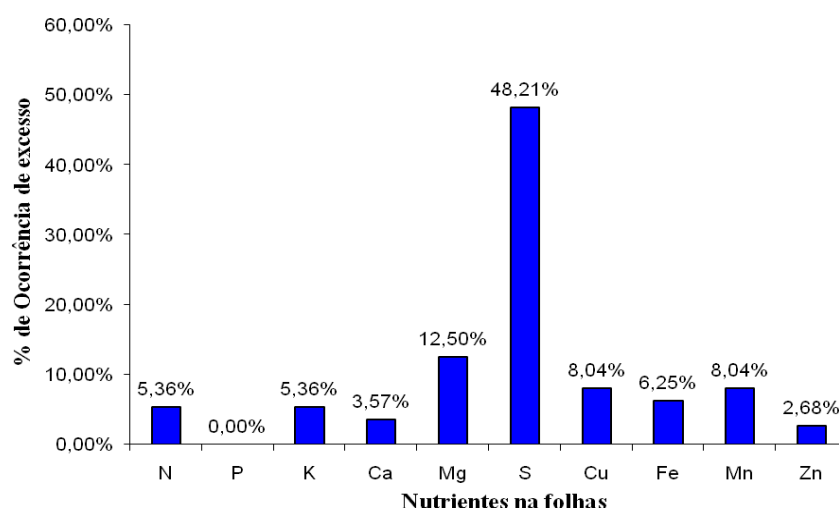


Figura 1. Resumo da interpretação dos Índices DRIS mais positivos para as variáveis foliares para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana planta (normas com produtividade maior que 140 Mg ha⁻¹), para as safras 2009/2010 e 2010/2011, no município de Goianésia, Goiás.

Dos índices foi extraída a ordem de limitação por deficiência para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana-planta, com as normas para produtividade maior que 140 Mg ha⁻¹ (Figura 2), onde tem-se que a interpretação dos índices DRIS mais negativo para as variáveis foliares da seguinte ordem P > N = Mg = S > Fe > Mn > Ca > K = Zn > Cu. Diferente da ordem de limitação por deficiência obtida pelos Níveis Críticos, conforme consta no capítulo II, que evidenciou S = Cu = Zn > Mn.

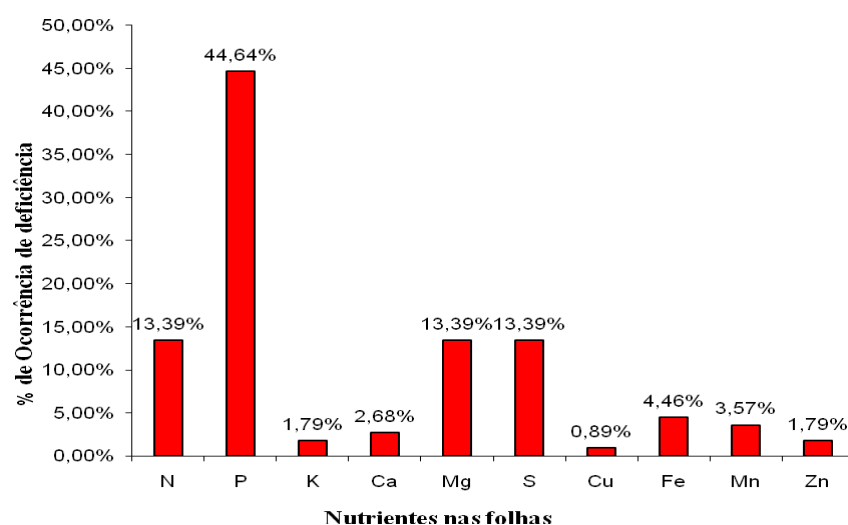


Figura 2. Resumo da interpretação dos índices DRIS mais negativo para as variáveis foliares para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana planta (normas com produtividade maior que 140 Mg ha⁻¹), para as safras 2009/2010 e 2010/2011, no município de Goianésia, Goiás.

Os índices DRIS para as variáveis foliares para o sistema cana-soca são apresentadas no Anexo 3. Dos índices foi extraída a ordem de limitação por excesso para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana-soca, com as normas para produtividade maior que 110 Mg ha⁻¹ (Figura 3), onde tem-se que a porcentagem de ocorrência de excesso na seguinte ordem interpretação dos índices DRIS mais positivo para as variáveis foliares da seguinte ordem Mn > Ca = S > Cu > Zn > Mg > N > P = K = Fe.

Apesar da ordem estabelecida pelo método dos Níveis Críticos, demonstrada no capítulo II, foi Fe > P, não se pode compará-la com a obtida pelo método DRIS. Resultados semelhantes foram observados por Reis Júnior & Monnerat (2003), na cultura da cana-de-açúcar, onde foram verificadas diferenças significativas entre os teores foliares

de nutrientes e as razões entre os nutrientes selecionados como normas DRIS das populações de alta e baixa produtividade.

Dos índices foi extraída a ordem de limitação por deficiência para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana-soca, com as normas para produtividade maior que 110 Mg ha⁻¹ (Figura 4), onde tem-se que a porcentagem de ocorrência de deficiência na seguinte ordem interpretação dos índices DRIS mais negativo para as variáveis foliares da seguinte ordem Mg > Mn > Cu > S = Zn > Ca > P > Fe > N > K. Essa ordem é discrepante da obtida pelo método dos Níveis Críticos onde S > Zn > Cu > N > K > Ca > Mg, demonstrados no capítulo II.

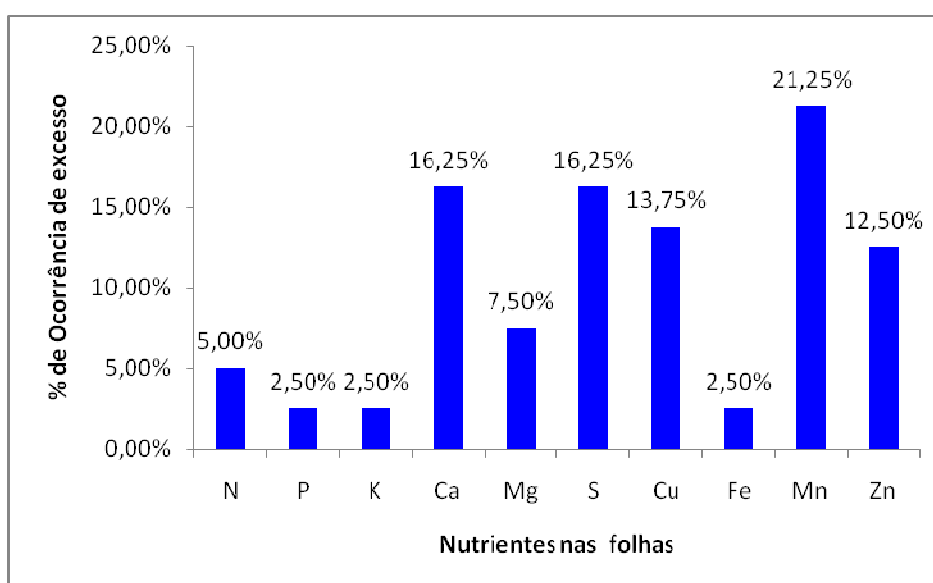


Figura 3. Resumo da interpretação dos índices DRIS mais positivo para as variáveis foliares para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana-soca (normas com produtividade maior que 110 Mg ha⁻¹), para as safras 2009/2010 e 2010/2011, no município de Goianésia, Goiás.

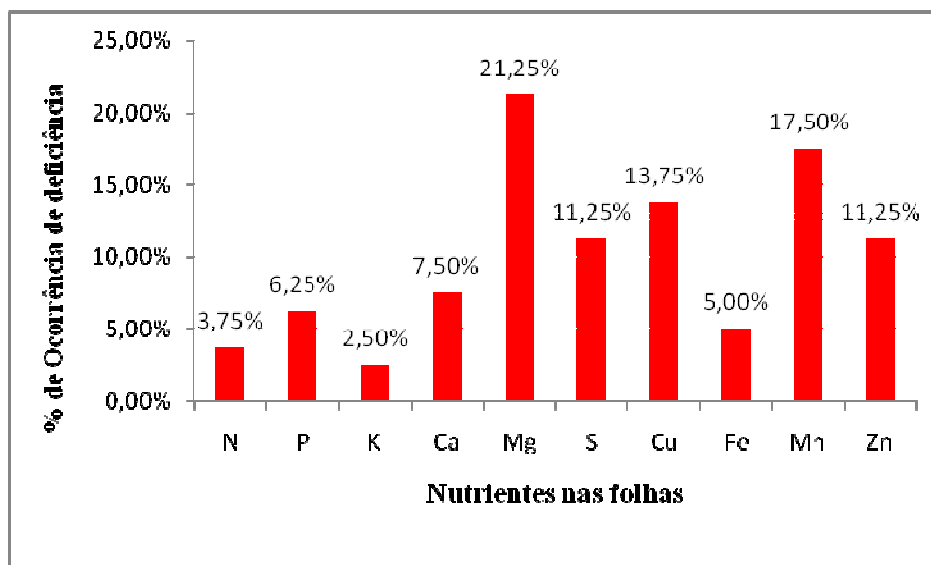


Figura 4. Resumo da interpretação dos índices DRIS mais negativo para as variáveis foliares para as diferentes áreas amostradas sob o sistema de cana-soca (normas com produtividade maior que 110 Mg ha^{-1}), para as safras 2009/2010 e 2010/2011, no município de Goianésia, Goiás.

Sumner (1990) revisou a metodologia DRIS e salientou que deve-se ter em mente que os índices somente classificam os nutrientes numa ordem relativa, da qual não se pode automaticamente inferir que qualquer nutriente em particular é deficiente, mas somente que ele é insuficiente em relação aos outros nutrientes. Entretanto, mesmo se 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.

