



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM AGRONOMIA**

**ESTABELECIMENTO DE PADRÕES NUTRICIONAIS PARA O ATR DA CANA-DE-  
AÇÚCAR**

**LUÍS FERNANDO XAVIER GASQUI**

Presidente Prudente SP  
2018



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM AGRONOMIA**

**ESTABELECIMENTO DE PADRÕES NUTRICIONAIS PARA O ATR DA CANA-DE-  
AÇÚCAR**

**LUÍS FERNANDO XAVIER GASQUI**

Dissertação de Mestrado apresentado à  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-  
Graduação, Universidade do Oeste  
Paulista. Área de concentração: Produção  
Vegetal.

Orientador: Dr. José Eduardo Creste

631.811 Gasqui, Luís Fernando Xavier.  
G249e Estabelecimento de padrões nutricionais para o ATR da  
cana de açúcar / Luís Fernando Xavier Gasqui – Presidente  
Prudente, 2018.  
50 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do  
Oeste Paulista: Presidente Prudente – SP, 2018.

Bibliografia.

Orientador: José Eduardo Creste

1. DRIS. 2. ATR. 3. Nutrição de plantas. 4. Teor de  
nutrientes. I. Título.

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

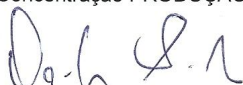
TÍTULO: "ESTABELECIMENTO DE PADRÕES NUTRICIONAIS PARA O ATR DA CANA DE AÇÚCAR"

AUTOR(A): LUÍS FERNANDO XAVIER GASQUI

ORIENTADOR(A): JOSÉ EDUARDO CRESTE

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA

Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:



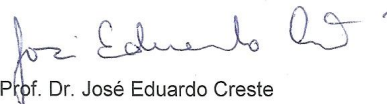
Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)



Dr. Diego Henrique dos Santos

CODASP – Companhia de Desenvolvimento Agrícola do Estado de São Paulo / Presidente Prudente(SP)



Prof. Dr. José Eduardo Creste

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

Data da realização: 28 de junho de 2018.

## **DEDICATÓRIA**

Ao Autor da Vida, Deus, que nos concede a oportunidade de conhecer as profundidades de suas criações através das observações da natureza. Também dedico à minha família, esposa, filhos, pais e irmãos que direta ou indiretamente me fortaleceram na busca dessa grande conquista em minha vida.

Ao meu orientador, Professor Dr. José Eduardo Creste, homem de caráter íntegro e incentivador, sem medir esforços para que eu pudesse chegar até aqui, faltam palavras para agradecê-lo.

Agradeço a vocês por tudo. Deus abençoe. Muito obrigado.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde, força e fé para superar todas as adversidades e por estar ao meu lado em todos os momentos de minha vida.

A minha família. Especialmente minha esposa que com tanta paciência suportou ao meu lado os desafios para conclusão desse curso.

A Unoeste, mais especificamente ao Programa de Pós Graduação – Mestrado em Agronomia, curso de uma qualidade indiscutível, agradeço cada Professor que passou pela minha trajetória rumo ao grande dia.

Agradeço especialmente aos professores que compuseram a Banca de Acompanhamento no transcorrer do curso, Professor Dr. Carlos Sérgio Tiritan, com o qual tive o privilégio de cursar duas disciplinas, e Professora Dra. Ceci Custódio Castilho, sempre com muito carinho me auxiliou nessa jornada.

Ao Dr. Diego Henriques Santos, componente da minha banca de dissertação. Agradeço pelas colaborações e pela prontidão demonstrada em me auxiliar.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Eduardo Creste pela dedicação e empenho para a elaboração deste trabalho.

A todos que de forma direta ou indireta fizeram parte desta caminhada, o meu muito obrigado.

*“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.”*  
*(Mahatma Gandhi)*

## RESUMO

### ESTABELECIMENTO DE PADRÕES NUTRICIONAIS PARA O ATR DA CANA-DE-AÇÚCAR

O presente trabalho têm por objetivo estabelecer normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar fundamentado nos Açúcares Totais Recuperáveis (ATR), através do estudo da relação existente entre nutrientes e a qualidade bem como interações entre eles que influenciam a produção de ATR na cultura da cana-de-açúcar, bem como algumas das variáveis capazes de afetá-los. Utilizou-se resultados das análises foliares para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn com as produtividades de 80 talhões pertencentes ao banco de dados referente a região de Maracá-SP, compreendendo uma área total de aproximadamente 1.020 ha. Estes talhões expressaram 4 diferentes materiais genéticos, RB 72454, RB 845210, SP 813250 e RB 935744. As amostras foliares foram coletadas nos meses de abril a junho do ano de 2012. Utilizou-se para a formação do banco de dados a divisão em 7 níveis produtivos de ATR  $\geq 150$ ,  $\geq 152.5$ ,  $\geq 155$ ,  $\geq 157.5$ ,  $\geq 160$ ,  $\geq 162.5$ ,  $\geq 165$  Kg.ton<sup>-1</sup>, para altas produtividades, com o estabelecimento de todas as relações binárias entre os nutrientes estudados, então calculou-se a média, o desvio padrão e a variância para cada concentração de nutriente, como também para as relações entre estes, em cada sub-população, sendo mantidas 55 relações, que apresentaram a maior razão na variância entre as sub-populações. Calculou-se o índice de cada nutriente e o IBN de cada população. Definiu-se assim a produtividade de 160 Kg.ton<sup>-1</sup> como índice a ser usado por ser o que apresentou melhor correlação entre o IBN e as produtividades analisadas. Verificou-se que dentre as amostras analisadas os elementos mais escassos foram Ca, S, B e Cu. Para os nutrientes P, K, Fe, Mn os teores não diferem dos padrões existentes, porém para os demais, observou-se no estudo, que ficaram abaixo dos padrões existentes.

Palavras-chave: DRIS. ATR. Nutrição de plantas. Teor de nutrientes.



## ABSTRACT

### ESTABLISHMENT OF NUTRITIONAL STANDARDS FOR SUGARCANE TRS

The present research aims to establish DRIS guidelines for sugarcane plantation based on Total Recoverable Sugars (ATR), through the study of the relation between nutrients and quality as well as their interactions that influence ATR production at sugarcane plantation, like some of the variable able to affect them. Were used foliar analysis results for the nutrients N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn with the productivity of 80 stands which belonged to Maracaí database, an area in the São Paulo State countryside, comprising a total area of approximately 1.020 hectares. These stands presented 4 different genetic materials, RB 72454, RB 845210, SP 813250 and RB 935744. The foliar samples were collected in the months of April to June 2012. It was used, for the formation of the database, the division in 7 ATR productive levels  $\geq 150$ ,  $\geq 152.5$ ,  $\geq 155$ ,  $\geq 157.5$ ,  $\geq 160$ ,  $\geq 162.5$ ,  $\geq 165 \text{ Kg.ton}^{-1}$ , for high productivity, with the establishment of all the binary relations among the nutrients studied, then it was averaged the rate, the standard deviation and the variation of each nutrient concentration, as well as the relation among them, in each sub-population, being kept 55 relations that presented the biggest ratio in the variation among the sub-population. It was calculated the index for each nutrient and each population IBN. So, it was defined the productivity of  $160 \text{ Kg.ton}^{-1}$  as an index to be used because it has been the one which has presented the best relationship between IBN and the analyzed productivities. It was verified that, among all the analyzed samples, the scarcest were Ca, S, B and Cu. Referring to the nutrients P, K, Fe, Mn, the levels haven't been different to the existing standards, however, with regard to the others, it was observed in this study, that they have been below existing standards.

Key-words: DRIS. ATR. Plant nutrition. Nutrient content.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Distribuição de cada variável dentro de cada nível produtivo, para a definição das normas do DRIS .....	31
TABELA 2 - Valores médios de macro e micronutrientes em folhas de cana em função da produtividade de ATR para a diferenciação das sub-populações de alta produção (A) e de baixa produção (B) ...	31
TABELA 3 - Valores encontrados entre a correlação negativa entre Produtividade e IBN .....	32
TABELA 4 - Descrição das variedades genéticas que compõem as amostras utilizadas no teste das normas desenvolvidas para o DRIS, segundo os diferentes critérios .....	33
TABELA 5 - Valores médios e as relações possíveis entre os nutrientes, variância, coeficiente de variação, relação de variância entre sub-populações A e B .....	35
TABELA 6 - Diagnóstico nutricional segundo as normas desenvolvidas para produtividades acima de 160 kg/tonelada .....	40
TABELA 7 - Teores de Nutrientes em deficiência e excesso de todas as amostras .....	43
TABELA 8 - Elementos nutricionais estudados, faixas de padrões existentes e normas DRIS estabelecidas .....	45

## LISTA DE SIGLAS

ATP	- Adenina Trifosfato
ATR	- Açúcar Total Recuperável
BRIX	- Porcentagem em massa de sólidos solúveis contidos em uma solução de sacarose quimicamente pura
ChM	- Chance Matemática
CND	- Diagnose de Composição Nutricional
CONAB	- Companhia Nacional de Abastecimento
DRIS	- Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação
IBN	- Índice de Balanço Nutricional
PEP <sub>c</sub>	- Fosfoenolpiruvato Carboxilase
PIB	- Produto Interno Bruto
POL	- Porcentagem em massa de sacarose aparente contida em uma solução açucarada de peso normal determinada pelo desvio provocado pela solução no plano de vibração da luz polarizada

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Fisiologia da Cana-de-açúcar.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Aspectos Nutricionais.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>POL, BRIX e ATR .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Métodos de Interpretação da Diagnose Foliar .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5</b>	<b>Fundamentos Teóricos do DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação).....</b>	<b>20</b>
<b>2.6</b>	<b>Banco de Dados e Novas Referências .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7</b>	<b>Cálculo dos Índices de Diagnose.....</b>	<b>22</b>
<b>2.8</b>	<b>Uso do DRIS na Adubação e Nutrição de Plantas .....</b>	<b>23</b>
<b>2.9</b>	<b>Uso do DRIS na Cultura da Cana-de-Açúcar.....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Material.....</b>	<b>26</b>
3.1.1	Localização .....	26
3.1.2	Material genético .....	26
3.1.3	Coleta dos dados.....	26
<b>3.2</b>	<b>Formação do Banco de Dados e Cálculos dos Índices de Diagnose .....</b>	<b>27</b>
3.2.1	Formação do banco de dados.....	27
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Descrição da Metodologia de Escolha do Nível Produtivo para a Definição das Normas.....</b>	<b>30</b>
4.1.1	Definição das normas foliares .....	31
4.1.1.1	Definição do nível produtivo para definir as normas DRIS .....	32
4.1.2	Aplicação das normas desenvolvidas.....	32
4.1.3	Apresentação das normas de acordo com os parâmetros nutricionais .....	35
4.1.4	Relação DRIS estabelecida e faixas de padrões existentes .....	44
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016), a estimativa da produção brasileira da safra 2016/2017 destinada à indústria sucroalcooleira é de 694,5 mil de toneladas, das quais 47% são para a fabricação de açúcar e 53% são para a produção de etanol.

Atualmente, a importância da adubação de plantas é bastante reconhecida no cenário mundial, como fator de produtividade e qualidade. Porém, por outro lado, também é fator de custo. Portanto, se fazem necessárias práticas capazes de diagnosticar a necessidade nutricional de plantas, para que realmente se apliquem os nutrientes necessários e em proporções adequadas. O DRIS é uma destas práticas que permitem este conhecimento, e embora recentemente adicionado no cenário agrícola, ele apresenta características muito favoráveis em relação a outros métodos de diagnose nutricional, buscando sempre o uso eficiente de adubos.

Estudos com diferentes culturas, utilizando-se o método DRIS, tem sido realizados, inclusive no Brasil, com boas perspectivas e excelentes resultados, os quais progridem em consonância com a evolução da informática, considerando ser um método que envolve múltiplas variáveis e cálculos.

Com base nesses argumentos este trabalho tem por finalidade estabelecer padrões de ATR na cultura da cana-de-açúcar. O desenvolvimento das normas DRIS para essa cultura contribuirá na otimização das adubações atualmente realizadas na cultura canavieira, não somente dos macronutrientes, como também dos micronutrientes.

O DRIS tem por conceito o balanço nutricional, e assim, permite-se nortear adubações equilibradas nas culturas agrícolas.

Uma das variáveis tecnológicas usadas para aferir a qualidade da cana é o ATR (açúcar total recuperável) que representa a qualidade da cana, ou seja, a capacidade de ser convertida em açúcar ou álcool.