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, os Anexos 2 e 3, apresentam para cada uma das amostras existentes o IBN correspondente. Todos os pontos amostrados possuem IBN elevados, distantes de zero, o que não interferiu na obtenção de elevadas produtividades. Para a cana-planta os valores do IBN variaram de 35 a 239 para a produtividade de 140 Mg ha^{-1} . Já para a cana-soca os valores do IBN variaram de 33 a 397 para a produtividade média de 110 Mg ha^{-1} .

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.

Em relação aos valores dos índices DRIS e o IBN quando se utiliza valores das médias de nutrientes da população de alta produtividade, pode-se verificar que os valores de IBN são iguais aos encontrados para as faixas críticas. Isso pode ser um indicador de que a simples utilização das médias de nutrientes da população de alta produtividade satisfaz no diagnóstico nutricional, contanto, para isso é necessário ter uma quantidade elevada de dados de produtividade e de análise foliar para dar maior confiabilidade no emprego da metodologia.

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os ajustes de equações de regressão polinomiais entre o teor do nutriente (variável independente) e o índice DRIS (variável dependente), para as análises foliares. 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, exceto para os nutrientes P e K que ficaram em torno de 0,30 e 0,27 respectivamente (Tabela 2). As equações obtidas no sistema cana-soca demonstram que os coeficientes de regressão de todos os nutrientes foram elevados (Tabela 3). Para ambas as situações, sabe-se que os altos coeficientes de regressão aumentam a confiabilidade dos Níveis de Suficiência Regional para estas variáveis nas análises foliares.

TABELA 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), Desvio padrão da população de alta produtividade (DP) e teste F para cultura da cana-planta orgânica em 112 pontos de amostragem no município de Goianésia, GO.

Variável	NSR	DP	Coeficiente da Equação $Y = a + bx + cx^2 + dx^3$				r^2 / teste F ¹
			a	b	c	d	
N (g/kg)	2,64	0,43	$y = 2,6449 + 0,044711 x + 0,00075 x^2$				0,78**
P (g/kg)	0,52	0,08	$y = 0,5177 + 0,0022 x + 0,0001 x^2 + 0,00000188 x^3$				0,30**
K (g/kg)	1,29	0,12	$y = 1,2860 + 0,001630 x - 0,0009 x^2 + 0,00065 x^3$				0,27**
Ca (g/kg)	0,91	0,37	$y = 0,9135 + 0,03289 x + 0,00041 x^2$				0,93**
Mg (g/kg)	0,44	0,23	$y = 0,4382 + 0,01788 x + 0,00021 x^2$				0,96**
S (g/kg)	0,11	0,02	$y = 0,1133 + 0,0007 x - 0,000006 x^2$				0,57**
Cu (mg/kg)	23,6	0,69	$y = 2,37529 + 0,6820 x + 0,0037 x^2$				0,80**
Fe (mg/kg)	266,1	60,33	$y = 266,086 + 5,424 x - 0,02582 x^2$				0,86**
Mn (mg/kg)	53,9	24,91	$y = 53,854 + 1,6090 x + 0,0125 x^2$				0,88**
Zn (mg/kg)	12,2	2,11	$y = 12,1561 + 0,2175 x - 0,002786 x^2$				0,83**

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

A partir das equações de ajuste (Tabelas 2 e 3) obteve-se o Nível de Suficiência Regional para cada variável das análises de folha, pelo método DRIS para o procedimento de cálculo proposto por Alvarez & Leite (1992). O procedimento para gerar os Níveis de Suficiência Regional foi o proposto por Oliveira & Souza (1988) e Oliveira (1993).

TABELA 3. 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), Desvio padrão da população de alta produtividade (DP) e teste F para cultura da cana-soca orgânica em 80 pontos de amostragem no município de Goianésia, GO.

Variável	NSR	DP	Coeficiente da Equação $Y = a + bx + cx^2 + dx^3$				r^2 / teste F ¹
			a	b	c	d	
N (g/kg)	1,74	0,48	$y = 1,73817 + 0,0558 x + 0,00000 x^2 - 0,000001 x^3$				0,80**
P (g/kg)	0,30	0,09	$y = 0,29935 + 0,013036 x + 0,00001 x^2$				0,81**
K (g/kg)	1,12	0,18	$y = 1,1227 + 0,01877 x - 0,00011 x^2$				0,63**
Ca (g/kg)	0,37	0,24	$y = 0,37237 + 0,01434 x - 0,00011 x^2$				0,71**
Mg (g/kg)	0,19	0,11	$y = 0,19113 + 0,0079 x - 0,00007 x^2$				0,74**
S (g/kg)	0,01	0,04	$y = 0,01342 + 0,003397 x + 0,00030 x^2$				0,85**
Cu (mg/kg)	3,60	1,81	$y = 3,6061 + 0,12762 x - 0,00044 x^2$				0,87**
Fe (mg/kg)	368,8	97,18	$y = 368,7913 + 5,4071 x - 0,0197 x^2$				0,65**
Mn (mg/kg)	102,9	59,87	$y = 102,9157 + 2,8535 x - 0,019817 x^2$				0,71**
Zn (mg/kg)	12,0	3,96	$y = 11,95 + 0,3511 x - 0,0031 x^2$				0,79**

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

Por meio dos Níveis de Suficiência Regional foram obtidas as Faixas de Suficiência (Tabelas 4 e 5) para cada variável da análise de folha comparadas às Faixas de Concentração ou Níveis Críticos conforme Malavolta et al. (1997). Utilizou-se como critério para o estabelecimento das faixas de suficiência o desvio padrão das populações de alta produtividade (população de referência para estabelecimento dos índices DRIS) e o desvio padrão de toda a população de amostragem. O uso do DP da população total da amostra visa a obtenção de uma faixa de suficiência com uma amplitude maior.

Ao comparar as Faixas de Suficiência Regional obtidas pelo DRIS para as análises foliares do ciclo cana-planta com as Faixas de Concentração propostas por Malavolta et al. (1997) verifica-se na Tabela 4 que, os limites inferior e superior das faixas dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg aumentaram, em contrapartida os nutrientes S, Cu, Fe, Mn e Zn tiveram os limites inferior e superior reduzidos.

Tabela 4. Faixas de suficiência dos principais nutrientes foliares para o cana-de-açúcar orgânica (cana-planta) determinados com o uso do desvio padrão da população de alta produtividade, estabelecidas pelo método DRIS, na região de Goianésia, GO, comparadas com a faixa de suficiência recomendada por Malavolta et al. (1997).

Variável	Dados Regionais ¹		Malavolta et al. (1997).
	NS	Faixa suficiência	
N (dag/kg)	2,64	2,64 a 3,07	1,90 a 2,10
P (dag/kg)	0,52	0,52 a 0,60	0,20 a 0,24
K (dag/kg)	1,29	1,29 a 1,41	1,10 a 1,30
Ca (dag/kg)	0,91	0,91 a 1,28	0,80 a 1,00
Mg (dag/kg)	0,44	0,44 a 0,67	0,20 a 0,30
S (dag/kg)	0,11	0,11 a 0,13	0,25 a 0,30
Cu (mg/kg)	2,36	2,36 a 3,05	8 a 10
Fe (mg/kg)	266,1	266,1 a 326,4	200 a 500
Mn (mg/kg)	53,9	53,9 a 78,8	100 a 250
Zn (mg/kg)	12,2	12,2 a 14,3	25 50

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

Observa-se na Tabela 5 a comparação entre as Faixas de Suficiência Regional obtidas pelo DRIS para as análises foliares do ciclo cana-soca com as Faixas de Concentração propostas por Malavolta et al. (1997) pode-se verificar que os limites superior e inferior das faixas dos nutrientes P, Fe e Mn aumentaram; o contrário se observou para os limites de abrangência dos elementos K, Ca, S, Cu e Zn, que sofreram diminuição. Curiosamente os elementos N e Mg tiveram seus limites inferiores diminuídos e os superiores aumentados.

Tabela 5. Faixas de suficiência dos principais nutrientes foliares para o cana-de-açúcar orgânica (cana-soca) determinados com o uso do desvio padrão da população de alta produtividade, estabelecidas pelo método DRIS, na região de Goianésia, GO, comparadas com a faixa de suficiência recomendada por Malavolta et al. (1997).

Variável	Dados regionais DRIS ¹		Malavolta et al. (1997)
	NS	Faixa suficiência	
N (dag/kg)	1,74	1,74 a 2,22	2,00 a 2,20
P (dag/kg)	0,30	0,30 a 0,39	0,18 a 0,20
K (dag/kg)	1,12	1,12 a 1,30	1,30 a 1,50
Ca (dag/kg)	0,37	0,37 a 0,64	0,50 a 0,70
Mg (dag/kg)	0,19	0,19 a 0,30	0,20 a 0,25
S (dag/kg)	0,01	0,01 a 0,05	0,25 a 0,30
Cu (mg/kg)	3,6	3,60 a 5,41	8 a 10
Fe (mg/kg)	368,8	368,8 a 466,0	80 a 150
Mn (mg/kg)	102,9	102,9 a 162,7	50 a 125
Zn (mg/kg)	12,0	12,0 a 16,0	25 a 50

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

O DRIS tem grande potencial para obtenção de Faixas de Suficiência para interpretação das análises foliares, porém a discriminação dessas faixas por região, produtividade da população de referência, cultivares, sistemas de preparo do solo, constitui-se em um refinamento importante para obter confiabilidade e precisão nas interpretações.

4.4 CONCLUSÕES

1. Os critérios regionais de faixas de suficiência para os ciclos cana-planta e cana-soca para a cultura da cana-de-açúcar orgânica para a variável folha foram estabelecidos pela metodologia DRIS;
2. No sistema cana-planta os nutrientes foliares que mais limitaram a produção por deficiência foi o P e o que mais limitou a produção por excesso foi o S, e também, os limites inferior e superior das faixas dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg aumentaram, e os nutrientes S, Cu, Fe, Mn e Zn tiveram os limites inferior e superior reduzidos;
3. No sistema cana-soca os nutrientes foliares que mais limitaram a produção por deficiência foi o Mg e por excesso foi o Mn, também, os limites superior e inferior das faixas dos nutrientes P, Fe e Mn aumentaram, o contrário se observou para os limites de abrangência dos elementos K, Ca, S, Cu e Zn, que sofreram diminuição;

4. Os resultados encontrados para os ciclos de cana-planta e cana-soca foram diferentes, o que reforça as diferenças nutricionais aumentam com o passar dos ciclos.

4.5 REFERÊNCIAS

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.

BAILEY, J. S.; BEATTIE, J. A. M.; KILPATRICK, D. J. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: I. Model establishment. **Plant Soil**, Czech Republic , v.197, n. 32, p. 127-135, 1997.

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)

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.

BEAUFILS, E. R. Physiological diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, South African, v. 1, n. 2, p. 1-30, 1971.

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).

BEVERLY, R. B., STARK, J. C., OJALA, J. C.; EMBLETON, T. W. Nutrient diagnosis of valencia oranges by DRIS. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Alexandria, v. 109, n. 5, p.649-654, 1984.

BEVERLY, R. B. Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.10, n. 31, p.901-920, 1987.

COSTA, A. N.da. **Uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação(DRIS), na Avaliação do Estado Nutricional do Mamoeiro (*Carica papaya L.*) no Estado do Espírito Santo**. Viçosa, MG, UFV, 1995. 95 p. (Tese de doutorado).

COSTA, A. N. da.; COSTA, A.F.S. da. Padrão Nutricional para o uso do DRIS na Macadâmia no Estado do Espírito Santo. XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Resumos...**, Curitiba-PR, 1996. P. 28.

CUNHA, P. P. da. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura da soja (*Glicine max (L.) Merrill*)**. 2002. 115 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

CUNHA, P. P. da. **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.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, J. G. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n. 18, p.466-470, 1984.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J.; SUMNER, M. E. DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves. **Agron. Journal**, Madison, v.77, n. 1, p.506-508, 1985.

JONES, C. A.; BOWEN, J. E. Comparative DRIS and crop log analysis diagnosis of sugarcane tissue analysis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, n.73, p.941-944, 1981.

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.

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.

LETZSCH, W. S.; SUMNER, M. E. Effect of population size and yield level in selection of Diagnosis and recommendation Integrated System (DRIS) norms. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.15, n. 12, p. 997-1006, 1984.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. Piracicaba. Potafós, 1989. 201 p.

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

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

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. 114 p.

OLIVEIRA, R.F.; TAKAMATSU, J.A. **Uso do DRIS para avaliação do estado nutricional da pimenteira-do-reino, em Tomé-Açu, PA**. Embrapa: Belém-PA, 2004, 4p. (Comunicado Técnico, 94).

OLIVEIRA, S. A., SOUZA, D. M. G. Interpretação de análise de solo pelo método DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação). In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 18., 1988, Guarapari, ES. **Anais...** Guarapari: SBCS, 1988. p. 47-48.

OLIVEIRA, S. A. Avaliação do balanço nutricional no sistema solo-planta. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 24., 1993, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 243-264.

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, v. 30, n. 17, p. 443-451, 2006.

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

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. 141 p.

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**, Viçosa, v. 26, n. 3, 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**, Brasília, v. 38, n. 21, p. 277-2825. 2003.

SUMNER, M. E. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norms for soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, n. 12, p. 226-230, 1977a.

SUMNER, M. E. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca and Mg content and calculated DRIS Index. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, New York, v. 8, n. 1, p. 269-280, 1977b.

SUMNER, M. E. Advances in the use application of plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 21, n. 10, p. 1409-1430, 1990.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation system (DRIS). **Advances in Soil Science**, Boca Raton, v. 6, n. 3, p. 149-188, 1987.

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) em soqueiras de três variedades de cana-de-açúcar. **Saccharum STAB**, Piracicaba, v. 3, n. 4, p. 23-28, 1980.

5 SOFTWARE PARA DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL UTILIZANDO O DRIS PARA CANA-DE-AÇÚCAR SOB CULTIVO ORGÂNICO, EM GOIANÉSIA, GOIÁS

RESUMO

O manejo diferenciado dos canaviais orgânicos demandam uma estrutura específica quando se trata do seu sistema de nutrição. O sistema computacional para diagnósticos nutricionais das lavouras é mais uma ferramenta importante de diagnóstico nutricional de culturas, baseado em normas regionais, as quais já foram estabelecidas, contudo pela complexidade o método é pouco utilizado. Para melhor aplicabilidade o desenvolvimento desse software para o Estado de Goiás pode fazer com que tais informações cheguem aos agricultores e técnicos que atuam no setor agrícola. Objetivando disponibilizar meios de diagnosticar o equilíbrio nutricional das lavouras, demonstrando como utilizarem adubos de forma e épocas mais coerentes e, consequentemente, diminuir os custos, melhorar a produtividade e até mesmo diminuir a poluição, tornando a atividade mais sustentável em diferentes aspectos. Dessa forma, devido à relevância da cultura no Estado, com importantes contribuições econômicas, culturais, sociais e inclusive ambientais é justificável a utilização desse software, uma vez que ele simplifica a utilização do DRIS.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*, Diagnóstico nutricional, DRIS, cultivo orgânico.

ABSTRACT

SOFTWARE FOR NUTRITIONAL DIAGNOSIS USING DRIS FOR ORGANIC SUGAR CANE SUGAR IN OF GOIANÉSIA GOIAS

The differentiated management of organic sugar cane require a specific structure when it comes to your nutrition system The computer system for diagnosis of nutritional crops is another important tool for nutritional diagnosis of crops, based on regional standards, which have been established, however the complexity the method is rarely used. For better results the development of software for the State of Goiás can cause such information to reach farmers and technicians who work in the agricultural sector, providing the means to diagnose the nutritional balance of crops, demonstrating how to use fertilizers in a more coherent and times consequently, reduce costs, improve productivity and even reduce pollution, become more sustainable activity in different aspects. Thus, because of the relevance of culture in the state, with important contributions to economic,

cultural, social, environmental and even it is justifiable to use this software, because it simplifies the use of DRIS.

Key words: *Saccharum officinarum*, nutritional diagnosis, DRIS, organic cultivation.

5.1 INTRODUÇÃO

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. No Centro-Oeste, o Estado de Goiás apresenta-se como grande produtor de açúcar e álcool, encontrando-se nesse Estado a segunda maior usina produtora e exportadora de açúcar orgânico do mundo, a Usina Jalles Machado S.A.

Com manejo diferenciado os canaviais orgânicos demandam uma estrutura específica quando se trata do seu sistema de nutrição. Neste sistema são evitados fertilizantes processados industrialmente, altamente concentrados e solúveis rapidamente em água, além de insumos que incluem elementos tóxicos ou resíduos contaminantes. 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.

Beaufils (1973) desenvolveu um método para diagnosticar as deficiências nutricionais em diferentes culturas (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação - DRIS) em que todos os nutrientes são relacionados entre si e ao final pode-se estabelecer um “*ranking*” dos mais limitantes, seja por deficiência ou excesso. Este método mostra-se bastante eficiente e vem sendo aplicado em muitas culturas. Na região do Cerrado, particularmente no Estado de Goiás, pesquisas usando o método para algumas culturas vêm sendo desenvolvidas, tais como a de Leandro (1998), que estabeleceu normas DRIS para a cultura da soja para o município de Rio Verde-GO; Oliveira (2002) também trabalhou com a cultura da soja para a região de Goianésia-GO e Cunha (2005) também em Goianésia-GO, estabeleceu normas DRIS para a cultura do milho; Ferreira (2007) trabalhou com a cultura do tomate industrial na região de Goiânia-GO e Souza (2009) trabalhou com a cultura do algodão em Silvânia-GO.

O destaque do Estado de Goiás no cenário nacional não é só consequência dos volumes que produz, mas também das altas produtividades e a infra-estrutura para

industrialização da colheita. Isto foi possível devido à agricultura comercial centrada em moldes empresariais, com a utilização de tecnologias modernas. O emprego de insumos como defensivos agrícolas, fertilizantes, corretivos e a mecanização agrícola são comuns em Goiás. Contudo, um dos principais entraves que o Estado possui está intimamente relacionado aos solos da região. A pobreza do material de origem e o elevado grau de intemperismo conferiram a estes solos baixa fertilidade natural. A introdução de culturas comerciais no sistema de produção, nestes solos, depende da aplicação de bons programas de correção da acidez do solo e adubação. A primeira etapa na implantação destes programas é a diagnose do estado nutricional da cultura.

Para a implantação deste método, primeiramente é necessário à obtenção de uma base de dados, para o estabelecimento de índices nutricionais baseados em lavouras de elevada produtividade. Além disso, a particularização desta base deve restringir-se a uma determinada região, sendo uma medida de refinamento importante para melhorar a precisão do diagnóstico (Dara et al., 1992; Reis Júnior & Monnerat 2003; Mourão Filho, 2005), observando também a época de amostragem das folhas (Malavolta et al., 2002; Partelli et al., 2007). O desenvolvimento de Software torna-se também fundamental, uma vez que os cálculos dos índices DRIS são extremamente complexos e não há para a cultura da cana-de-açúcar orgânica no Estado de Goiás.

Existem alguns softwares que aplicam o DRIS para diversas culturas, como é o caso do programa fornecido pela Meta Agroflorestal que coloca à disposição dos usuários os softwares DRIS para as s culturas do algodão, café, citros, milho, soja, entre outras. Paulo Wadt, pesquisador da Embrapa Acre, fornece *on line* um programa baseado em sistema computacional para diagnóstico nutricional de diversas culturas, entre elas arroz, cupuaçu, café, manga, mamão, soja e diversas outras. A Potafós, pertencente ao IPNI, disponibiliza em seu *website* o programa de acesso gratuito para o diagnóstico nutricional, através de análises foliares interpretadas pela faixa de suficiência e pelo DRIS para as principais culturas: algodão, café, citros, maçã, manga, milho, soja e eucalipto.