O presente trabalho, por meio de análises de correlações entre os nutrientes obtidos a partir da diagnose foliar, concentra-se no estabelecimento de populações de altas produtividades de ATR.

No atual momento, apesar do crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil apresentar dados negativos, a demanda no setor energético é crescente e propostas como esta contribuem com aumentos de produtividade e eficiência no uso racional de fertilizantes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum*, é de origem asiática e foi introduzida pelos portugueses nas primeiras décadas após o descobrimento do Brasil. Historicamente também teve participação econômica importante no Nordeste do País, com cultivo supervisionado pelos holandeses e até hoje é considerada como uma das mais importantes atividades econômicas do país, sendo cultivada praticamente em todas as regiões. A cana consolida-se como uma grande cultura em decorrência dos seus principais produtos: açúcar, sob a forma de sacarose e etanol, biocombustível totalmente brasileiro.

A cultura da cana continua em expansão, sobretudo no interior de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Paraná. Na safra 2015/2016 colheram-se e destinaram-se à indústria sucroalcooleira 9.070 mil hectares, distribuídos da seguinte forma: SP 51,7%; GO 9,8%; MG 8,9%; MS 7,5%; PR 6,8%; AL 4,3%; PE 3,0%, esses são os estados mais representativos, ou seja, 92% da produção nacional (CONAB, 2016).

A planta desenvolve-se bem em climas tropicais com temperaturas anuais variando entre 19°C a 32°C e índices pluviométricos em torno de 1.500mm anuais bem distribuídos (MARQUES et al., 2008). Índia, Cuba e Brasil, apresentam características climáticas semelhantes e dessa forma são importantes nações para o desenvolvimento da cultura. Em nações, como as supracitadas, com condições técnicas favoráveis para o cultivo da cana-de-açúcar verifica-se a possibilidade de desenvolvimento sustentável com geração de combustível renovável tornando-se uma alternativa viável para diminuição da emissão de poluentes atmosféricos.

Apesar do acréscimo em área agricultável em relação à safra 2014/2015 ser de apenas 0,7% obteve-se produtividade maior, 2,5% além do ano anterior. O que está sendo exposto reflete uma ideia de que é viável e necessário manter a área agricultável atual com aumento de produtividade e estudos evidenciam que para as unidades industriais e produtores melhores resultados ao ponto de convencê-los a projetar maiores rendimentos (CONAB, 2016).

Atualmente utiliza-se, de modo geral, no Brasil a aplicação de maturadores que são análogos aos hormônios vegetais, com o objetivo de acelerar e aumentar o amadurecimento (acúmulo de sacarose) e inibir o florescimento para prolongar períodos de colheita e o aspecto crucial é a dependência de fatores

climáticos para sua eficácia, o que sugere novas ferramentas de manejo guardando as particularidades dos diferentes cultivares existentes (ROSATO et al., 2010).

É fato que precisamos desenvolver pesquisas visando melhores índices de produtividade e de %Brix nessa planta. Pelo fato de sua cultura ser semiperene, as técnicas de adubação são fundamentais e devem reger, junto à análise periódica de solos, a dinâmica da cultura, a fim de otimizar custos operacionais e evitar tanto o desperdício de nutrientes quanto o gasto desnecessário de recursos financeiros. A diagnose foliar segundo Beaufils (1973) aplicada em plantas já desenvolvidas pode tornar-se uma ferramenta eficaz no estabelecimento de normas nutricionais e estas podem promover respostas fisiológicas favoráveis.

## **2.1 Fisiologia da Cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar é uma gramínea monocotiledônea semiperene e recebe essa denominação porque apresenta dois ciclos: o primeiro é denominado cana-planta e o significado desse termo está pautado no fato de que ainda não ocorreu o primeiro corte, que será efetivado por volta de 12 a 18 meses após plantio, dependendo do cultivar. O segundo ciclo é chamado cana-soca e o período de corte é exatamente 12 meses após o primeiro, mesmo que a área cultivada apresente talhões de diferentes variedades genéticas.

Como a cada rebrota a produtividade e a qualidade caem naturalmente, são necessários estudos que viabilizem uma reintrodução no sistema produtivo: adubos, preparo do solo, calagem e gessagem para que as quedas não sejam tão abruptas, desproporcionais, pois há registros que ocorrem (CONAB, 2016), quedas na produtividade em cana-soca de seis anos de aproximadamente 30 Kg.ton<sup>-1</sup>

Os colmos são formados por “nós” e entrenós que exercem diferentes funções. Por exemplo, nos entrenós há acúmulo de sacarose, uma região de dreno da cana (SILVA-NETO et al., 2010). Na região dos nós encontramos vasos condutores de seivas e, portanto, presença de muitas fibras, característica peculiar dos vasos lenhosos, portanto a quantidade de sacarose nessa região é baixa (DINARDO-MIRANDA et al., 2008). Em experimentos Branco et al. (2010) verificaram maiores teores de POL no entrenó de 13,97% e quando comparado ao nó de 12,08%.



O metabolismo fotossintético da cana é do tipo C4, o que a torna altamente eficiente na conversão da energia luminosa em química. Nessas plantas, como a cana, evolutivamente houve o desenvolvimento de um sistema complementar à rota C3 (TAIZ, 2004). Anatomicamente nas folhas dessas plantas C4 há uma bainha vascular que é capaz de capturar CO<sub>2</sub> presente no mesófilo foliar através da enzima PEPc (fosfoenolpiruvato carboxilase) formando, assim, um composto de 4 carbonos que sofrerá posteriormente descarboxilação à 3 PGA e então será usado pela enzima RUBISCO. Na bainha, o ácido málico (4C) sofre descarboxilação, liberando CO<sub>2</sub> e propiciando um aumento significativo do gás na bainha em relação ao mesófilo. O resultado dessa elevação de concentração de gás carbônico na folha é a menor necessidade de abertura estomática; reduzindo drasticamente a transpiração vegetal, e como consequência, a fotorrespiração. Compreende-se por um aspecto fisiológico o porquê do sucesso da cultura de cana-de-açúcar em áreas com maiores estresses hídrico no solo. Isso também permite uma inferência em relação ao nutriente potássio, elemento responsável, dentre outras funções, pela regulação osmótica na célula guarda, exerça outras funções metabólicas em excelência.

## **2.2 Aspectos Nutricionais**

Parâmetros nutricionais precisam ser revisados para cana-de-açúcar porque algumas avaliações (REIS JUNIOR; MONNERAT, 2003) mostraram que 97% das amostras eram deficitárias em nitrogênio, enxofre, cálcio, potássio e fósforo, sendo que esses dois últimos são os mais limitantes na produção. Segundo Vale et. al. 2009, há uma carência de estudos envolvendo parâmetros nutricionais na cultura da cana-de-açúcar.

O fósforo é absorvido em quantidades menores que o nitrogênio e o potássio, mas isso não o coloca em uma posição de inferioridade metabólica frente aos dois; pelo contrário; biologicamente as funções exercidas por esse elemento são preponderantes para a cultura da cana, ele é elemento constituinte do ATP (adenosina tri-fosfato, molécula energética), participa da divisão celular e, conseqüentemente na fotossíntese, e, talvez, a mais nobre de suas funções, a glucose-1-fosfato unindo-se à frutose, açúcar constituído por 6 carbonos, resultante do processo de transformação de energia luminosa em química. Este açúcar junto a

glicose formam o açúcar mais importante para a cana, a sacarose (glicose + frutose) matéria prima para a produção de açúcar e etanol (ALEXANDER, 1973).

O estabelecimento da norma DRIS para o fósforo, assim como para outros nutrientes, independente de aspectos genéticos ou climatológicos pode trazer informações para a adubação mais adequada e não simplesmente para adoção de padrões universais indicados para diversos tipos de culturas.

Análises de tecidos vegetais são usadas há muito tempo na determinação de um padrão de referência para que a planta seja responsiva a ponto de se desenvolver dentro de um ambiente. Na cultura da cana, essas análises vêm sendo realizadas há cerca de 80 anos e caracterizam-se como uma ferramenta para maximizar a produção de açúcar.

Outro nutriente que exerce uma função bastante importante no armazenamento de energia é o Boro. Como existem indícios de regulação no armazenamento de açúcares, ele pode ser observado na metodologia DRIS e revelar maiores informações ao acúmulo de carboidratos em órgãos de reserva ao facilitar os mecanismos de transporte por membranas (SHELP, 1993).

O nitrogênio, encontrado sob a forma gasosa na atmosfera é fixado por um processo biológico através de associação com microrganismos especialmente em raízes de leguminosas. O nitrato é preferencialmente absorvível pelos sistemas radiculares e no caso da cana-de-açúcar não é diferente. O nitrogênio é constituinte de ácidos nucleicos e podemos afirmar que sua escassez inibe o desenvolvimento em aspectos qualitativos porque enzimas responsáveis por transportes de açúcares pelas membranas não serão sintetizadas (TAIZ, 2004).

Áreas de baixa fertilidade podem prejudicar a qualidade tecnológica e a produtividade da cana-de-açúcar. Em situações de deficiência de zinco, por exemplo, haverá redução do perfilhamento, colmos delgados e espaçamentos mais curtos dos entrenós (MALAVOLTA; MALAVOLTA, 1989). Segundo Franco et al. (2008) pouca atenção tem sido dada a cultura da cana-de-açúcar quanto a administração de micronutrientes. O zinco é importante como um cofator na produção de auxina, sintetase do triptofano e no metabolismo da triptamina. Também está presente em enzimas que metabolizam o álcool, CO<sub>2</sub>, ácido glutâmico entre outros (TAIZ, 2004).

Franco et al. (2008), demonstraram que um acréscimo desse mineral na cultura da cana-de-açúcar promoveu aumento considerável na quantidade de

açúcar total recuperável (ATR), algo fundamental para o produtor, pois a forma atual de pagamento da cana é denominado sistema de remuneração da tonelada de cana pela qualidade (CONSECANA, 2006).

Considerando-se a expansão da cana no Brasil com uso da mecanização e desenvolvimento de novas variedades a produção média ainda é baixa, 73,6 Kg.ton<sup>-1</sup>. Dentre várias explicações para isso, encontramos a adubação como sendo um fator crítico no sistema de produção de cana-de-açúcar.

Como a produção de biomassa é muito elevada, a retirada de nutrientes do solo é bastante considerável (BOKHTIAN; SAKURAI, 2005). A diagnose foliar é uma técnica indireta de se avaliar a fertilidade do solo (HARGER; FIORETTO; RALISCH, 2003). A correta interpretação dos resultados das análises foliares faz com que use-se a adubação como prática inteligente, evitando desperdícios de fertilizantes.

Segundo Orlando Filho et al. (2001) a cultura da cana pode apresentar a chamada “fome oculta” em que não há manifestações visuais de deficiências nutricionais, contudo a percepção fica evidente na queda de produtividade e qualidade da cultura. Os micronutrientes são menos frequentes nas adubações de grandes culturas e podem ser importantes no aumento de atributos como Brix, Pol da cana e ATR, segundo Franco et al. (2008).

### **2.3 POL, BRIX e ATR**

O POL, BRIX e ATR são caracterizados como parâmetros tecnológicos na cultura da cana-de-açúcar e são essenciais em uma unidade industrial no momento do seu processamento, determinando a qualidade da cana. A obtenção de cada fator é distinta, assim como sua influência na planta. O %POL é obtido através da multiplicação da produtividade de colmos pelo percentual de POL da cana, representado pela massa de sacarose presente em uma solução. O BRIX representa a porcentagem de sólidos solúveis presentes em uma solução de sacarose e pode ser medido no próprio campo com o auxílio de um Refratômetro Manual. O valor obtido indica o grau de maturação. O ATR, representa a quantidade de açúcares, monossacarídeos, glicose e frutose que não foram convertidos em sacarose, é determinante do preço que será pago ao produtor. Ele pode ser

considerado uma *commodity*, em decorrência da grande produção (UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIONERGIA - UDOP, 2016).

Após o processo fotossintético ocorrer nas folhas, lembrando que por ser uma C4 a fotossíntese é maximizada em ocasião do aprisionamento do CO<sub>2</sub> na bainha do feixe, os açúcares são transportados pelo floema, sobretudo sob a forma de sacarose. O colmo institui-se como um forte dreno e o acúmulo de açúcares solúveis se dá no parênquima do caule, descarregamento do floema, por via simplástica, ou seja, o transporte ocorre via plasmodesmos, em decorrência de uma barreira apoplástica na parede celular (TAIZ, 2004).

## **2.4 Métodos de Interpretação da Diagnose Foliar**

Há vários métodos de interpretação da diagnose foliar, dentre os quais: nível crítico, chance matemática (ChM), diagnose de composição nutricional (CND) e o Dris.

O método do nível crítico não leva em consideração a relação entre nutrientes e na prática, em uma dada lavoura, para que haja similaridade de resultados com o método as condições de plantio devem ser idênticas às dos experimentos de calibração.

Kurihara (2004) afirma que há carência de maior rede de experimentos, pois os valores sugeridos nutricionalmente aos produtores de cana de açúcar pelos métodos tradicionais são válidos para pequenas amplitudes e não poderia ser usado como universal.

Outro método existente para análise dos dados obtidos através da diagnose foliar é a Chance Matemática (ChM) cuja característica é calcular probabilidades e interpretar um grande volume de dados, com a finalidade de estabelecer padrões para grandes produtividades. Podem-se obter, por esse método, faixas denominadas como ótima, infraótima e supraótima (WADT, 2009).

Segundo Korndorfer e Alcarde (1992) o uso da análise de folhas para fins de diagnóstico nutricional ainda não é muito bem aceito no setor sucroalcooleiro e segundo os autores este fato deve-se à algumas limitações:

1. A concentração de nutrientes varia bastante em função da época de amostragem;

2. A coleta de folhas deve ser feita antes de pelo menos 3 semanas do intenso crescimento;
3. No caso do nitrogênio, os níveis adequados pelo método de suficiência são diferentes e de acordo com a época, idade e região;
4. Os níveis de suficiência podem variar de acordo com a cultivar;
5. Existe muita dificuldade em estabelecer o balanço adequado entre os nutrientes na planta e,
6. Os resultados da diagnose foliar raramente conseguem corrigir os problemas que porventura ocorram durante a mesma safra.

A Diagnose de Composição Nutricional (CND) estabelece relação entre nutrientes e estipula quais são limitantes ou estão em excesso. A diferença para com o DRIS é que esse método consiste em uma análise estatística mais encorpada, com aplicações matemáticas mais profundas (PARENT et al., 1994).

O DRIS é uma metodologia extremamente viável porque seu desenvolvimento se dá pela coleta de folhas e análise química que apresenta um baixo custo operacional e exige tecnologia simples para seu desenvolvimento e normatização. São estabelecidas correlações entre os nutrientes para a produtividade de uma cultura em questão. Posteriormente, os resultados são submetidos a interpretações e, por fim, orientar os produtores sobre forma de administração dos insumos com objetivo principal de maximizar resultados a partir da aplicação racional de recursos (BEAUFILS, 1973).

A metodologia DRIS tem sido implantada para várias culturas devido às características da interpretação serem simples e ocorrerem em qualquer fase do desenvolvimento da planta. Exemplos como tomate, feijão, café, algodão, cana, são as principais delas. Na cultura do café, de acordo com Fanerzi (2010), o DRIS têm sido utilizado visando estabelecer especificamente aspectos qualitativos.

## **2.5 Fundamentos Teóricos do DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação)**

A partir de 1956, em estudos na seringueira, Beaufiles (1957) desenvolveu a Diagnose Fisiológica e tinha como o objetivo estudar a influência de fatores externos sobre essa cultura. Posteriormente desenvolveu-se o DRIS.

Beaufils (1973) descreveu que alterações no solo e no clima poderiam comprometer o comportamento da planta levando-a a uma produtividade aquém de suas potencialidades. Ao todo, 52 fatores atuam no crescimento e na produção das plantas (TISDALE, 1985), e o equilíbrio dinâmico entre todos eles é refletido na produção.

A análise de parâmetros internos, como nutrientes, pode expressar reflexos dos parâmetros externos. Segundo Beaufils (1973) utilizando-se a diagnose foliar os nutrientes podem ser quantificados, a fim de se constituírem informações confiáveis, visando a referência superior aos métodos existentes e descritos na literatura ou quiçá uma padronização.

Para o desenvolvimento do método DRIS é necessário definir-se uma população de referência, baseado na produtividade e teores foliares da cultura desejável. Pela análise nutricional pode-se promover arranjos entre os 11 nutrientes de acordo com a exigência nutricional das mesmas seguindo a equação matemática  $n(n-1)$  obtendo dessa forma 110 relações possíveis, porém, estes serão utilizados na totalidade uma vez que a metade é recíproca. Por exemplo, Ca/S e S/Ca, deve-se escolher, desta relação, a que mostra maior resultado entre a divisão da variância da sub-população de baixa produtividade pela de alta produtividade, pois ficará notória a divergência entre plantas desequilibradas e plantas produtivas. Estas tendem a mostrar pequenas variâncias em decorrência das suas composições químicas serem mais estáveis (BEAUFILS, 1973).

Ainda segundo o mesmo autor citado, variações em um elemento, positivas ou negativas, promovem efeitos de iguais magnitudes ou contrárias em um ou mais nutrientes.

## **2.6 Banco de Dados e Novas Referências**

Letzsch e Sumner (1983) afirmam que o banco de dados precisa ser grande para ser mais representativo, o que permite estabelecer normas à cultura. Esse banco de dados precisa ser suficientemente grande, aleatoriamente distribuído e apresentar ao menos 10% das observações da sub-população de alta produtividade.

As populações de alta e baixa produtividade, A e B, respectivamente, devem ser calculadas para cada forma de expressão nutricional, por exemplo, Ca/S;

S/Ca, ainda deverão ser calculadas a média, o desvio padrão e a variância. A variância baixa/alta produtividades deve ser calculada para todas as formas de expressão. As normas serão utilizadas a partir da relação com base na maior relação de variância entre eles.

## 2.7 Cálculo dos Índices de Diagnose

Esse índice reflete a interação entre nutrientes e é estabelecido com base numa relação de causa entre nutrientes e produção (BEAUFILS, 1973).

De acordo com Walworth e Summer (1987), o DRIS gera um meio matemático de ordenar relações entre nutrientes facilmente interpretáveis. As fórmulas são as seguintes:

$$IndiceA = \left( \frac{f(A/B) + f(A/C) + f(A/D) + \dots + f(A/N)}{z} \right)$$

$$IndiceB = \left( \frac{-f(A/B) + f(B/C) + f(B/D) + \dots + f(B/N)}{z} \right)$$

onde tem-se que:

$$f(A/B) = \left( \frac{A/B}{a/b} - 1 \right) \cdot \frac{100K}{CV}, \text{ quando } A/B \geq a/b \text{ e}$$

$$f(A/B) = \left( 1 - \frac{a/b}{A/B} \right) \cdot \frac{100K}{CV}, \text{ quando } A/B < a/b$$

Onde:

- . **A/B** é o valor da relação entre dois nutrientes, no tecido da planta que será diagnosticada;

- . **a/b** é o valor ótimo ou a norma de referência para aquela relação;

- . **Z** é o número de funções existentes no cálculo do índice;

- . **K** é uma constante de sensibilidade, de valor arbitrário (1, 10, 20, 30, etc...) que tem a finalidade de dar índices com magnitudes convenientes.

- . **f(A/B)** é considerada como uma 'função intermediária', utilizada para o cálculo dos índices. Cada função é uma comparação da relação encontrada numa amostra individual com o padrão ou uma norma para aquela relação.

- . **CV** é coeficiente de variação associado com a norma de referência, calculado através da fórmula:

$$CV = 100 \cdot \frac{s}{m}$$

, onde: s = desvio padrão da relação nutricional,  
m = média da relação nutricional.

Jones (1981) descreveu os alicerces do DRIS:

- a) Parâmetros de inter-relações entre nutrientes são melhores que parâmetros nutricionais isolados;
- b) Algumas relações são mais importantes que outras;
- c) Produção máxima: valores das relações mais importantes aproximam-se da média das relações dos nutrientes mais importantes numa população de alta produtividade;
- d) Variância em uma população de alta produtividade é menor do que na de baixa produtividade. Variâncias de baixas produtividades e altas produtividades podem ser usadas para selecionar relações importantes;
- e) Índice de diagnose para cada nutriente. Desvio médio de cada relação importante de seu valor ótimo. Entenda-se valor ótimo = zero.

## 2.8 Uso do DRIS na Adubação e Nutrição de Plantas

Sumner (1977) utilizou dados de literatura a respeito de N, P e K na cultura do milho e desenvolveu o DRIS para ela. Os resultados obtidos foram superiores aos métodos tradicionais, pois ele pode ser usado independentemente da idade da planta e das condições de solo e clima. Essa superioridade do DRIS fica nítida porque permite classificar quantitativamente e qualitativamente as exigências nutricionais. Ainda de acordo com o mesmo autor;

- a) O DRIS pode ser obtido independentemente da variedade, posição e idade da folha;
- b) O DRIS classifica os elementos em termos de exigência;
- c) O DRIS apresenta baixo custo.

Sumner (1977) fez análises comparativas de várias culturas e concluiu que o DRIS foi superior ao Nível Crítico, pois este é inflexível em relação à idade da planta. O DRIS é um método holístico e evidencia a ordenação da limitação e



intensidade que as plantas exigem de um nutriente e isso permite uma aplicação universal desde que as amostras tenham sido feitas ao acaso e em grande número de plantas.

Letzsch e Sumner (1983) disseram que qualquer método, inclusive o DRIS, precisam ser “calibrados” para condições geográficas específicas.

Schutz e Villiers (1987) relataram quatro procedimentos básicos para a execução do DRIS:

- 1) Formação do banco de dados;
- 2) Estabelecimento de normas;
- 3) Cálculo de índices;
- 4) Avaliação das normas.

O DRIS pode ser aplicado para um número pequeno de dados, porém de forma provisória quando um banco de dados grande não for disponível, nesse caso as normas seriam menos precisas, mas ainda assim confiáveis, até que seja possível a expansão dele.

Conforme Rodrigues e Besga (1989), o DRIS é um método apoiado em dois conceitos:

- 1) Balanço nutricional;
- 2) Relação entre produção e composição mineral da planta.

## **2.9 Uso do DRIS na Cultura da Cana-de-Açúcar**

A utilização do Sistema Integrado de Recomendação e Diagnose (DRIS) nos permite detectar disfunções nutricionais seja pelo excesso ou escassez de determinados nutrientes e orienta-nos à correção dos referidos nutrientes apontados pela técnica. Píperas et al. (2009) estabeleceu normas DRIS com o objetivo de avaliar o estado nutricional da cultura da cana no município de Paraguaçu Paulista – SP subdividindo o banco de dados em seis níveis de produção. Após a implementação do modelo o IBN apontou quais eram, dentre os níveis de produção em seu banco de dados, as maiores correlações e verificou que os elementos Boro, Manganês, Cobre e Enxofre apresentaram maiores déficits.

Reis Júnior e Monnerat (2003) também implementaram a norma DRIS no Rio de Janeiro, 1997, usando da diagnose foliar em uma safra, 96/97 e os experimentos foram executados na safra posterior mediante os valores obtidos do

DRIS no ano agrícola anterior e o resultado obtido foi maximizado. As correções foram efetuadas com os seguintes nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e zinco.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Material**

##### **3.1.1 Localização**

Os dados para o estabelecimento da norma DRIS foram obtidos a partir de análises foliares da cana-de-açúcar, junto às diferentes áreas de produção localizada no Município de Maracaí, Estado de São Paulo.

O município de Maracaí está localizado a 70 km a sudeste de Presidente Prudente, cujas coordenadas geográficas são: 22°58' de latitude Sul e 48°36' de longitude Oeste, e apresenta uma altitude média de 435 metros.

O clima do município classifica-se, segundo o Sistema Internacional de Koëppen, como Cfb (subtropical com verão ameno), transição para Cfw (clima tropical de altitude, com inverno moderadamente seco). As chuvas se encontram relativamente bem distribuídas durante o ano, sendo que nos meses de novembro a março ocorrem as maiores precipitações e nos meses de julho a agosto ocorrem as menores precipitações.

O solo predominante desta região é do tipo Latossolo Vermelho-Escuro distrófico a moderado, textura média, fase relevo suave ondulado. (Embrapa, 2006)

##### **3.1.2 Material genético**

Os talhões ou glebas que serviram de base para este estudo refletem uma área de aproximadamente 1.020 hectares e foi formada por diferentes variedades cultivadas em diferentes ambientes e tipos de solos, com predominância nos Latossolos. Entre as variedades tem-se: RB 72454, RB 845210, RB 935744 e SP 81-3250.