O desenvolvimento desse software para o Estado de Goiás é mais uma ferramenta importante de diagnóstico nutricional de culturas, baseado em normas regional, a qual já foi estabelecida, contudo, pela complexidade o método é pouco utilizado. Ou seja, o software pode fazer com que tais informações cheguem aos agricultores e técnicos que atuam no setor agrícola, proporcionando meios a diagnosticar o equilíbrio nutricional das lavouras, utilizarem adubos de forma e épocas mais coerentes e, conseqüentemente,

diminuir os custos, melhorar a produtividade e até mesmo diminuir a poluição, tornando a atividade mais sustentável em diferentes aspectos. Dessa forma, devido à relevância da cultura no Estado, com importantes contribuições econômicas, culturais, sociais e inclusive ambientais é justificável a utilização desse software.

O trabalho tem como objetivo desenvolver e disponibilizar software apropriado para diagnóstico nutricional aos agricultores, técnicos, associações, cooperativas, empresas produtoras, instituições e empresas de assistência técnica e extensão rural em distintas situações para a cultura de cana-de-açúcar orgânica (cana-planta e cana-soca) no Estado de Goiás.

5.2 METODOLOGIA

Foi realizada uma organização dos dados, das normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar orgânica, em lavouras comerciais de Goianésia, GO, as quais foram utilizadas para “alimentar” o programa. O Software utiliza linguagem Borland Delphi e o programa foi alimentado por um “DRIS gerador”, devidamente registrado no INPE.

Na obtenção dos índices dos nutrientes pelo programa foram usadas normas específicas para a espécie, forma de cultivo, estágio de desenvolvimento (planta ou soca) e região. Utilizando-se as relações e as concentrações dos nutrientes, comparando com as referidas normas, como é realizado no M-DRIS (Hallmark et al., 1987), entretanto, o diagnóstico é realizado da mesma forma como é feito no DRIS (DRIS-M), ou seja, DRIS com inclusão da matéria seca (Partelli et al., 2006) Para o cálculo da relação normal reduzida das concentrações de dois nutrientes, foi utilizado o método descrito por Jones (1981), com constante de sensibilidade igual a 10.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

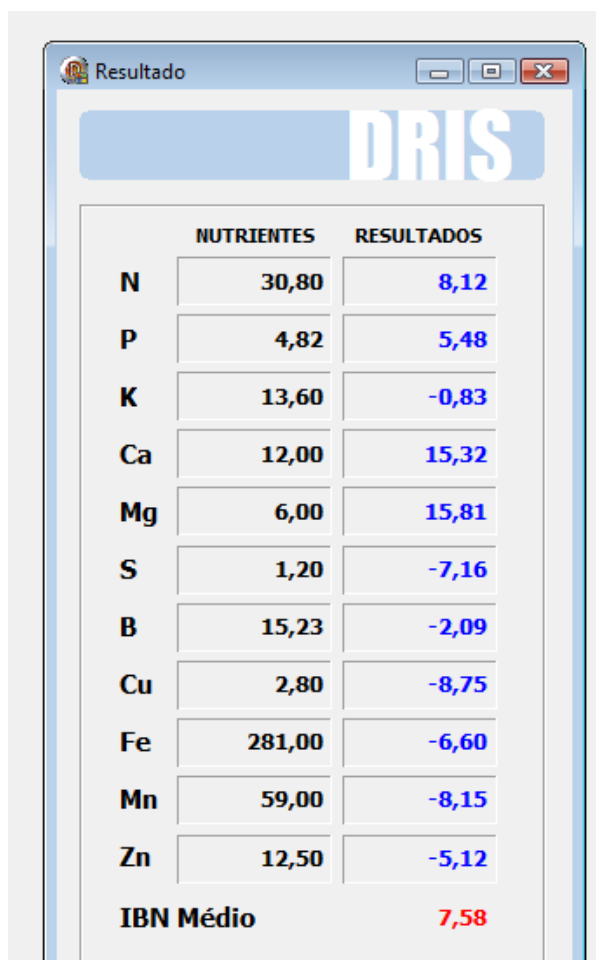
O programa permite a realização de um diagnóstico completo e simples, pois ao digitar os valores das concentrações foliares obtidos numa análise foliar, da cultura da cana-de-açúcar orgânica (cana-soca) em Goianésia, GO, em seus devidos campos (Figura 1), o programa gera o gráfico, com seus respectivos índices de cada nutriente (Figura 2), o que permite indicar qual, ou quais dos nutrientes estão limitando a produtividade, como o método preconiza (Beaufils, 1973, Partelli et al., 2006).

DRIS

NUTRIENTES	DADOS GERAIS						
☒ N 30,80 g/Kg ☒ P 4,82 g/Kg ☒ K 13,60 g/Kg ☒ Ca 12,00 g/Kg ☒ Mg 6,00 g/Kg ☒ S 1,20 g/Kg ☒ B 15,23 mg/Kg ☒ Cu 2,80 mg/Kg ☒ Fe 281,00 mg/Kg ☒ Mn 59,00 mg/Kg ☒ Zn 12,5 mg/Kg	PROPRIETÁRIO USINA JALLES MACHADO PROPRIEDADE FAZENDA TAPAJOS CULTURA CANA DE AÇÚCAR - SOCA LAVOURA UP 57 AMOSTRA CANA ORGANICA REGIÃO GOIANÉSIA - GOIÁS NORMA ANUAL DATA DA COLETA 						
	LAVOURAS CADASTRADAS <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Propriedade</th> <th>Proprietário</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>* FAZENDA TAPAJOS</td> <td>USINA JALLES MACHADO</td> </tr> </tbody> </table>			Propriedade	Proprietário	* FAZENDA TAPAJOS	USINA JALLES MACHADO
Propriedade	Proprietário						
* FAZENDA TAPAJOS	USINA JALLES MACHADO						
	 CALCULAR RESULTADO IMPRIMIR NOVO GRAVAR CANCELAR EDITAR GRÁFICO SAIR						

Figura 1. Página para digitação dos dados das análises foliares no software para cultura da cana-de-açúcar orgânica (cana-soca) em Goianésia, GO.

De posse dos resultados obtidos (Figura 2), de forma simples, com o programa (software), poderá verificar quais nutrientes estão limitando a produção e quais estão em excesso, assim identifica o equilíbrio nutricional baseado no DRIS, que tem como o princípio a distribuição normal reduzida.



	NUTRIENTES	RESULTADOS
N	30,80	8,12
P	4,82	5,48
K	13,60	-0,83
Ca	12,00	15,32
Mg	6,00	15,81
S	1,20	-7,16
B	15,23	-2,09
Cu	2,80	-8,75
Fe	281,00	-6,60
Mn	59,00	-8,15
Zn	12,50	-5,12
IBN Médio		7,58

Figura 2. Planilha de cálculo dos índices para cana-de-açúcar orgânica.

Portanto, esse software, por facilitar o uso do DRIS é mais uma ferramenta de diagnóstico nutricional para a cultura da cana-de-açúcar orgânica no Estado de Goiás, que somado a outras informações auxiliam na orientação do setor sucroalcooleiro (Figura 3). Consequentemente, irão utilizar de maneira mais eficiente os insumos agrícolas (adubos e irrigação), proporcionando: a) economia na utilização de insumos, uma vez que as adubações serão mais equilibradas, utilizando somente o necessário e no melhor momento; b) menor contaminação do solo, pois ao utilizar insumos em quantidades adequadas, a lixiviação e volatilização tendem a ser menores diminuindo a contaminação do ambiente; e c) com o uso mais racional de insumos orgânicos (economia de gastos e melhor nutrição das plantas), associado a uma menor sobrecarga ambiental, ocorrerá uma maior sustentabilidade desta atividade agrícola.

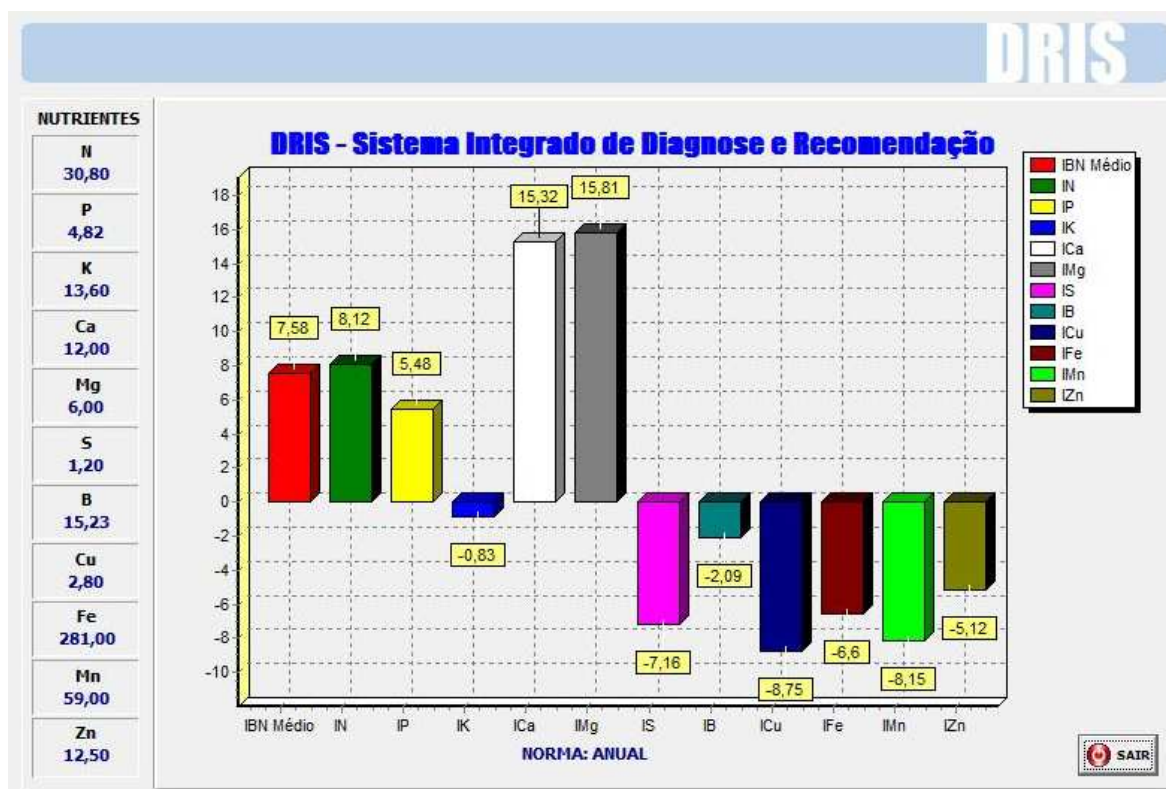


Figura 3. Índice DRIS calculados e apresentados em gráficos, possibilitando o diagnóstico nutricional para cultura da cana-de-açúcar orgânica no Estado de Goiás.