##### **3.1.3 Coleta dos dados**

As coletas das amostras de folhas foram realizadas no período de outubro a novembro, onde foram selecionadas folhas fenologicamente relatadas

com +3. Ao todo foram catalogados 120 talhões, dentre as quais foi realizado um filtro com que se definiram 80 amostras.

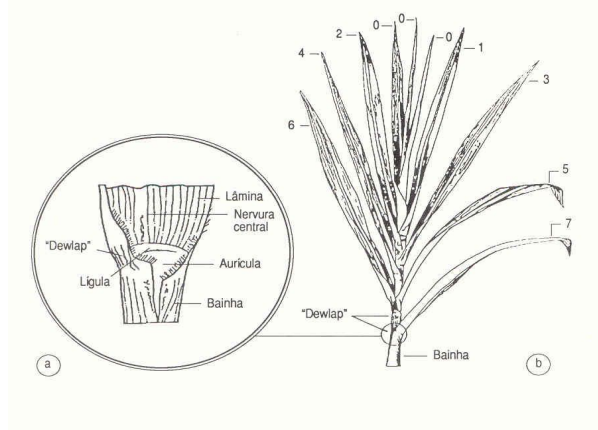
As amostras foliares foram submetidas à temperatura de 65°C em estufa por um período de 72 horas. As análises químicas foram realizadas no laboratório de Tecido Vegetal da Universidade do Oeste Paulista – Presidente Prudente – SP. A metodologia de análise deste material segue a descrita em Bataglia et al. (1983).

### 3.2 Formação do Banco de Dados e Cálculos dos Índices de Diagnose

#### 3.2.1 Formação do banco de dados

Escolheu-se em condições de campo 80 talhões que continham um vasto espectro de variabilidade (produtividade, material genético, tipos de solo, idade de corte), dos quais foram coletadas folhas fisiologicamente madura (folha + 3) para padronização das normas (conforme Figura 1). Estes talhões foram da cidade de Maracaí – SP. Após a coleta e análise química das folhas as informações obtidas compuseram parte de um Banco de Dados que contém dados particulares de cada amostra (talhão). Estes originaram todos os cálculos descritos e destes, foram determinadas as normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar, na região oeste do Estado de São Paulo, as quais poderão ser extrapoladas para outras regiões de produção.

FIGURA 1 - Ilustração da folha + 3, a ser coletada no processo de amostragem



Fonte: Anderson e Bowen (1992)

Beaufils (1973) afirma que alguns requisitos, para o desenvolvimento do DRIS, precisam ser preenchidos, se possível:

- a) Considerar os fatores que influenciam a produção;
- b) Estudar e considerar a relação entre os fatores;
- c) Calibração das normas ou referências.

De posse dos resultados das análises de nutrientes foliares da cultura da cana-de-açúcar foi estabelecido o banco de dados. O mesmo foi dividido em duas sub-populações, aqui denominadas como: A = alta produtividade e B = baixa produtividade, em função da produtividade (ATR) verificada nos talhões. Posteriormente foram realizadas as seguintes relações, de acordo com Gomes (1981):

- a) Média das sub-populações A e B;
- b) Desvio padrão das sub-populações A e B;
- c) Variância das sub-populações A e B.

As relações de variâncias entre as sub-populações foram comparadas para todos os modelos de expressão e aquelas que mostrarem maior relação de variância entre as sub-populações de baixa produção sobre a de alta produção, serão conservadas. Foram obtidas 110 relações nutricionais, através do procedimento de cálculo descrito em Walworth e Sumner (1987), porém apenas 55 destas foram retidas, pois houve reciprocidade entre nutrientes.

O cálculo dos índices para cada nutriente foi realizado através da fórmula geral, proposta por Walworth e Sumner (1987).

Após o cálculo dos índices para cada nutriente, pode-se verificar qual ou quais destes elementos são limitantes à plena produção e desenvolvimento da cultura. Segundo Walworth e Sumner (1987), a soma de todos os valores dos índices calculados deverá ser zero. Quanto mais negativo for o valor de um índice, maior será a deficiência deste nutriente, relativamente a outros nutrientes. Alternativamente, um índice com valor elevado e positivo indica que o correspondente nutriente está presente em quantidades relativamente excessivas. Teoricamente, numa amostra de planta com um balanço nutricional adequado, todos os índices seriam iguais à zero. No entanto, Beaufils (1973) adverte ao fato de que baixas produções frequentemente podem ser obtidas quando um índice qualquer estiver próximo de zero, porque algum outro fator pode estar limitando a produção.

As somas dos valores absolutos de todos os índices de diagnose encontrados são inversamente relacionadas com a produção sendo denominadas como Índice de Balanço Nutricional (IBN), segundo a definição de Beaufils (1973). Quanto maior for o valor do IBN, maior a intensidade de desequilíbrios entre os nutrientes.

O conceito básico do IBN será utilizado com o propósito de se definir o nível produtivo que separará as duas sub-populações, para a escolha das normas foliares do DRIS. O valor do IBN para cada amostra será calculado através da seguinte fórmula:

$$IBN = |IN| + |IP| + |IK| + |ICa| + |IMg| + |IS| + |IB| + |ICu| + |IFe| + |IMn| + |IZn| + |IMs|$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Descrição da Metodologia de Escolha do Nível Produtivo para a Definição das Normas

A definição dos valores de referência constitui-se, dentre várias etapas, um dos principais fatores para o cálculo da norma DRIS. Quando os parâmetros não são claros no estabelecimento desses padrões utilizam-se valores obtidos de boas produções em lavouras comerciais (WALWORTH; SUMNER, 1987).

Neste estudo observaram-se produções de ATR entre  $150 \text{ Kg.ton}^{-1}$  a  $165 \text{ Kg.ton}^{-1}$ , com variações de  $2,5 \text{ Kg.ton}^{-1}$  entre elas. Definiu-se valores de referência para cana a partir de boas produções para estabelecimento das normas do DRIS utilizando-se os seguintes parâmetros: os dados extraídos foram separados de acordo com sete grupos diferentes de produtividades e para cada grupo considerou-se dois níveis produtivos diferentes, o de alta produção, denominado sub-população A, e o de baixa produção, denominado de sub-população B. De acordo com este raciocínio foram estabelecidos os sete níveis de produtividade, sendo:  $\geq 150$ ,  $\geq 152.5$ ,  $\geq 155$ ,  $\geq 157.5$ ,  $\geq 160$ ,  $\geq 162.5$ ,  $\geq 165 \text{ Kg.ton}^{-1}$ , para altas produtividades e baixas produtividades de ATR de acordo com a tabela 2.

Os sete níveis de produtividade encontram-se na Tabela 1 com os respectivos números de observação para cada nível, as porcentagens que representam em relação ao número total de 80 amostras, bem como, a porcentagem de cada variedade genética.

TABELA 1 - Distribuição de cada variável dentro de cada nível produtivo, para a definição das normas do DRIS

Produtividade Kg.ton <sup>-1</sup>	Número de Observações	% de Ocorrência	RB72454 (% ocorr)	RB845210 (% ocorr)	RB935744 (% ocorr)	SP81-3250 (% ocorr)
≥165,0	5	6,25	100	0	0	0
≥162,5	8	10,00	100	0	0	0
≥160,0	18	22,50	88,88	0	0	11,11
≥157,5	33	41,25	81,88	3,33	0	15,15
≥155,0	48	60,00	70,88	10,41	0	18,75
≥152,5	60	75,00	61,66	15,00	0	23,33
≥150,0	73	91,25	53,42	23,28	0	23,28

Fonte: O Autor

#### 4.1.1 Definição das normas foliares

TABELA 2 - Valores médios de macro e micronutrientes em folhas de cana em função da produtividade de ATR para a diferenciação das subpopulações de alta produção (A) e de baixa produção (B)

Ponto de corte		Macronutrientes						Micronutrientes				
Prod.	sub-pop.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		g.kg-1						mg.kg-1				
165,0	A	12,7	1,8	12,0	2,8	1,3	1,4	6,8	2,6	100,6	44,2	15,0
	B	13,9	1,9	14,9	2,5	1,5	1,0	7,1	4,3	120,4	62,2	17,5
162,5	A	13,1	1,9	12,4	2,8	1,4	1,4	6,7	2,9	101,5	45,2	15,4
	B	13,9	1,9	14,9	2,5	1,5	1,0	7,1	4,3	120,8	62,6	17,5
160,0	A	13,7	1,8	12,3	2,7	1,5	1,1	6,7	4,1	110,9	50,6	15,9
	B	13,9	1,9	15,3	2,5	1,5	1,0	7,1	4,2	121,2	63,9	17,7
157,5	A	13,8	1,8	12,4	2,5	1,4	0,9	6,8	4,3	111,1	54,0	15,9
	B	13,9	2,0	15,7	2,5	1,5	1,0	7,2	4,2	123,4	65,0	17,9
155,0	A	13,8	1,9	13,1	2,5	1,4	1,0	7,0	4,2	114,0	60,7	16,5
	B	14,0	2,0	17,0	2,6	1,5	1,1	7,1	4,0	126,1	61,2	18,6
152,5	A	13,9	1,9	13,7	2,5	1,4	1,0	7,1	4,1	118,9	59,9	16,8
	B	13,8	2,1	17,4	2,6	1,7	1,2	6,9	4,3	118,5	63,8	18,9
150,0	A	13,8	1,9	14,4	2,5	1,4	1,0	7,0	4,0	118,9	59,3	16,9
	B	14,3	2,1	16,3	3,0	2,0	1,3	7,4	4,8	119,8	76,4	20,8

Fonte: O Autor



De acordo com os dados da Tabela 2, observa-se que para níveis produtivos  $\geq 150$ ,  $\geq 152.5$ ,  $\geq 155$ ,  $\geq 157.5$ ,  $\geq 160$ ,  $\geq 162.5$ ,  $\geq 165$  Kg.ton<sup>-1</sup> a alternância entre os teores dos nutrientes apresenta valores maiores em algumas análises na população de maior produção (A) e em outras na de menor produção (B), dependendo do nutriente.

#### 4.1.1.1 Definição do nível produtivo para definir as normas DRIS

TABELA 3 – Valores encontrados entre a correlação negativa entre Produtividade e IBN.

ATR	Índice de correlação
$\geq 165,0$	- 0,2846
$\geq 162,5$	- 0,2834
$\geq 160,0$	- 0,3546
$\geq 157,5$	- 0,3233
$\geq 155,0$	- 0,3051
$\geq 152,5$	- 0,2589
$\geq 150,0$	- 0,2072

Fonte: O Autor

De acordo com a tabela 3 escolheu-se o nível produtivo de 160 Kg.ton<sup>-1</sup>, pois o mesmo, segundo Creste (1992), apresentou o maior índice de correlação negativa entre produtividade e IBN.

#### 4.1.2 Aplicação das normas desenvolvidas

Calculados os valores foliares médios, para todos os nutrientes em estudo, em função dos diferentes níveis produtivos, realizou-se o diagnóstico dos dados gerais existentes utilizando-se o método DRIS preliminar, com o objetivo de se verificar a concordância dos resultados obtidos pelas diferentes metodologias de definição do nível de corte. Estes cálculos envolveram os valores médios para a subpopulação de alta produtividade (A). Neste teste, considerou os resultados de diagnose foliar existentes no banco de dados de todas as amostras realizadas (Tabela 4), com a finalidade de igualar o potencial produtivo dos diferentes talhões e

comparar-se os resultados. Para essa finalidade, utilizou-se a fórmula de cálculo das funções intermediárias proposta em Jones (1981).