5.4 CONCLUSÕES

O programa permite de forma rápida, identificar fatores nutricionais limitante na análise foliar, torna-se aplicável no mesmo ciclo da cana-de-açúcar orgânica, com a facilidade de usar o DRIS, aumentando o potencial produtivo desta cultura.

5.5 REFERÊNCIAS

- BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. South Africa, University of Natal, Pietermaritzburg, 1973. 132 p. (Soil Science Bulletin, 1)
- CUNHA, P. P. da. **Sistema Integrado de Diagnóstico 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 the corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 14, p. 1006-1010, 1992.
- FERREIRA, R. B. **Aspectos Nutricionais e Tecnológicos da Cultura do Tomate Industrial na Região de Goiânia, Goiás** (Tese de Doutorado) Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás). 2007 116p.

HALLMARK, W. B.; MOOY, C. J.; PESEK, J. Comparison of two DRIS methods for diagnosing nutrient deficiencies. **Journal Fertility Issues**, Manchester, v. 4, n. 2, p. 151-158, 1987.

JONES, W. W. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, New York, v. 12, n. 5, p. 785-794, 1981.

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.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J. L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C. P.; HEINRICHSAND, R.; SILVEIRA, J. S. M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1017-1022, 2002.

MOURÃO FILHO, F. de A. A. DRIS and sufficient range approaches in nutritional diagnosis of 'Valencia' sweet orange on three rootstocks. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 28, n. 12, p. 691-705, 2005.

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.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; MONNERAT, P. H.; VIANA, A. P. Comparação de dois métodos DRIS para diagnóstico de deficiências nutricionais do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 301-306, 2006.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; CARVALHO, V. B.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Diagnosis and recommendation integrated system norms, sufficiency range, and nutritional evaluation of *Arabian coffee* in two sampling periods. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 30, n. 11, p. 1651-1667, 2007.

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**, Brasília, v. 38, n. 14, p. 277-282, 2003.

SOUZA, R. de F. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura do algodão no município de Silvânia-Goiás**. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, GO, 2009.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Baseado nos trabalhos apresentados, conclui-se que:

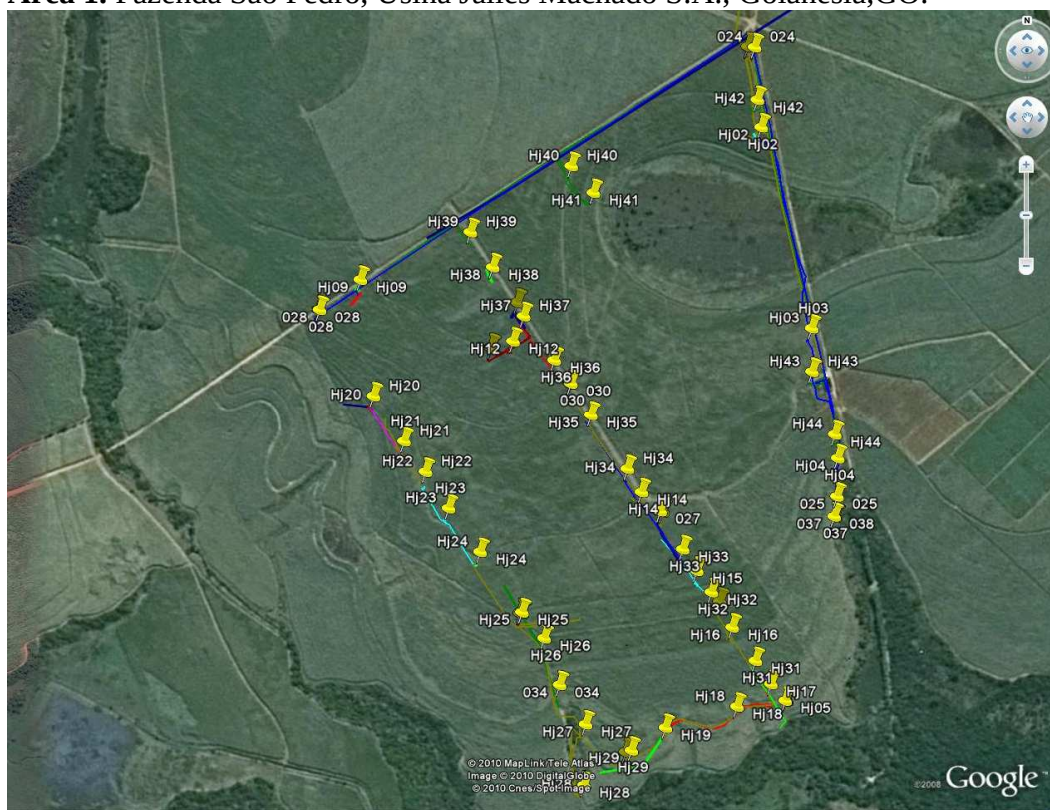
1. A cultura da cana-de-açúcar orgânica apesar de possuir destaque na região dos Cerrados, é carente em pesquisas que estabeleçam critérios regionais de adubação;
2. Existem diferenças entre as respostas de adubações dos ciclos cana-planta e cana-soca determinadas para a região de Goianésia, Goiás;
3. Pesquisas na área da fertilidade e adubação dos solos do Cerrado trazem ganhos à cultura da cana-de-açúcar orgânica.

ANEXOS

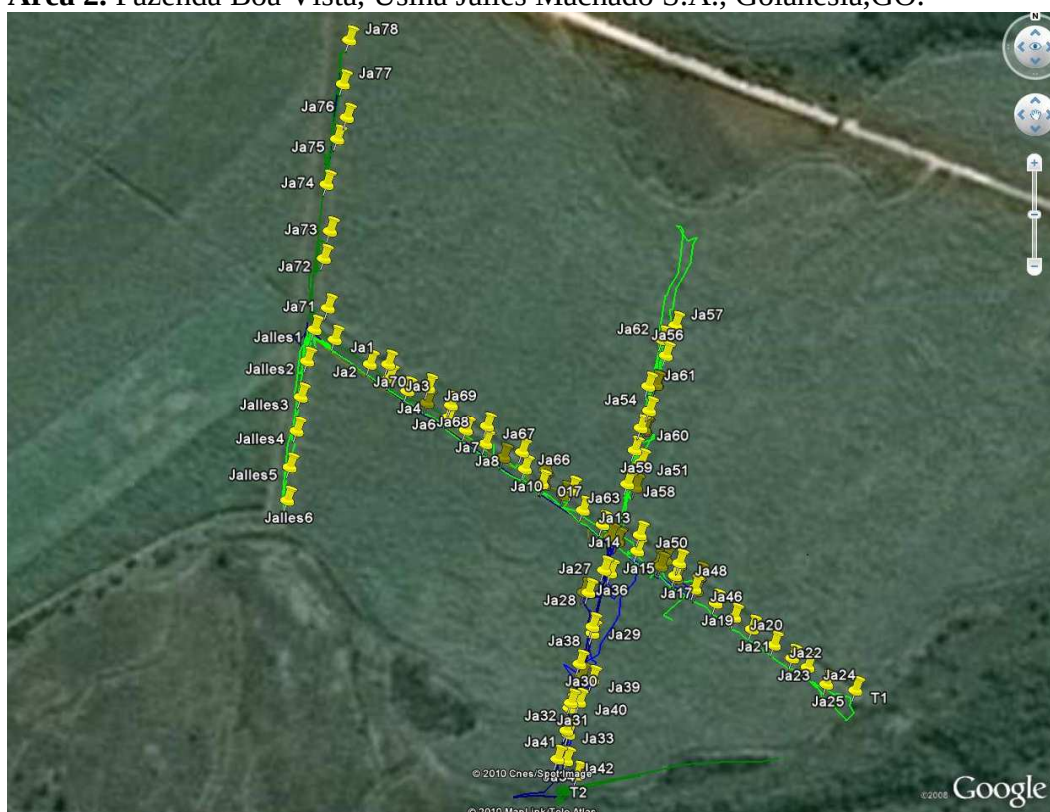
Anexo 1. Mapas de localização das áreas coletadas	110
Anexo 2. Índices DRIS calculados pelo procedimento de Alvarez & Leite (1992) e Índice de Balanço Nutricional (IBN) obtidos pelas análises foliares dos 112 pontos de amostragem para o ciclo cana-planta orgânica, no município de Goianésia, GO nas safras 2009/2010 e 2010/2011.....	111
Anexo 3. Índices DRIS calculados pelo procedimento de Alvarez & Leite (1992) e Índice de Balanço Nutricional (IBN) obtidos pelas análises foliares dos 80 pontos de amostragem para o ciclo cana-soca orgânica, no município de Goianésia, GO nas safras 2009/2010 e 2010/2011.....	115

ANEXO 1. Mapas de localização das áreas coletadas.

Área 1. Fazenda São Pedro, Usina Jalles Machado S.A., Goianésia,GO.



Área 2. Fazenda Boa Vista, Usina Jalles Machado S.A., Goianésia,GO.