TABELA 4 - Resultados da análise química de folhas para plantas, utilizadas para o teste das normas desenvolvidas, segundo os diferentes critérios

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	ATR	Variedade
	----	----	----	g.kg <sup>-1</sup>	----	----	----	----	mg.kg <sup>-1</sup>	----	----	Kg.ton <sup>-1</sup>	genética
1	13,2	1,8	12,1	2,5	1,1	1,4	5,5	1,8	95,9	48,2	14,5	169,5	RB-72454
2	13,2	2	12	2,9	1,8	1,4	8,5	3,1	112,9	50,8	15,6	168,1	RB-72454
3	11,2	1,5	10,2	2,4	1,4	1,2	6,8	2,6	100,3	29,7	11,3	167,5	RB-72454
4	13,4	1,9	13,2	3,2	1,2	1,5	7,8	3,1	94,2	51,3	16,9	167,5	RB-72454
5	12,6	1,9	12,5	2,8	1,2	1,4	5,5	2,4	99,5	40,8	16,6	165,3	RB-72454
6	14	1,9	11,2	3,2	1,9	1,9	6,8	3	102,7	66,9	18,7	164,8	RB-72454
7	13,7	2,1	14,3	2,5	1,3	0,7	5,8	4,5	109,7	38,6	15	164,2	RB-72454
8	13,2	1,8	14	2,7	1,1	1,4	6,8	2,8	97	35,3	14,7	163,9	RB-72454
9	11,2	1,9	9,7	3	1,7	1	7,5	5,1	102,2	77,5	21,1	161,6	RB-72454
10	14,3	2,1	11,6	3,1	2	1,1	7,5	4,8	112,4	75,3	17,9	161,6	RB-72454
11	16,5	1,7	14	2,7	1,5	0,8	6,2	5,7	115,2	29,9	15,6	161,6	RB-72454
12	15,1	1,7	13,3	2,9	1,6	0,6	6,2	5,4	107,7	29,9	13,7	161,6	RB-72454
13	14,8	1,6	9,4	2	1,8	0,5	6,5	5,2	103,4	25,6	13,9	161,6	RB-72454
14	16,8	1,8	12,7	2,1	1,5	0,8	5,1	6,4	100,1	81,9	17,1	161,6	RB-72454
15	14,6	1,8	16,3	2,4	0,8	1,1	6,4	4	163,4	23,1	16,8	161,5	SP-813250
16	12,3	1,9	10,3	2,6	1,3	0,6	6,8	4,3	103,6	71,6	16,1	160,4	RB-72454
17	11,6	1,5	8	3,4	2,2	0,9	6,1	4,7	107,5	94,5	17,3	160,4	RB-72454
18	14,6	1,5	16,3	1,5	0,7	0,9	9	4,9	168,2	39,5	14,3	160,1	SP-813250
19	14,3	1,7	13,3	1,8	1,5	1,2	7,5	3,8	101,9	39,7	16,7	159,9	RB-72454
20	11,8	1,6	10,4	1,8	1	0,5	6,8	4,2	82,7	52	14,1	159,9	RB-72454
21	14,3	1,9	10,5	2,3	1,8	0,5	6,2	4,5	92	92,9	18,2	159,9	RB-72454
22	14,3	2,1	12,4	2,1	1,9	0,5	7,2	5,6	97,1	30,5	11	159,9	RB-72454
23	12,3	1,6	9,8	2,7	1,4	1,3	5,8	2,6	104,3	40,8	14,8	159,6	RB-72454
24	13,2	1,6	8,2	3,3	1,6	0,6	6,8	5,3	103,4	66,4	19,2	159,4	RB-72454
25	15,7	1,9	19,6	1,9	0,9	0,7	9	5,7	194,2	54,3	17,6	158,8	SP-813250
26	11,8	1,6	17,8	1,7	0,7	0,7	4,9	3	118,6	17,7	14,6	158,2	SP-813250
27	14,3	1,8	11,8	1,9	1,1	0,6	6,5	5,6	110,2	38	11,6	158	RB-72454
28	13,2	1,9	15,6	2,6	1,4	0,5	5,8	5,1	100,9	66,2	17,8	158	RB-72454
29	15,4	1,8	10,8	2,6	1,5	1,2	6,2	5,6	94,7	80,9	14,2	158	RB-72454
30	14	1,5	15,9	1,5	0,7	0,6	7,6	4,4	147,5	32,5	14	157,7	SP-813250
31	14,3	1,9	11,6	3,5	2,2	0,8	9,7	5	128,6	97,1	19,7	157,7	RB-845210
32	15,1	1,6	10,3	3	1,7	0,9	5,8	4,6	103,7	85,5	20,3	157,6	RB-72454
33	15,1	2,3	10,6	2,5	1,7	0,5	6,2	4,2	89,6	77,9	14,3	157,6	RB-72454
34	12,9	1,6	15,4	2,4	0,8	1,1	8,6	3,5	210	36,4	14,8	157,2	SP-813250
35	12,6	1	9,1	1,2	0,5	0,2	7,1	1,5	108,6	21,8	8	157,2	SP-813250
36	13,7	1,7	16,8	1,9	0,7	0,8	6,4	5,3	158,3	14,4	13,8	157,2	SP-813250
37	12,6	2	16,6	1,7	1,6	0,7	6,5	4,6	107	84,6	19,9	156,8	RB-72454
38	13,7	1,9	12,7	3,9	2	2,5	6,4	3,4	101	221,1	21,3	156,2	RB-845210

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	ATR	Variedade
	----	----	----	g.kg <sup>-1</sup>	----	----	----	----	mg.kg <sup>-1</sup>	----	----	Kg.ton <sup>-1</sup>	genética
39	14	2	13	3	1,8	0,9	5,7	3,2	116	99,6	17,7	156,2	RB-845210
40	15,7	3,3	11	2,8	3	2	13,3	3,8	113,2	159,7	21,9	156,2	RB-845210
41	13,4	2,3	12	2,7	1,6	1	6,8	5,1	103,6	82,4	18,8	155,9	RB-72454
42	13,4	1,7	15,2	2,4	1,2	0,8	7,8	4,3	107,2	60,9	17,1	155,9	RB-72454
43	15,1	2	14,7	2,2	1,5	1,1	6,9	6,1	100,5	56,4	17,1	155,9	RB-72454
44	12,9	2	15,3	2,5	1,1	1,1	5,4	3,6	93,6	35,2	17,4	155,7	RB-72454
45	15,4	2	15,9	4,3	2,3	1	8,5	2,9	134,4	105,9	23,5	155,7	RB-845210
46	12,5	2,8	17,3	2,3	1,6	1,7	8	3,9	105	71,3	18,7	155,2	RB-72454
47	14,6	1,5	14,7	2,1	0,9	0,7	9,7	4,9	150,2	50,8	15,3	155,1	SP-813250
48	12,9	2,2	18,2	2,2	1,4	1	6,1	3,9	98,3	29,4	19,7	155,1	RB-72454
49	13,2	1,8	12,2	2	1,5	1,1	7,2	3,9	130,7	115,8	19,6	154,9	RB-72454
50	13,7	2,3	21,8	2,3	0,8	1	5,3	3,5	124,4	28,6	18,8	154,9	SP-813250
51	15,1	2,1	17,4	3,2	1,3	1,3	7,9	3,9	193,4	46,8	17,1	154,7	SP-813250
52	13,4	1,4	15	1,6	0,6	0,6	8,3	5	130,6	39,9	13,9	154,2	SP-813250
53	17,1	2	20,1	1,9	1,1	0,7	9	5,6	158,4	38,2	16,8	154,1	SP-813250
54	15,4	2	16	3,6	1,8	1,1	7,4	2,9	127,2	57	17,4	154	RB-845210
55	13,4	1,8	16,1	2	1,6	0,6	8,5	2,7	118,5	58,4	16,8	153,9	RB-845210
56	15,7	1,9	16,1	3	1,8	0,9	8,8	2,9	130	55,4	18,7	153,9	RB-845210
57	14,6	1,9	14,6	3,6	0,8	1,3	6,8	2,9	165,7	40,3	22,1	153,2	SP-813250
58	15,1	2	18,8	2,7	1,6	1,6	6,5	2,8	112,1	26,5	17,5	153,2	RB-72454
59	13,2	1,8	12,8	3	2,1	0,8	7,8	3,6	130,1	80,6	16,3	152,8	RB-845210
60	11,2	1,6	14,6	2,2	1,1	1,1	6,5	3,5	143,4	94	21	152,6	RB-72454
61	13,4	2,2	17,8	3	1,3	1,9	5,4	4	109,4	43,5	19,8	152,2	RB-72454
62	13,2	2	15,4	3	2,4	0,7	7,4	3,6	106,5	72,9	18,5	152,2	RB-845210
63	16,8	2,2	28,4	3	1,6	1,4	5,3	3,5	146,9	23,7	22,2	152	SP-813250
64	10,6	1,5	13,1	2,4	1	1	6,1	3,7	95,8	66,5	16,1	151,8	RB-72454
65	11,8	1,6	15,6	1,6	0,9	0,7	9,7	5,1	138,8	32,6	16,5	151,7	SP-813250
66	13,7	2,2	16,9	1,9	1,8	0,5	7,4	1,9	126,2	69,5	18,2	151,3	RB-845210
67	13,4	1,9	16,1	2,4	1,4	0,5	7,4	3,6	116,4	55,4	14,8	151,3	RB-845210
68	13,2	1,9	22	2	1,3	0,9	5,4	4,3	105,8	62,3	15,2	150,4	RB-845210
69	14	2,3	16,6	2,2	1,5	1,4	5,7	4,6	103,8	77,8	16,6	150,4	RB-845210
70	12,6	2,3	19,9	1,6	1,3	1,5	5	4,2	105,2	53,3	17,5	150,4	RB-845210
71	15,1	1,8	18,7	1,3	0,8	0,7	6,4	4,1	137,5	30,2	16	150,3	SP-813250
72	14	1,9	13,8	2,6	1,6	1,2	7,4	3,2	132,9	58,6	18,1	150	RB-845210
73	12,6	2	16,3	2,7	1,9	1,7	6	2,5	116	85	18,4	150	RB-845210
74	16,5	2	17	2,7	2,3	0,7	6,4	3,6	132,3	97,6	15,6	149,9	RB-845210
75	16,2	2,2	17,6	2,7	1,5	1	9,8	4,2	97,9	61,7	18,4	149,8	RB-845210
76	13,2	2	16,2	2	1,4	1	7,2	4,2	107,5	81,6	16,1	149,8	RB-845210
77	11,2	2	16,4	1,5	1	1	8	3,7	99,5	61,6	17,9	143	RB-72454
78	12	2	16,3	1,7	1,3	1,1	6,5	3,6	110,2	63,3	17,4	142,7	RB-72454
79	14,8	1,6	10	3,5	2,2	1,3	8,5	5,2	112,8	52,7	21,7	139,6	RB-935744
80	18,2	3,5	23,5	7,4	4,9	3	6,5	13	169,3	125,6	43,2	139,6	RB-935744

#### 4.1.3 Apresentação das normas de acordo com os parâmetros nutricionais

Com base nas análises químicas foliares de todas as amostras cujas produtividades foram iguais ou maiores que 160 Kg.ton<sup>-1</sup>, elaborou-se a tabela 6 onde se encontram as médias, variâncias e desvios padrões encontradas para sub-população A e a sub-população B (média e variância), a relação de variância entre a sub-população A e B (variância de A/variância de B), estabelecendo-se a relação nutricional que entrará no processamento do DRIS.

Apresenta também os níveis de significância nas relações de variância da sub população A e B, através do teste F.

TABELA 5 - Valores médios e as relações possíveis entre os nutrientes, variância, coeficiente de variação, relação de variância entre sub-populações A e B.