Anexo 2. Índices DRIS calculados pelo procedimento de Alvarez & Leite (1992) e Índice de Balanço Nutricional (IBN) obtidos pelas análises foliares dos 112 pontos de amostragem para cultura da cana-planta orgânica no município de Goianésia, GO nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Ponto	Índices ¹										IBN ²	Ordem de Limitação (Deficiência e Excesso)
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn		
1	4	-48	-11	6	1	32	7	-2	7	3	122	P>K>Fe>Mg>Zn>N>Ca>Cu=Mn>S
2	8	-46	-1	-3	-9	34	10	-4	1	9	125	P>Mg>Fe>Ca>K>Mn>N>Zn>Cu>S
3	5	-2	-3	8	-4	-13	18	0	-10	1	64	S>Mn>Mg>K>P>Fe>Zn>N>Ca>Cu
4	4	-3	0	1	-4	-7	9	-7	-1	7	41	S=Fe>Mg>P>Mn>K>Ca>N>Zn>Cu
5	6	-41	-7	1	-4	39	5	-11	10	2	127	P>Fe>K>Mg>Ca>Zn>Cu>N>Mn>S
6	0	-38	-4	-6	-3	39	3	-11	20	0	124	P>Fe>Ca>K>Mg>N=Zn>Cu>Mn>S
7	10	-45	0	-3	-1	39	8	2	-5	-6	120	P>Zn>Mn>Ca>Mg>K>Fe>Cu>N>S
8	6	-4	-8	0	2	-5	0	0	9	1	35	K>S>P>Ca=Cu=Fe>Zn>Mg>N>Mn
9	4	-39	-3	-13	-9	44	12	-4	9	-1	139	P>Ca>Mg>Fe>K>Zn>N>Mn>Cu>S
10	5	-45	-1	-2	0	36	1	8	7	-10	114	P>Zn>Ca>K>Mg>Cu>N>Mn>Fe>S
11	3	-42	-5	5	6	33	6	-5	-1	-1	108	P>K=Fe>Mn=Zn>N>Ca>Mg=Cu>S
12	6	-40	-6	-2	3	40	4	-4	1	-1	106	P>K>Fe>Ca>Zn>Mn>Mg>Cu>N>S
13	4	-43	-3	2	1	37	7	-4	4	-3	107	P>Fe>K=Zn>Mg>Ca>N=Mn>Cu>S
14	5	-39	-6	0	2	39	9	-3	-4	-2	108	P>K>Mn>Fe>Zn>Ca>Mg>N>Cu>S
15	3	-48	0	6	1	35	10	-2	-2	-3	112	P>Zn>Fe=Mn>K>Mg>N>Ca>Cu>S
16	4	-2	-2	6	6	-13	5	-3	3	-4	47	S>Zn>Fe>P=K>Mn>N>Cu>Ca=Mg
17	5	-3	-4	7	10	-14	5	-1	-3	-2	57	S>K>P=Mn>Zn>Fe>N=Cu>Ca>Mg
18	5	-4	-8	7	5	-15	7	-1	5	-2	59	S>K>P>Zn>Fe>N=Mg=Mn>Ca=Cu
19	8	-4	-4	5	11	-14	3	-6	1	1	56	S>Fe>P=K>Mn=Zn>Cu>Ca>N>Mg
20	4	-49	-2	5	6	37	2	-1	0	-2	107	P>K=Zn>Fe>Mn>Cu>N>Ca>Mg>S
21	4	-50	-9	-5	6	35	10	-12	28	-7	168	P>Fe>K>Zn>Ca>N>Mg>Cu>Mn>S
22	7	-48	-2	0	7	36	4	-6	7	-6	123	P>Fe=Zn>K>Ca>Cu>N=Mg=Mn>S
23	5	-34	-4	-2	0	41	5	13	-24	1	131	P>Mn>K>Ca>Mg>Zn>N=Cu>Fe>S
24	10	-38	-6	0	-2	41	9	-8	-4	-2	121	P>Fe>K>Mn>Mg=Zn>Ca>Cu>N>S
25	12	2	3	0	-7	1	11	-5	-13	-3	57	Mn>Mg>Fe>Zn>Ca>S>P>K>Cu>N
26	10	2	1	1	-1	-1	9	-6	-10	-6	47	Mn>Fe=Zn>Mg=S>K=Ca>P>Cu>N
27	11	-6	4	-3	-10	-12	6	-12	24	-2	90	S=Fe>Mg>P>Ca>Zn>K>Cu>N>Mn
28	5	-36	4	-1	-8	45	8	-6	-14	4	130	P>Mn>Mg>Fe>Ca>K=Zn>N>Cu>S
29	14	-41	1	0	-7	37	9	-4	-2	-7	122	P>Mg=Zn>Fe>Mn>Ca>K>Cu>N>S

Ponto	Índices ¹											Ordem de Limitação (Deficiência e Excesso)
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	IBN ²	
30	13	7	0	-4	-6	-7	5	-3	-1	-4	50	S>Mg>Ca=Zn>Fe>Mn>K>Cu>P>N
31	7	3	-6	5	11	-14	9	-9	-1	-5	69	S>Fe>K>Zn>Mn>P>Ca>N>Cu>Mg
32	10	-2	-6	2	3	-12	14	-3	-3	-3	57	S>K>Fe=Mn=Zn>P>Ca>Mg>N>Cu
33	4	-5	-4	7	10	-14	4	-4	3	-2	59	S>P>K=Fe=Zn>Mn>N=Ca>Cu>Mg
34	6	-36	-4	-1	4	40	8	-6	-6	-5	115	P>Fe=Mn>Zn>K>Ca>Mg>N>Cu>S
35	8	-45	5	6	-2	38	8	-5	-8	-6	132	P>Mn>Zn>Fe>Mg>K>Ca>N=Cu>S
36	7	-38	-5	0	7	39	7	-9	-6	-4	122	P>Fe>Mn>K>Zn>Ca>N=Mg=Cu>S
37	1	-41	-6	5	6	41	8	-11	-2	-2	123	P>Fe>K>Mn=Zn>N>Ca>Mg>Cu>S
38	6	-1	1	2	4	-11	7	-2	0	-6	38	S>Zn>Fe>P>Mn>K>Ca>Mg>N>Cu
39	9	2	-4	8	3	-11	6	-3	-4	-6	54	S>Zn>K=Mn>Fe>P>Mg>Cu>Ca>N
40	17	0	-1	3	4	-15	7	-4	-6	-6	64	S>Mn=Zn>Fe>K>P>Ca>Mg>Cu>N
41	7	-42	-1	-5	-12	45	8	-15	14	3	152	P>Fe>Mg>Ca>K>Zn>N>Cu>Mn>S
42	13	-2	-5	-3	-9	-3	8	-2	2	2	49	Mg>K>Ca=S>P=Fe>Mn=Zn>Cu>N
43	-13	-40	10	-4	-6	45	13	-2	2	-6	142	P>N>Mg=Zn>Ca>Fe>Mn>K>Cu>S
44	6	-41	6	-8	1	31	22	-5	-12	0	133	P>Mn>Ca>Fe>Zn>Mg>N=K>Cu>S
45	-12	-32	14	-2	-5	46	8	2	-9	-11	140	P>N>Zn>Mn>Mg>Ca>Fe>Cu>K>S
46	-12	-36	9	3	4	44	3	-9	12	-18	150	P>Zn>N>Fe>Ca=Cu>Mg>K>Mn>S
47	3	2	-1	-5	-7	-1	8	8	0	-7	41	Mg=Zn>Ca>K=S>Mn>P>N>Cu=Fe
48	-9	-33	11	-10	-6	45	11	1	-5	-4	136	P>Ca>N>Mg>Mn>Zn>Fe>K=Cu>S
49	4	7	3	-4	-6	-12	14	-1	3	-8	64	S>Zn>Mg>Ca>Fe>K=Mn>N>P>Cu
50	-12	4	11	1	-1	-8	11	-5	9	-11	73	N>Zn>S>Fe>Mg>Ca>P>Mn>K=Cu
51	-15	9	7	9	12	-12	11	-2	-9	-11	97	N>S>Zn>Mn>Fe>K>P=Ca>Cu>Mg
52	-21	8	2	13	15	-5	4	-2	-6	-8	84	N>Zn>Mn>S>Fe>K>Cu>P>Ca>Mg
53	-13	5	12	0	5	-9	5	-6	-4	3	63	N>S>Fe>Mn>Ca>Zn>P=Mg=Cu>K
54	-10	-38	10	6	4	41	1	-6	-6	-2	122	P>N>Fe=Mn>Zn>Cu>Mg>Ca>K>S
55	-12	2	7	6	4	-1	1	-3	-1	-2	39	N>Fe>Zn>S=Mn>Cu>P>Mg>Ca>K
56	-11	-42	10	5	-1	43	1	-2	1	-2	118	P>N>Fe=Zn>Mg>Cu=Mn>Ca>K>S
57	-11	4	9	9	3	-9	7	-4	-1	-7	64	N>S>Zn>Fe>Mn>Mg>P>Cu>K=Ca
58	-12	5	7	1	0	1	8	-2	-2	-5	43	N>Zn>Fe=Mn>Mg>Ca=S>P>K>Cu
59	-11	3	7	1	-1	-1	3	-3	4	-1	34	N>Fe>Mg=S=Zn>Ca>P=Cu>Mn>K
60	-15	5	5	5	3	5	7	-8	-3	-3	58	N>Fe>Mn=Zn>Mg>P=K=Ca=S>Cu
61	-15	-2	5	9	11	-3	5	-8	12	-12	83	N>Zn>Fe>S>P>K=Cu>Ca>Mg>Mn
62	-10	0	10	0	5	0	6	-9	6	-8	54	N>Fe>Zn>P=Ca=S>Mg>Cu=Mn>K