Nutriente	XA>160	AS	CVA	VA	XB<160	VB	VB/VA
N	13,68	1,60	11,70	2,57	13,90	2,27	0,886
P	1,80	0,19	10,44	0,04	1,94	0,15	4,279
K	12,28	2,27	18,49	5,16	15,32	13,63	2,643
Ca	2,66	0,48	17,91	0,23	2,50	0,84	3,677
Mg	1,45	0,41	28,01	0,17	1,49	0,44	2,674
S	1,07	0,38	35,52	0,14	1,02	0,24	1,679
B	6,72	1,03	15,37	1,06	7,14	2,19	2,060
Cu	4,10	1,30	31,73	1,69	4,16	2,26	1,334
Fe	110,88	20,86	18,81	435,06	121,15	700,78	1,611
Mn	50,58	22,00	43,49	483,88	63,86	1203,64	2,487
Zn	15,94	2,19	13,74	4,80	17,70	18,72	3,899
N/P	7,68	1,21	15,77	1,47	7,35	1,73	1,181
P/N	0,13	0,02	15,02	0,00	0,14	0,00	1,605
N/K	1,14	0,18	16,13	0,03	0,96	0,06	1,785
K/N	0,90	0,14	15,21	0,02	1,11	0,07	3,579
N/Ca	5,39	1,59	29,60	2,54	6,04	2,85	1,121
Ca/N	0,20	0,05	24,27	0,00	0,18	0,00	1,201
N/Mg	10,35	3,91	37,77	15,29	10,79	19,45	1,272
Mg/N	0,11	0,03	32,30	0,00	0,11	0,00	1,269
N/S	14,78	6,50	43,98	42,24	16,72	75,42	1,785
S/N	0,08	0,03	38,42	0,00	0,07	0,00	1,182
N/B	2,09	0,45	21,76	0,21	2,01	0,16	0,758
B/N	0,50	0,10	20,14	0,01	0,52	0,01	1,102
N/Cu	3,68	1,28	34,86	1,64	3,64	1,36	0,828

Cu/N	0,30	0,09	28,58	0,01	0,30	0,01	1,075
N/Fe	0,13	0,02	16,08	0,00	0,12	0,00	1,142
Fe/N	8,16	1,45	17,78	2,10	8,75	3,36	1,596
N/Mn	0,33	0,15	47,13	0,02	0,28	0,03	1,134
Mn/N	3,80	1,86	48,88	3,44	4,61	6,05	1,758
N/Zn	0,87	0,15	17,27	0,02	0,82	0,03	1,467
Zn/N	1,18	0,24	20,18	0,06	1,28	0,07	1,238
P/K	0,15	0,03	18,71	0,00	0,13	0,00	1,580
K/P	6,88	1,47	21,33	2,15	8,00	3,16	1,470
P/Ca	0,70	0,13	18,04	0,02	0,84	0,05	3,470
<b>Nutriente</b>	<b>XA&gt;160</b>	<b>AS</b>	<b>CVA</b>	<b>VA</b>	<b>XB&lt;160</b>	<b>VB</b>	<b>VB/VA</b>
Ca/P	1,48	0,28	18,62	0,08	1,30	0,14	1,861
P/Mg	1,35	0,42	31,25	0,18	1,46	0,22	1,271
Mg/P	0,81	0,25	31,11	0,06	0,76	0,06	0,919
P/S	1,90	0,71	37,47	0,51	2,24	0,82	1,609
S/P	0,59	0,20	33,60	0,04	0,52	0,04	0,996
P/B	0,27	0,05	17,87	0,00	0,28	0,01	2,487
B/P	3,77	0,75	19,75	0,56	3,80	1,10	1,974
P/Cu	0,49	0,20	40,15	0,04	0,50	0,03	0,673
Cu/P	2,31	0,82	35,29	0,67	2,17	0,44	0,658
P/Fe	0,02	0,00	18,22	0,00	0,02	0,00	2,130
Fe/P	62,58	15,92	25,44	253,45	64,65	367,57	1,450
P/Mn	0,04	0,02	39,13	0,00	0,04	0,00	1,601
Mn/P	28,16	12,78	45,40	163,38	32,84	276,60	1,693
P/Zn	0,11	0,01	12,08	0,00	0,11	0,00	2,283
Zn/P	8,89	1,14	12,84	1,30	9,19	2,68	2,054
K/Ca	4,87	1,83	37,49	3,34	6,76	6,86	2,056
Ca/K	0,23	0,07	31,40	0,01	0,17	0,01	1,033
K/Mg	9,67	5,07	52,46	25,73	12,12	34,70	1,348
Mg/K	0,13	0,06	44,36	0,00	0,10	0,00	0,815
K/S	12,96	5,06	39,00	25,56	17,83	60,35	2,361
S/K	0,09	0,03	38,39	0,00	0,07	0,00	0,991
K/B	1,87	0,44	23,32	0,19	2,25	0,66	3,462
B/K	0,56	0,13	23,13	0,02	0,50	0,03	1,686
K/Cu	3,36	1,37	40,93	1,89	4,02	2,25	1,191
Cu/K	0,35	0,13	38,82	0,02	0,29	0,01	0,707
K/Fe	0,11	0,02	16,66	0,00	0,13	0,00	2,759
Fe/K	9,18	1,63	17,74	2,66	8,20	3,97	1,495
K/Mn	0,30	0,16	52,28	0,02	0,32	0,06	2,279
Mn/K	4,45	2,67	59,97	7,12	4,54	9,00	1,264
K/Zn	0,79	0,19	23,55	0,03	0,89	0,05	1,440
Zn/K	1,35	0,37	27,25	0,14	1,21	0,13	0,932
Ca/Mg	1,93	0,47	24,48	0,22	1,80	0,33	1,495
Mg/Ca	0,55	0,14	24,73	0,02	0,60	0,03	1,494
Ca/S	2,77	0,99	35,95	0,99	2,79	1,26	1,279

S/Ca	0,40	0,13	32,32	0,02	0,42	0,03	1,500
Ca/B	0,40	0,08	20,87	0,01	0,36	0,02	3,108
B/Ca	2,64	0,91	34,45	0,83	3,14	1,26	1,528
Ca/Cu	0,73	0,31	41,98	0,10	0,65	0,07	0,729
Cu/Ca	1,63	0,74	45,48	0,55	1,80	0,47	0,857
Ca/Fe	0,02	0,01	24,53	0,00	0,02	0,00	1,342
Fe/Ca	44,29	19,14	43,21	366,15	53,07	382,02	1,043
Ca/Mn	0,06	0,02	38,18	0,00	0,05	0,00	1,107
Mn/Ca	19,10	7,93	41,52	62,89	26,09	135,99	2,162
Ca/Zn	0,17	0,03	16,89	0,00	0,14	0,00	1,158
<b>Nutriente</b>	<b>XA&gt;160</b>	<b>AS</b>	<b>CVA</b>	<b>VA</b>	<b>XB&lt;160</b>	<b>VB</b>	<b>VB/VA</b>
Zn/Ca	6,14	1,21	19,73	1,47	7,46	3,18	2,168
Mg/S	1,57	0,81	51,43	0,65	1,67	0,70	1,074
S/Mg	0,81	0,38	46,87	0,14	0,74	0,10	0,699
Mg/B	0,22	0,07	29,93	0,00	0,21	0,01	2,238
B/Mg	5,11	2,30	45,00	5,29	5,59	7,15	1,353
Mg/Cu	0,39	0,14	37,47	0,02	0,38	0,03	1,535
Cu/Mg	3,03	1,37	45,26	1,88	3,19	2,31	1,228
Mg/Fe	0,01	0,00	31,10	0,00	0,01	0,00	1,622
Fe/Mg	87,07	50,99	58,57	2600,41	97,88	3058,79	1,176
Mg/Mn	0,03	0,01	43,91	0,00	0,03	0,00	0,654
Mn/Mg	35,61	12,82	36,01	164,47	43,67	270,90	1,647
Mg/Zn	0,09	0,03	27,52	0,00	0,08	0,00	1,130
Zn/Mg	11,87	3,85	32,42	14,80	13,23	20,09	1,358
S/B	0,16	0,06	36,60	0,00	0,15	0,01	1,970
B/S	7,07	2,67	37,72	7,12	8,69	24,71	3,472
S/Cu	0,32	0,21	66,28	0,04	0,26	0,02	0,442
Cu/S	4,72	2,83	60,00	8,01	4,87	5,70	0,712
S/Fe	0,01	0,00	42,13	0,00	0,01	0,00	1,047
Fe/S	118,56	48,38	40,81	2341,10	144,83	5839,26	2,494
S/Mn	0,02	0,01	46,75	0,00	0,02	0,00	1,211
Mn/S	52,80	29,88	56,60	893,11	70,94	1411,41	1,580
S/Zn	0,07	0,02	35,61	0,00	0,06	0,00	0,696
Zn/S	16,77	5,98	35,64	35,70	19,99	50,17	1,405
B/Cu	1,83	0,66	36,36	0,44	1,88	0,50	1,139
Cu/B	0,63	0,24	38,80	0,06	0,60	0,06	1,016
B/Fe	0,06	0,01	17,05	0,00	0,06	0,00	1,883
Fe/B	16,72	3,11	18,58	9,64	17,39	15,97	1,656
B/Mn	0,16	0,07	41,97	0,00	0,14	0,01	1,352
Mn/B	7,70	3,72	48,33	13,86	9,16	26,89	1,939
B/Zn	0,43	0,09	21,04	0,01	0,42	0,01	1,777
Zn/B	2,42	0,46	19,10	0,21	2,57	0,66	3,062
Cu/Fe	0,04	0,01	32,94	0,00	0,04	0,00	0,992
Fe/Cu	29,70	10,08	33,94	101,63	31,90	146,86	1,445
Cu/Mn	0,10	0,05	56,68	0,00	0,08	0,00	0,965

Mn/Cu	13,42	6,27	46,74	39,35	16,58	108,29	2,752
Cu/Zn	0,26	0,08	32,63	0,01	0,24	0,01	0,889
Zn/Cu	4,31	1,58	36,55	2,48	4,58	2,15	0,865
Fe/Mn	2,69	1,50	55,88	2,26	2,54	3,17	1,403
Mn/Fe	0,47	0,22	47,17	0,05	0,56	0,11	2,195
Fe/Zn	7,09	1,69	23,79	2,84	7,12	4,37	1,538
Zn/Fe	0,15	0,03	20,22	0,00	0,15	0,00	1,475
Mn/Zn	3,11	1,10	35,26	1,20	3,57	2,56	2,130
Zn/Mn	0,36	0,14	37,60	0,02	0,34	0,03	1,715

Fonte: O Autor

As relações em destaque na tabela foram as que apresentaram o maior valor entre a divisão da variância de subpopulação B sobre a subpopulação A. Em seguida procedeu-se o cálculo de Índice de Diagnose de acordo com Walworth e Sumner (1987) obtendo-se as equações matemáticas intermediárias definidas para o DRIS (BEAUFILS, 1973), baseadas na maior relação entre dois nutrientes considerando-se as sub-populações B e A.

Segundo Beaufils (1973) não existe uma metodologia definida para a definição do nível de corte entre as 2 sub-populações, sendo que o mais importante é a validade dos resultados finais obtidos. Com base nesta afirmação e revendo-se um dos conceitos básicos do DRIS, no que diz respeito ao Índice de Balanço Nutricional (IBN), procurou-se utilizar este fator no auxílio da definição das normas que alicerçarão todo o trabalho de diagnose nutricional.

O IBN como já mencionado é a somatória dos valores absolutos de todos os índices nutricionais envolvidos no diagnóstico e por definição seus valores estão correlacionados negativamente com a produção.

Com base na teoria descrita por Beaufils (1973) obteve-se as melhores correlações ( $r$ ) quando utilizou-se o critério  $\text{Kg.ton}^{-1}$ , após serem testadas todas as correlações, ou seja, entre todas as amostras. Com base na correlação encontrada entre a produção e o IBN, estabeleceu-se que o nível produtivo de  $160 \text{ Kg.ton}^{-1}$  que será utilizado como fonte de referência dos padrões nutricionais para a cultura da cana, os quais serão utilizados para definição e estabelecimento das normas do DRIS para a produtividade de ATR.

Os resultados obtidos são apresentados a seguir para os 80 amostras existentes para plantas de cana na Tabela 6 onde tem-se definidos o número da amostra (coluna 1), os índices do nitrogênio ( $I_N$ ), do fósforo ( $I_P$ ), potássio ( $I_K$ ), do cálcio ( $I_{Ca}$ ), do magnésio ( $I_{Mg}$ ), do enxofre ( $I_S$ ), do boro ( $I_B$ ), do cobre ( $I_{Cu}$ ), do ferro

( $I_{Fe}$ ), do manganês ( $I_{Mn}$ ), e do zinco ( $I_{Zn}$ ), da matéria seca ( $I_{ms}$ ), o valor do Índice de Balanço Nutricional, (IBN) e, por fim, elementos diagnosticados como mais deficientes e mais excessivos, utilizando-se para isso das normas gerais estabelecidas para o DRIS nos níveis de  $160 \text{ Kg.ton}^{-1}$ .



TABELA 6 - Diagnóstico nutricional segundo as normas desenvolvidas para produtividades acima de 160 kg/tonelada

Amostra	I.N	I.P	I.K	I.Ca	I.Mg	I.S	I.B	I.Cu	I.Fe	I.Mn	I.Zn	I.Ms	IBN	Def	Exc
1	0,3	0,5	0,3	0,1	-0,4	1,0	-0,4	-1,9	-0,1	0,3	-0,1	0,5	5,7	Cu	S
2	-0,4	0,3	-0,3	0,1	0,6	0,7	0,9	-0,8	-0,1	-0,1	-0,4	-0,3	5,0	Cu	S
3	-0,3	-0,3	-0,2	0,1	0,4	0,8	0,7	-0,7	0,2	-0,7	-0,9	0,8	6,2	Zn	S
4	-0,2	0,1	0,2	0,7	-0,6	0,9	0,7	-0,7	-0,9	0,0	0,1	-0,2	5,2	Fe	S
5	-0,2	0,5	0,3	0,4	-0,3	0,9	-0,7	-1,1	-0,2	-0,3	0,4	0,2	5,5	Cu	S
6	-0,1	-0,1	-0,6	0,4	0,7	1,2	-0,2	-0,9	-0,6	0,5	0,4	-0,5	6,3	Cu	S
7	0,0	1,0	0,7	-0,1	-0,1	-0,8	-0,6	0,5	0,1	-0,5	-0,2	0,1	4,6	S	P
8	0,0	0,1	0,7	0,3	-0,6	0,9	0,3	-0,7	-0,4	-0,6	-0,2	0,2	5,0	Cu	S
9	-1,3	0,0	-1,0	0,2	0,3	-0,1	0,3	0,5	-0,5	0,9	1,1	-0,3	6,6	N	Zn
10	-0,3	0,2	-0,6	0,2	0,7	0,0	0,0	0,2	-0,4	0,7	0,0	-0,7	4,0	K	Mg,Mn
11	0,8	-0,4	0,4	0,1	0,2	-0,5	-0,4	0,9	0,1	-1,0	-0,2	-0,1	5,3	Mn	Cu
12	0,6	-0,2	0,5	0,5	0,5	-1,2	-0,2	1,0	0,0	-0,9	-0,6	0,1	6,4	S	Cu
13	0,9	-0,1	-0,6	-0,7	1,1	-1,7	0,4	1,1	0,2	-1,0	-0,1	0,5	8,3	S	Cu
14	0,9	-0,1	0,0	-1,1	0,1	-0,6	-1,3	1,2	-0,5	1,4	0,3	-0,2	7,7	B	Cu
15	0,2	-0,1	1,1	-0,2	-1,6	0,3	-0,3	0,0	1,6	-1,3	0,3	-0,1	7,2	Mg	Fe
16	-0,4	0,5	-0,5	0,0	-0,2	-1,3	0,3	0,3	-0,1	1,1	0,2	0,2	5,1	S	Mn
17	-0,8	-1,0	-1,3	0,9	1,1	-0,3	-0,6	0,3	-0,2	1,7	0,3	0,0	8,7	K	Mn
18	0,3	-0,7	1,0	-2,0	-1,9	-0,1	1,2	0,7	1,8	-0,3	-0,3	0,0	10,3	Ca	Fe
19	0,3	-0,3	0,2	-1,5	0,3	0,6	0,6	0,0	-0,3	-0,4	0,4	0,1	5,1	Ca	S,B
20	0,0	0,2	-0,1	-0,9	-0,5	-1,5	0,9	0,7	-0,6	0,6	0,2	0,9	7,0	S	B
21	0,3	0,4	-0,5	-0,7	0,8	-2,2	-0,3	0,3	-0,8	2,0	0,8	-0,1	9,1	S	Mn
22	0,5	1,5	0,3	-0,7	1,1	-1,9	0,7	1,3	-0,4	-0,8	-1,8	0,2	11,0	S	P
23	-0,1	-0,3	-0,5	0,4	0,3	0,8	-0,2	-0,8	0,2	-0,3	0,1	0,5	4,5	Cu	S
24	-0,1	-0,6	-1,3	0,9	0,3	-1,4	0,1	0,8	-0,2	0,7	1,0	0,0	7,3	S	Zn
25	0,0	-0,1	1,4	-1,7	-1,6	-1,4	0,8	0,8	2,1	0,1	0,1	-0,9	11,0	Ca	Fe
26	-0,2	0,3	2,7	-1,0	-1,5	-0,4	-0,7	-0,2	0,9	-1,5	0,5	0,8	10,7	Mn	K
27	0,7	0,6	0,1	-0,9	-0,4	-1,1	0,3	1,3	0,4	-0,3	-1,3	0,5	7,8	Zn	Cu
28	-0,3	0,3	1,1	-0,1	0,0	-2,2	-0,7	0,7	-0,4	0,8	0,6	-0,1	7,3	S	K

Amostra	I.N	I.P	I.K	I.Ca	I.Mg	I.S	I.B	I.Cu	I.Fe	I.Mn	I.Zn	I.Ms	IBN	Def	Exc
29	0,5	-0,1	-0,6	-0,2	0,0	0,4	-0,4	0,8	-0,8	1,2	-0,8	-0,1	6,1	Fe,Zn	Mn
30	0,4	-0,4	1,3	-1,7	-1,7	-1,1	0,9	0,6	1,6	-0,5	0,0	0,4	10,7	Ca,Mg	Fe
31	-0,5	-0,6	-0,7	0,4	0,8	-1,1	1,1	0,2	0,0	1,4	0,3	-1,1	8,1	S	Mn
32	0,3	-0,9	-0,7	0,3	0,4	-0,3	-0,9	0,2	-0,4	1,3	1,0	-0,2	7,2	P,B	Mn
33	0,7	1,8	-0,5	-0,2	0,7	-2,1	-0,3	0,2	-0,9	1,4	-0,6	-0,1	9,4	S	P
34	-0,7	-0,7	0,7	-0,2	-1,6	0,2	1,0	-0,4	2,9	-0,6	-0,5	-0,2	9,7	Mg	Fe
35	2,1	-0,4	0,8	-0,9	-1,4	-4,5	2,7	-1,4	2,4	-0,4	-1,0	1,9	19,9	S	Fe
36	0,1	0,1	1,8	-0,9	-1,7	-0,3	0,0	1,0	1,7	-1,9	-0,4	0,2	10,1	Mn	K
37	-0,7	0,5	1,1	-2,3	0,3	-1,1	-0,3	0,3	-0,4	1,6	1,1	-0,3	9,9	Ca	Mn
38	-1,0	-1,0	-0,3	0,6	0,1	1,4	-1,5	-1,3	-1,5	5,9	0,2	-1,6	16,5	B,Fe	Mn
39	-0,2	0,2	0,0	0,2	0,5	-0,4	-1,2	-0,9	0,0	2,0	0,2	-0,4	6,2	B	Mn
40	-0,9	2,4	-1,5	-1,5	1,3	0,9	2,1	-1,3	-1,7	2,9	-0,1	-2,7	19,4	Fe	Mn
41	-0,5	1,0	-0,4	-0,3	0,1	-0,2	-0,3	0,5	-0,7	1,1	0,3	-0,5	5,9	Fe	Mn
42	-0,2	-0,5	0,8	-0,4	-0,5	-0,6	0,7	0,2	-0,2	0,5	0,3	-0,1	5,0	S	K
43	0,1	0,3	0,4	-1,1	0,0	0,2	-0,1	1,0	-0,7	0,1	0,0	-0,4	4,4	Ca	Cu
44	-0,2	0,7	1,1	0,0	-0,6	0,4	-0,9	-0,1	-0,6	-0,6	0,6	0,2	6,1	B	K
45	-0,5	-0,7	0,4	1,1	0,9	-0,6	0,1	-1,6	-0,1	1,6	0,9	-1,5	9,9	Cu	Mn
46	-1,3	2,2	0,9	-1,4	0,0	1,0	0,2	-0,4	-1,0	0,6	0,1	-1,0	10,1	Ca	P
47	0,2	-1,0	0,5	-0,8	-1,3	-1,0	1,6	0,6	1,3	0,2	-0,2	-0,1	8,6	Mg	B
48	-0,6	1,0	1,8	-0,9	0,0	0,1	-0,6	0,0	-0,7	-1,1	1,0	-0,2	7,9	Ca	K
49	-0,6	-0,5	-0,4	-1,7	-0,2	0,1	0,0	-0,3	0,5	2,6	0,7	-0,4	7,9	Ca	Mn
50	-0,3	1,4	2,9	-0,5	-1,8	0,0	-1,4	-0,3	0,3	-1,1	0,9	-0,3	11,3	Mg	K
51	-0,4	0,0	0,7	0,3	-0,6	0,3	0,0	-0,4	1,9	-0,4	-0,4	-1,0	6,7	Mg	Fe
52	0,3	-0,7	1,1	-1,4	-2,2	-1,1	1,3	1,0	1,1	0,0	0,0	0,4	10,7	Mg	B
53	0,5	0,2	1,6	-1,6	-0,9	-1,3	0,9	0,8	1,1	-0,7	-0,1	-0,8	10,5	S	K
54	0,0	-0,1	0,7	0,8	0,5	0,0	-0,1	-1,2	0,1	0,1	-0,1	-0,7	4,4	Cu	Ca
55	-0,2	0,0	1,1	-1,1	0,5	-1,5	1,2	-1,2	0,3	0,5	0,3	-0,1	8,1	S	K
56	0,1	-0,4	0,6	0,1	0,5	-0,5	0,8	-1,2	0,3	0,0	0,3	-0,7	5,6	Cu	K
57	-0,1	-0,2	0,4	1,2	-2,2	0,5	-0,4	-0,9	1,5	-0,5	1,4	-0,7	9,9	Mg	Fe

Amostra	I.N	I.P	I.K	I.Ca	I.Mg	I.S	I.B	I.Cu	I.Fe	I.Mn	I.Zn	I.Ms	IBN	Def	Exc
58	0,1	0,2	1,7	-0,2	0,3	1,0	-0,4	-1,0	-0,3	-1,3	0,2	-0,5	7,2	Mn	K
59	-0,5	-0,4	-0,1	0,2	1,0	-0,8	0,4	-0,5	0,5	1,1	-0,3	-0,4	6,1	S	Mn
60	-1,3	-0,9	0,5	-1,0	-1,0	0,2	-0,3	-0,5	1,1	2,0	1,3	-0,2	10,3	N	Mn
61	-0,6	0,7	1,3	0,2	-0,5	1,3	-1,5	-0,1	-0,4	-0,5	0,7	-0,6	8,5	B	K,S
62	-0,6	0,1	0,7	0,2	1,5	-1,3	0,1	-0,6	-0,7	0,8	0,4	-0,6	7,3	S	Mg
63	-0,1	0,2	3,9	-0,1	0,0	0,5	-2,2	-0,8	0,4	-1,7	1,0	-1,3	12,2	B	K
64	-1,0	-0,7	0,6	0,0	-0,9	0,2	0,0	0,0	-0,3	1,0	0,4	0,5	5,8	N	Mn
65	-0,9	-0,4	1,0	-1,8	-1,0	-0,8	1,8	0,9	1,1	-0,7	0,6	0,1	11,0	Ca	B
66	-0,2	1,3	1,4	-1,6	1,0	-2,4	0,6	-2,6	0,7	1,1	0,7	-0,3	13,8	Cu	K
67	-0,1	0,4	1,2	-0,3	0,1	-2,1	0,6	-0,2	0,3	0,4	-0,3	0,0	6,0	S	K
68	-0,5	0,3	2,8	-1,2	-0,3	-0,2	-1,2	0,2	-0,4	0,6	-0,3	-0,1	8,3	Ca,B	K
69	-0,3	1,1	0,9	-1,2	-0,1	0,7	-1,2	0,2	-0,7	1,0	-0,2	-0,5	8,2	Ca,B	P
70	-0,8	1,6	2,1	-2,6	-0,2	1,1	-1,6	0,2	-0,5	0,2	0,5	-0,3	11,6	Ca	K
71	0,6	0,5	1,9	-2,7	-1,4	-0,7	0,0	0,3	1,1	-0,8	0,6	0,2	10,8	Ca	K
72	-0,2	-0,2	0,1	-0,4	0,2	0,4	0,2	-0,8	0,6	0,2	0,3	-0,4	3,8	Cu	Fe
73	-0,9	0,1	0,9	-0,4	0,7	1,0	-0,9	-1,7	-0,1	1,3	0,3	-0,5	9,0	Cu	Mn
74	0,4	0,0	1,0	-0,4	1,3	-1,4	-0,8	-0,7	0,3	1,8	-0,7	-0,8	9,6	S	Mn
75	0,2	0,4	1,0	-0,4	-0,2	-0,3	1,4	-0,2	-1,4	0,2	0,1	-0,9	6,5	Fe	B
76	-0,5	0,4	0,9	-1,4	-0,2	0,0	0,2	0,0	-0,4	1,3	-0,2	-0,2	5,8	Ca	Mn
77	-1,1	0,9	1,2	-2,5	-1,0	0,2	0,9	-0,1	-0,5	0,8	0,9	0,1	10,1	Ca	K
78	-0,8	0,7	1,1	-2,0	-0,2	0,4	-0,2	-0,2	-0,1	0,7	0,5	0,0	6,9	Ca	K
79	-0,1	-1,2	-1,0	0,6	0,9	0,4	0,5	0,4	-0,4	-0,2	0,9	-0,7	7,4	P	Mg,Zn
80	-1,8	0,9	0,7	2,6	2,4	1,1	-4,2	1,7	-0,9	0,8	2,6	-6,0	25,7	B	Ca,Zn

Fonte: O Autor

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 6 verificaram-se diferenças nos diagnósticos proporcionados pelo DRIS. A amostra 10, variedade RB-72454, é a que apresenta o menor valor de IBN, 4,0, ou seja, o mais próximo de zero demonstrando ser a amostra mais próxima do equilíbrio. Seu ATR é de 161,6 Kg.ton<sup>-1</sup>. Ainda assim, pelo DRIS com ênfase à qualidade (ATR) desenvolvido para a cultura da cana nesse experimento verificamos deficiência de K e excesso de Mg e Mn.