Ponto	Índices ¹										IBN ²	Ordem de Limitação (Deficiência e Excesso)
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn		
63	-10	-43	12	1	-1	40	-5	-11	25	-7	157	P>Fe>N>Zn>Cu>Mg>Ca>K>Mn>S
64	-5	3	23	0	2	-5	-5	1	-6	-8	58	Zn>Mn>N=S=Cu>Ca>Fe>Mg>P>K
65	-9	-34	12	3	1	40	-2	-1	-5	-4	111	P>N>Mn>Zn>Cu>Fe>Mg>Ca>K>S
66	-14	-42	7	-1	16	38	-6	-2	3	1	130	P>N>Cu>Fe>Ca>Zn>Mn>K>Mg>S
67	-9	-42	10	13	10	41	-2	5	-27	2	162	P>Mn>N>Cu>Zn>Fe>K=Mg>Ca>S
68	-14	8	7	10	13	-11	-7	-13	5	3	90	N>Fe>S>Cu>Zn>Mn>K>P>Ca>Mg
69	-13	8	9	21	12	-1	-2	-20	-1	-11	99	Fe>N>Zn>Cu>S=Mn>P>K>Mg>Ca
70	-20	-42	-2	7	21	45	-15	17	-5	-6	179	P>N>Cu>Zn>Mn>K>Ca>Fe>Mg>S
71	-18	10	4	25	25	8	-8	-13	-24	-11	146	Mn>N>Fe>Zn>Cu>K>S>P>Ca>Mg
72	-19	-39	2	6	12	45	-3	7	-12	2	148	P>N>Mn>Cu>K=Zn>Ca>Fe>Mg>S
73	-10	-40	13	11	17	46	-1	-8	-22	-6	174	P>Mn>N>Fe>Zn>Cu>Ca>K>Mg>S
74	-9	6	11	11	11	3	-3	-14	-6	-9	82	Fe>N=Zn>Mn>Cu>S>P>K=Ca=Mg
75	-7	4	14	19	12	-4	-8	-15	-8	-8	98	Fe>Cu=Mn=Zn>N>S>P>Mg>K>Ca
76	-12	5	16	15	14	-10	-10	-21	-8	9	119	Fe>N>S=Cu>Mn>P>Zn>Mg>Ca>K
77	-10	4	16	14	19	-1	-17	-21	17	-21	139	Fe=Zn>Cu>N>S>P>Ca>K>Mn>Mg
78	-11	-35	11	13	15	48	-9	-3	-32	4	181	P>Mn>N>Cu>Fe>Zn>K>Ca>Mg>S
79	-13	6	10	10	7	-3	-7	0	-7	-2	65	N>Cu=Mn>S>Zn>Fe>P>Mg>K=Ca
80	-13	-31	10	14	17	52	-14	12	-42	-6	209	Mn>P>Cu>N>Zn>K>Fe>Ca>Mg>S
81	-18	5	4	17	23	2	-11	-9	1	-14	103	N>Zn>Cu>Fe>Mn>S>K>P>Ca>Mg
82	-16	9	5	12	24	-5	-8	-6	-1	-17	103	Zn>N>Cu>Fe>S>Mn>K>P>Ca>Mg
83	-19	3	4	17	18	-6	-2	-13	-5	3	91	N>Fe>S>Mn>Cu>P=Zn>K>Ca>Mg
84	10	-40	9	-19	-54	35	3	28	12	16	225	Mg>P>Ca>Cu>K>N>Mn>Zn>Fe>S
85	-2	-35	20	-33	-49	41	1	17	15	26	239	Mg>P>Ca>N>Cu>Mn>Fe>K>Zn>S
86	8	-41	7	-31	-46	38	0	23	15	29	238	Mg>P>Ca>Cu>K>N>Mn>Fe>Zn>S
87	-8	-37	12	-8	-57	45	-8	17	28	18	237	Mg>P>N=Ca=Cu>K>Fe>Zn>Mn>S
88	-13	17	7	-10	-59	4	-10	20	22	21	182	Mg>N>Ca=Cu>S>K>P>Fe>Zn>Mn
89	-16	14	12	-11	-63	3	-8	17	43	9	197	Mg>N>Ca>Cu>S>Zn>K>P>Fe>Mn
90	-19	-36	3	-17	-21	42	-14	15	35	11	214	P>Mg>N>Ca>Cu>K>Zn>Fe>Mn>S
91	-14	-34	5	-15	-19	44	-9	13	20	8	180	P>Mg>Ca>N>Cu>K>Zn>Fe>Mn>S
92	0	15	20	-30	-45	2	-5	23	6	15	161	Mg>Ca>Cu>N>S>Mn>P=Zn>K>Fe
93	-10	-32	9	-23	-16	48	-4	16	0	12	171	P>Ca>Mg>N>Cu>Mn>K>Zn>Fe>S
94	5	6	-1	-12	-16	4	-8	19	-10	13	95	Mg>Ca>Mn>Cu>K>S>N>P>Zn>Fe
95	-8	2	10	-15	-19	-8	-15	13	24	15	128	Mg>Ca=Cu>N=S>P>K>Fe>Zn>Mn

Ponto	Índices ¹										IBN ²	Ordem de Limitação (Deficiência e Excesso)
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn		
96	-3	17	19	-35	-50	8	-5	21	4	24	185	Mg>Ca>Cu>N>Mn>S>P>K>Fe>Zn
97	-5	14	15	-17	-50	8	-5	17	3	20	156	Mg>Ca>N=Cu>Mn>S>P>K>Fe>Zn
98	-10	7	12	-25	-18	1	-8	16	15	11	123	Ca>Mg>N>Cu>S>P>Zn>K>Mn>Fe
99	-9	9	9	-23	-16	3	-12	19	10	10	121	Ca>Mg>Cu>N>S>P=K>Mn=Zn>Fe
100	-12	-34	6	-28	-20	52	-14	13	29	8	215	P>Ca>Mg>Cu>N>K>Zn>Fe>Mn>S
101	2	16	-16	-11	-15	-3	-13	15	8	17	114	K>Mg>Cu>Ca>S>N>Mn>Fe>P>Zn
102	2	6	0	-9	-5	1	-11	11	-4	8	57	Cu>Ca>Mg>Mn>K>S>N>P>Zn>Fe
103	3	-35	-1	-9	-5	44	-9	15	-14	12	147	P>Mn>Ca=Cu>Mg>K>N>Zn>Fe>S
104	2	-35	-1	-8	-20	50	-16	13	4	12	161	P>Mg>Cu>Ca>K>N>Mn>Zn>Fe>S
105	-5	-42	15	-21	-15	32	-17	20	20	13	200	P>Ca>Cu>Mg>N>Zn>K>Fe=Mn>S
106	-4	10	16	-35	-50	-1	-2	22	25	20	186	Mg>Ca>N>Cu>S>P>K>Zn>Fe>Mn
107	-10	-31	10	-23	-16	49	-6	15	1	12	171	P>Ca>Mg>N>Cu>Mn>K>Zn>Fe>S
108	-13	-30	15	-26	-19	51	-15	14	10	13	206	P>Ca>Mg>Cu>N>Mn>Zn>Fe>K>S
109	-11	-2	13	-24	-17	-7	-10	17	24	16	142	Ca>Mg>N>Cu>S>P>K>Zn>Fe>Mn
110	-5	11	17	-35	-50	-1	-12	21	32	22	206	Mg>Ca>Cu>N>S>P>K>Fe>Zn>Mn
111	-11	-45	11	-8	-12	29	-16	16	11	25	183	P>Cu>Mg>N>Ca>K=Mn>Fe>Zn>S
112	-5	-50	15	-3	-1	25	-32	26	5	18	179	P>Cu>N>Ca>Mg>Mn>K>Zn>S>Fe

¹ Índice para cálculo do IBN; ² Utilizou-se para cálculo do IBN o procedimento de Beaufils (1973).

Anexo 3. Índices DRIS calculados pelo procedimento de Alvarez & Leite (1992) e Índice de Balanço Nutricional (IBN) obtidos pelas análises foliares dos 80 pontos de amostragem para cultura da cana-soca orgânica no município de Goianésia, GO nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Ponto	Índices ¹										IBN ²	Ordem de Limitação (Deficiência e Excesso)
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn		
1	-4	0	4	6	-14	10	-16	9	10	-5	78	Cu>Mg>Zn>N>P>K>Ca>Fe>S=Mn
2	-4	-3	1	5	-14	4	-4	6	10	-1	52	Mg>N=Cu>P>Zn>K>S>Ca>Fe>Mn
3	-8	-4	-1	-17	3	1	1	3	5	17	60	Ca>N>P>K>S=Cu>Mg=Fe>Mn>Zn
4	-7	-2	0	-1	-12	5	-3	8	8	4	50	Mg>N>Cu>P>Ca>K>Zn>S>Fe=Mn
5	-3	-2	1	-11	-12	9	-15	6	37	-10	107	Cu>Mg>Ca>Zn>N>P>K>Fe>S>Mn
6	-4	-4	0	-4	2	2	-5	0	14	0	37	Cu>N=P=Ca>K=Fe=Zn>Mg=S>Mn
7	-3	5	7	-8	-9	3	-11	10	9	-3	67	Cu>Mg>Ca>N=Zn>S>P>K>Mn>Fe
8	0	5	6	-9	-10	3	-2	0	5	-1	41	Mg>Ca>Cu>Zn>N=Fe>S>P=Mn>K
9	3	4	13	-6	-7	15	-10	4	-16	0	78	Mn>Cu>Mg>Ca>Zn>N>P=Fe>K=S
10	-4	-2	6	1	-11	5	11	2	2	-11	54	Mg=Zn>N>P>Ca>Fe=Mn>S>K>Cu
11	-3	0	8	-12	6	9	-3	2	-2	-5	50	Ca>Zn>N=Cu>Mn>P>Fe>Mg>K>S
12	-1	20	4	-8	-9	-6	-12	-1	10	4	75	Cu>Mg>Ca>S>N=Fe>K= Zn>Mn>P
13	-7	-4	1	7	1	4	1	0	6	-9	40	Zn>N>P>Fe>K=Mg=Cu>S>Mn>Ca
14	-4	-2	0	-9	-10	10	-2	1	19	-4	62	Mg>Ca>N=Zn>P=Cu>K>Fe>S>Mn
15	-9	-2	2	-8	-9	19	-12	3	19	-4	86	Cu>N=Mg>Ca>Zn>P>K>Fe>S=Mn
16	-5	-9	7	-4	-5	0	-6	4	9	9	60	P>Cu>N=Mg>Ca>S>Fe>K>Mn=Zn
17	-12	-6	1	9	2	5	-6	1	23	-17	82	Zn>N>P=Cu>K=Fe>Mg>S>Ca>Mn
18	-7	-5	2	-5	-19	4	6	-5	42	-13	107	Mg>Zn>N>P=Ca=Fe>K>S>Cu>Mn
19	21	-3	7	-9	-10	5	-13	3	6	-6	83	Cu>Mg>Ca>Zn>P>Fe>S> Mn>K>N
20	23	-4	0	-13	-15	5	2	3	1	-2	68	Mg>Ca>P>Zn>K>Mn >Cu>Fe>S>N
21	7	0	1	-10	-11	10	-3	3	5	-1	51	Mg>Ca>Cu>Zn>P>K>Fe>Mn>N> S
22	3	-2	1	-13	-14	10	2	-1	10	2	57	Mg>Ca>P>Fe>K>Cu=Zn>N>S=Mn
23	1	5	7	-8	-9	4	-12	5	8	-3	64	Cu>Mg>Ca>Zn>N>S>P=Fe>K>Mn
24	2	-2	1	-11	6	4	10	2	-1	-12	53	Zn>Ca>P>Mn>K>N=Fe>S>Mg>Cu
25	2	1	7	-5	-6	9	2	5	-1	-16	54	Zn>Mg>Ca>Mn>P>N=Cu>Fe>K>S
26	1	-4	11	-8	-8	2	0	0	17	-11	61	Zn>Ca=Mg>P>Cu=Fe>N>S>K>Mn
27	-1	5	4	-2	5	5	-3	0	4	-16	46	Zn>Cu>Ca>N>Fe>K=Mn>P=Mg=S