Já a amostra 80, da variedade RB-935744 é a que apresenta o maior valor de IBN, 25,7, ou seja, um número exageradamente elevado evidenciando um desequilíbrio nutricional muito grande. Seu ATR é de 139,6 Kg.ton<sup>-1</sup>. Pela análise DRIS, com ênfase à qualidade (ATR), desenvolvido para a cultura da cana nesse experimento verificou-se deficiência de B e excesso de Ca e Zn. A deficiência de B pode induzir prejuízos no transporte de açúcares e conseqüentemente no acúmulo de açúcares (SHELP, 1993).

TABELA 7 - Teores de Nutrientes em deficiência e excesso de todas as amostras

Nutrientes	Deficiência	Excesso
N	3,50%	0,00%
P	2,30%	5,90%
K	2,30%	23,53%
Ca	19,80%	2,35%
Mg	9,30%	3,50%
S	22,10%	11,75%
B	11,60%	7,05%
Cu	14,00%	7,05%
Fe	6,97%	10,60%
Mn	4,60%	23,50%
Zn	3,50%	4,70%

Fonte: O Autor

Os resultados obtidos na tabela 8 evidenciaram dois macronutrientes em deficiência significativa: Ca e S. Dentre os micronutrientes em deficiência destacam-se o B e Cu.

O cálcio apresenta um papel fisiológico importante na regulação e estabilização na interação em macromoléculas e entre plasmalema e a parede celular. O enxofre é elemento constituinte de aminoácidos como a cisteína, por

exemplo, e assim como o nitrogênio, é associado a aspectos de crescimento na planta, pois participa ativamente na síntese de proteínas e ácidos nucleicos.

Uma das atribuições da escassez do Boro nas plantas é a eliminação de exsudatos radiculares orgânicos, como açúcares, segundo Cakmak et al. (1995), além de prejudicar o desenvolvimento das raízes o que implica diretamente na capacidade absorviva do vegetal. Cobre e boro estão relacionados a aspectos do crescimento da cana e sua deficiência traz consequências imediatas quanto a produtividade. Fisiologicamente o cobre é elemento estrutural de enzimas e atua também em processos fotossintéticos.

Indiretamente observou-se que dentre os macronutrientes o potássio apresentou maior percentual de excesso relativo e explica as deficiências de cálcio observada em função de sua inter-relação.

#### **4.1.4 Relação DRIS estabelecida e faixas de padrões existentes**

Paralelamente ao desenvolvimento das normas DRIS, estabeleceu-se faixas de referência para a produção de ATR, considerando-se os teores médios encontrados para os macro e micronutrientes acrescidos de 100% de desvio padrão para o ponto de máximo e diminuídos de 100% do valor de desvio padrão para o ponto de mínimo.

Na tabela 8 verifica-se a relação de todos os 11 nutrientes utilizados neste estudo relacionados às faixas de padrões existentes, segundo Raij e Canterella (1997), ou seja, que são utilizadas de forma geral para interpretação das análises químicas foliares em cana, e as normas DRIS estabelecidas nas amostras neste estudo.

TABELA 8 - Elementos nutricionais estudados, faixas de padrões existentes e normas DRIS estabelecidas

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Raije</b>	18,00	1,50	10,00	2,00	1,00	1,50	10,00	6,00	40,00	25,00	10,00
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
<b>Canterella</b>	25,00	3,00	16,00	8,00	3,00	3,00	30,00	15,00	250,00	250,00	50,00
<b>Malavolta</b>	20,00	1,2	13,00	5,00	2,00	2,5	15,00	8,00	80,00	50,00	25,00
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	22,00	2,0	15,00	7,00	3,00	3,00	50,00	10,00	150,00	125,00	30,00
<b>DRIS Cana</b>	12,10	1,60	10,00	2,20	1,00	0,70	5,70	2,80	90,0	28,60	13,80
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	13,70	2,00	14,50	3,10	1,90	1,40	7,70	5,40	131,70	72,60	18,10

Fonte: O Autor

As diferenças observadas podem ser explicadas, em hipóteses, pela diversidade de tecido vegetal amostrado, idade do tecido, época da amostragem e é claro que deve haver diferenças em função do propósito das amostras; produção de açúcar em colmos por hectare.

De acordo com a tabela 8 verificou-se que para o ATR de 160 Kg.ton<sup>-1</sup> de cana-de-açúcar para alguns nutrientes (P, K, Ca, Mg e S) que os teores de nutrientes são semelhantes dos padrões existentes. Os demais verificamos que os teores ficaram abaixo dos padrões existentes (N, B, Fe, Mn e Zn). Assim pode-se ter nova base de informações para utilização de recomendações de fertilização em relação à cultura da cana.

Verificou-se também que dentre as amostras analisadas os elementos mais escassos, Ca, S, B e Cu, exercem papéis preponderantes no que se refere ao acúmulo e transporte de açúcares nos vegetais, sendo esses elementos, pelo levantamento do presente trabalho, os que merecem maior destaque no momento do preparo do solo para a cultura da cana-de-açúcar.

## 5 CONCLUSÕES

Conclui-se, através dos resultados observados na pesquisa que o estabelecimento das normas DRIS empregando a faixa de ATR  $160 \text{ Kg.ton}^{-1}$  nos mostra que é possível um manejo mais eficiente dos nutrientes a fim de otimizar a produtividade das faixas que apresentaram valores abaixo deste.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, A. G. **Sugarcane physiology**. A comprehensive study of the Saccharum source-to-sink system. Amsterdam: Elsevier, 1973. 725 p.
- ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. **Nutrição da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e Fósforo, 1992. p. 40.
- BATAGLIA, O. C. et al. Métodos de análise química de plantas. **Boletim do Instituto Agrônomo de Campinas**, v. 78, p. 48, 1983.
- BEAUFILS, E. R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS); a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. **Soil Science Bulletin**, v. 1, p. 1-132, 1973.
- BEAUFILS, E. R. Pesquisa de uma exploração racional hêvea após um diagnóstico fisiológico demorado sobre a análise mineral de diversas partes da planta. **Fertilidade**, n. 3, p. 27-38, 1957.
- BOKHTIAN, S. M.; SAKURAI K. Effect of application of inorganic and organic fertilizers on growth, yield and quality of sugar cane. **Sugar Technology**, v. 7, p. 33-37, 2005.
- BRANCO, R. V. et al. Variáveis tecnológicas de nós e entrenós de cana-de-açúcar (cultivares IACSP94-2101, IACSP93-3046 e IACSP94-4004). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP - SICUSP, 18., 2010. **Anais...** Piracicaba-SP, Brasil, 2010. p. 1-4.
- CAKMAK, I.; KURZ, H.; MARSCHNER, H. Shortterm effects of boron, germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. **Physiologia Plantarum**, v. 95, n. 1, p. 11-18, 1995.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra Brasileira de cana-de-açúcar**. Abril 2016. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_04\\_15\\_15\\_44\\_37\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_\\_1o\\_lev\\_-\\_14.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_04_15_15_44_37_boletim_cana_portugues__1o_lev_-_14.pdf)>. Acesso em: 02 maio 2016.
- CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba: Consecana, 2006. 112p.
- CRESTE, J. E. **Influência de dez diferentes porta-enxertos e do método de amostragem nos teores foliares de macro e micronutrientes na tangerineira 'Satsuma', Citrus unshiu, Marcovitch**. Botucatu, 1992. 106 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1992.
- DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. 882 p.



EMBRAPA. **Classificação dos Solos**. 2006. Disponível em:  
<<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos>>

FANERZI, M. Levantamento da qualidade da bebida do café e avaliação do estado nutricional dos cafeeiros do Alto Jequitinhonha, Minas Gerais, através do DRIS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1191-1198, set./out., 2010.

FRANCO, H. C. J. et al. Acúmulo de nutrientes pela cana planta. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 26, n. 5, p. 41-45, 2008.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 9. ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiróz' USP, 1981. 430 p.

HARGER, N.; FIORETTO, R.; RALISCH, R. Avaliação nutricional da cultura da soja pelos métodos DRIS e níveis de suficiência. **Ciências Agrárias**, v. 24, p. 219-224, 2003.

JONES, C. A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, p. 785-94, 1981.

KORNDORFER, G.H.; ALCARDE, J.C. Acumulo e teor de fosforo em folhas de cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, v.16, n.2, p.217-222, 1992.

KURIHARA, C. H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 2004. 100 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

LETZSCH, W. S.; SUMNER, M. E. Computer program for calculating DRIS índices. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 14, p. 811-5, 1983.

MALAVOLTA, E.; MALAVOLTA, M. L. Diagnose foliar - princípios e aplicações. In: BULL, L. T.; ROSOLEM, C. A. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1989. p. 227-308.

MARQUES, M. O. et al. **Tecnologias na agroindústria canvieira**. Jaboticabal/SP: FCAV, 2008. 319 p.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R.; CASAGRANDE, A. A. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M. E. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. v. 1, p.355-373.

PARENT, L. E.; CAMBOURIS, A. N.; MUHAWENIMANA, A. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1432-1438, 1994.

- PIPERAS, G. V.; CRESTE, J. E.; ECHER, F. R. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 6, p. 818-825, 2009.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, 1997. (Boletim Técnico nº. 100)
- REIS JUNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. Validação de normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n.3, 2003.
- RODRIGUEZ, M. J.; BESGA, G. S. Derivation and testing of nutrient norms for white clover. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1989, Nice. **Proceedings ...** Nice, 1989. p. 53-4.
- ROSATO, M. M.; BOLONHEZI, A. C.; FERREIRA, L. H. Z. Substâncias húmicas sobre qualidade tecnológica de variedades de cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 43-48, 2010.
- SCHUTZ, C. J.; VILLIERS, J. M. Foliar diagnosis and fertilizer prescription in forestry - the DRIS system and its potential. **South African Journal of Science**, v. 141, p. 6-12, 1987.
- SHELP, B. J. Physiology and biochemistry of boron in plants. In: GUPTA, U. C. (ed.). **Boron and Its Role in Crop Production**. Boca Raton: CRC Press, 1993. p. 53-85.
- SILVA-NETO, H. F. et al. Nós e entrenós de cana de açúcar armazenados por 168 horas. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERIA AGRÍCOLA (CLIA), 9., CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA (CONBEA), 39. **Anais...** Vitória – ES, Brasil. 25 a 29 de julho 2010. p. 1-4.
- SUMNER, M. E. Application of Beaufils, diagnostic índices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. **Plant and Soil**, v. 46, p. 359-69, 1977.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 719.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. Growth and the factors affecting it. In: **Soil Fertility and Fertilizers**. 4. ed. New York: Macmillan, 1985. p. 19-58.
- UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIONERGIA - UDOP, 2016. Disponível em: <[www.udop.com.br](http://www.udop.com.br)>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- VALE, D. W.; PRADO, R. M.; PANCELLI, M. A. Análise econômica da adubação nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar. **Revista STAB**, v. 28, n. 2, nov./dez. 2009.
- WADT, P. G. S. Análise foliar como ferramenta para recomendação de adubação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 50, 2009.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). **Advances in Soil Science**, v. 6, p. 149-88, 1987.