Ponto	Índices ¹										IBN ²	Ordem de Limitação (Deficiência e Excesso)
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn		
28	-5	-2	3	-17	-19	5	15	2	3	13	84	Mg>Ca>N>P>Fe>K=Mn> S>Zn>Cu
29	8	19	1	-12	-13	7	10	-3	4	-23	101	Zn>Mg>Ca>Fe>K>Mn>S>N>Cu>P
30	3	0	6	-10	-12	12	4	-5	6	-3	60	Mg>Ca>Fe>Zn>P>N>Cu>K=Mn>S
31	11	6	0	-35	-8	18	7	2	-1	0	88	Ca>Mg>Mn>K=Zn>Fe>P>Cu>N>S
32	13	3	0	-12	-13	-1	15	1	7	-13	78	Mg=Zn>Ca>S>K>Fe>P>Mn>N>Cu
34	1	-6	-6	-9	-10	6	7	0	41	-23	110	Zn>Mg>Ca>P=K>Fe>N>S>Cu>Mn
35	2	-12	7	-15	4	-2	7	5	-2	5	61	Ca>P>S=Mn>N=Mg>Fe=Zn>K=Cu
36	-9	-13	7	-12	-13	1	17	6	23	-8	108	P=Mg>Ca>N>Zn>S>Fe>K>Cu>Mn
37	-8	-15	5	-8	-8	5	1	0	7	22	79	P>N=Ca=Mg>Fe>Cu>K>S>Mn>Zn
38	-10	-11	-3	-8	-9	4	0	-3	32	9	89	P>N>Mg>Ca>K=Fe>Cu>S>Zn>Mn
39	0	5	7	-7	-8	-6	0	6	4	0	43	Mg>Ca>S>N=Cu=Zn=Mn>P>Fe> K
40	-3	0	7	-9	-9	11	6	-1	8	-11	65	Zn>Ca>Mg>N>Fe>P>Cu>K>Mn>S
41	2	2	-5	2	2	-6	7	2	-9	5	41	Mn>S>K>N=P=Ca=Mg=Fe>Zn>Cu
42	5	3	-8	13	6	-10	6	2	-28	12	92	Mn>S>K>Fe>P>N>Mg=Cu>Zn> Ca
43	4	-3	-3	-3	3	3	-4	-1	-2	7	34	Cu>P=K=Ca=Mn>Fe>Mg=S>N>Zn
44	7	3	3	9	8	-5	-11	3	-32	15	95	Mn>Cu>S>P=K=Fe=N>Mg>Ca>Zn
45	11	5	-1	-1	5	-7	-2	-5	-4	1	43	S>Fe>Mn>Cu>K=Ca>Zn>P=Mg>N
46	3	2	-2	10	16	-9	-16	0	-19	16	94	Mn>Cu>S>K>Fe>P>N>Ca>Mg=Zn
47	3	1	-2	24	18	-12	6	-3	-41	7	118	Mn>S>Fe>K>P>N>Cu>Zn>Mg Ca
48	1	1	-9	36	30	-24	-4	-7	-30	7	148	Mn>S>K>Fe>Cu>N=P>Zn=Mg>Ca
49	-9	-6	-24	48	48	-41	4	-15	-7	2	203	S>K>Fe>N>Mn>P>Zn >Cu>Ca =Mg
50	2	-1	-3	22	16	-13	5	-5	-27	3	98	Mn>S>Fe>K>P>N>Zn>Cu>Mg>Ca
51	3	1	-4	12	5	-19	-1	0	-8	12	66	S>Mn>K>Cu>Fe>P>N>Mg>Ca=Zn
52	3	-1	-7	25	19	-19	-13	-5	-11	9	113	S>Cu>Mn>K>Fe>P>N>Zn>Mg>Ca
53	5	1	-2	27	20	-20	-1	2	-36	6	119	Mn>S>K>Cu>P>Fe>N>Zn>Mg>Ca
54	-4	-3	-15	55	50	-32	-24	-5	-22	1	209	S>Cu>Mn>K>Fe>N>P>Zn>Mg>Ca
55	0	1	-9	20	2	-23	4	-4	2	8	74	S>K>Fe>N>P>Mg=Mn>Cu>Zn>Ca
56	-2	5	-20	15	2	-35	3	-4	23	13	121	S>K>Fe>N>Mg>Cu>P>Zn>Ca>Mn
57	3	3	-3	18	5	-19	-1	-2	-10	6	70	S>Mn>K>Fe>Cu>N=P>Mg>Zn>Ca
58	9	2	2	18	10	-14	-8	4	-27	5	98	Mn>S>Cu>P=K>Fe>Zn>N>Mg>Ca
59	5	-1	1	0	7	7	-1	3	-28	8	60	Mn>P=Cu>Ca>K>Fe>N>Mg=S>Zn

Ponto	Índices ¹										IBN ²	Ordem de Limitação (Deficiência e Excesso)
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn		
60	7	2	-6	19	19	-20	-13	1	-16	7	111	S>Mn>Cu>K>Fe>P>N=Zn>Ca=Mg
61	1	-3	-2	-2	4	4	-3	-1	-4	8	33	Mn>P=Cu>K=Ca>Fe>N>Mg=S>Zn
62	-2	0	6	1	8	9	0	3	-30	5	64	Mn>N>P=Cu>Ca>Fe>Zn>K>Mg>S
63	-47	-1	4	14	33	32	110	-127	-18	0	386	Fe>N>Mn>P>Zn>K>Ca>S>Mg>Cu
64	-17	-3	21	12	11	23	43	-144	5	48	327	Fe>N>P>Mn>Mg>Ca>K>S>Cu>Zn
65	6	0	18	10	24	17	23	-86	-15	3	202	Fe>Mn>P>Zn>N>Ca>S>K>Cu>Mg
66	-7	-4	11	38	12	24	12	-66	-29	11	212	Fe>Mn>N>P>K=Zn>Mg=Cu>S>Ca
67	-8	-1	-2	5	-15	8	2	6	1	3	51	Mg>N>K>P>Mn>Cu>Zn>Ca>Fe>S
68	-19	-2	-2	7	-13	9	11	7	1	0	70	N>Mg>P=K>Zn>Mn>Ca=Fe>S>Cu
69	-24	-7	-11	24	5	16	-3	12	-1	-9	113	N>K>Zn>P>Cu>Mn>Mg>Fe>S>Ca
70	-2	-5	-8	-2	5	8	4	5	-2	-4	44	K>P>Zn>N=Ca=Mn>Cu>Mg=Fe>S
71	1	-4	-11	13	24	4	-19	7	-7	-8	97	Cu>K>Zn>Mn>P>N>S>Fe>Ca>Mg
72	-12	-1	-2	-4	16	11	-16	4	11	-7	84	Cu>N>Zn>Ca>K>P>Fe>S=Mn>Mg
73	1	-4	-5	1	23	3	-6	2	-9	-7	59	Mn>Zn>Cu>K>P>N=Ca>Fe>S>Mg
74	16	-8	-2	-7	11	0	0	-2	-7	0	55	P>Ca=Mn>K=Fe>S=Cu=Zn=Mg>N
75	4	-2	2	-12	-13	4	15	5	-6	3	66	Mg>Ca>Mn>P>K>Zn>N=S>Fe>Cu
76	-199	11	11	14	27	24	36	29	13	33	397	N>P=K>Mn>Ca>S>Mg>Fe>Zn>Cu
77	-6	-2	2	-11	7	12	-2	6	-4	-1	53	Ca>N>Mn>P=Cu>Zn>K>Fe>Mg>S
78	-5	-4	2	1	-10	8	-1	6	0	2	40	Mg>N>P>Cu>Mn>Ca>K=Zn>Fe>S
79	-3	-5	5	-7	-8	4	7	9	1	-3	53	Mg>Ca>P>N=Zn>Mn>S>K>Cu>Fe
80	3	-1	-9	-5	-6	-5	18	4	3	-1	56	K>Mg>Ca=S>P=Zn>N=Mn>Fe>Cu

¹ Índice para cálculo do IBN; ² Utilizou-se para cálculo do IBN o procedimento de Beaufils (1973).