



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

KAMILLA SILVA OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA CULTURA DA SOJA NA
MICRORREGIÃO DO BICO DO PAPAGAIO - TO**

**ARAGUATINS
2016**

KAMILLA SILVA OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA CULTURA DA SOJA NA
MICRORREGIÃO DO BICO DO PAPAGAIO - TO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Agronomia do Instituto Federal do
Tocantins - *Campus* Araguatins, como
exigência à obtenção do grau de Bacharel
em Agronomia.
Orientador(a): Prof^a. Dra. Roberta de
Freitas Souza

**ARAGUATINS
2016**

Oliveira, Kamilla Silva

Avaliação do estado nutricional da cultura da soja na microrregião do Bico do Papagaio-TO / Kamilla Silva Oliveira. - Araguatins, 2016.

55 f.

Monografia (Bacharel em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - *Campus* Araguatins, 2016.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Roberta de Freitas Souza

1. Diagnose Nutricional. 2. Faixas de Concentração. 3. Índices DRIS. I.Título



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA
FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "Avaliação do estado nutricional da cultura da soja na microrregião do Bico do Papagaio - TO"

AUTOR: Kamilla Silva Oliveira

ORIENTADOR: Prof.^a Dra. Roberta de Freitas Souza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *campus* Araguatins, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Agronomia.

Aprovado (a) em 23 de novembro de 2016.

Prof.^a Dra. Roberta de Freitas Souza
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Campus Araguatins

Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Campus Araguatins

Prof. Dr. Samuel de Deus da Silva
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Campus Araguatins

À minha família: aos meus pais
Joseilson Almeida de Oliveira (*in
memória*) e Marlene Rodrigues da
Silva e minhas irmãs Kananda Silva
Oliveira e Karoline Silva Oliveira.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu a força necessária em todos os momentos difíceis da minha vida até aqui, me ajudando a seguir em frente para a conclusão de mais esta etapa.

A minha família, que sempre me incentivou para a continuidade dos estudos fornecendo os valores de uma vida digna e repleta de valores.

A minha orientadora Prof^a. Dr^a. Roberta de Freitas Souza, pela paciência e disponibilidade em compartilhar seus conhecimentos.

A Leandro Guimarães Maranha, pelo companheirismo, atenção, carinho e amor, e por ser uma das pessoas mais especiais da minha vida.

Aos todos os professores que tive o prazer e a honra de aprender durante todos os anos da graduação no Curso de Bacharelado em Agronomia.

A todos os meus amigos e companheiros de turma que transformaram esses anos de estudos em prazerosos momentos de convívio.

*Por que quando me sinto fraco,
então é que sou forte.*

II Coríntios 12,10.

RESUMO

A Soja é uma cultura que vem crescendo no Estado do Tocantins há alguns anos, e é a cultura de grãos mais produzida no mundo. Diante disso, a correta interpretação de análises foliares é de suma importância para que as plantas consigam alcançar a faixa de equilíbrio nutricional que as cultivares atuais necessitam e assim atingir seu máximo potencial de produtividade. Para a interpretação de análises foliares dispõe-se de vários métodos, dentre eles: as Faixas de Concentração e o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS). Sendo que este último tem se mostrado eficiente como método de interpretação de análises foliares para avaliação nutricional de diversas culturas em todo o mundo, pois se fundamenta na avaliação da interação entre os nutrientes que estão sendo avaliados, independentemente dos valores obtidos nas concentrações absolutas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estado nutricional da soja na microrregião do Bico do Papagaio através de análises foliares interpretadas pelo DRIS e Faixas de Concentração. Foram analisadas 30 glebas de soja transgênica, coletando-se 10 folhas em cada gleba, uma de cada planta, retirando-se o terceiro trifólio expandido com pecíolo. A coleta foi a partir da ponta da haste principal, no início do florescimento para compor uma amostra composta e, posteriormente, enviada ao laboratório, para análise química. Os resultados das análises foliares foram interpretados pelos métodos das Faixas de Concentração e DRIS. Para avaliar a produtividade foi tomado 4 metros lineares de plantas de soja no período de maturação fisiológica e determinados os teores de umidade dos grãos e estimativa de produção por hectare. Os métodos de diagnóstico utilizados no trabalho apresentaram interpretações distintas para alguns nutrientes. O P foi o nutriente mais limitante por deficiência para a cultura da soja nas glebas avaliadas, diagnosticados tanto pelo método das Faixas de Concentração como pelo método DRIS. O método DRIS apresentou a maior sensibilidade para identificar problemas nutricionais, principalmente, para micronutrientes.

Palavras-chave: Diagnóstico Nutricional. Faixas de Concentração. Índices DRIS.

ABSTRACT

Soy is a crop that has been growing in the State of Tocantins for some years, and is the most produced grain crop in the world. Therefore, the correct interpretation of foliar analyzes is of utmost importance for the plants to reach the nutritional balance range that the current cultivars need and thus reach their maximum productivity potential. For the interpretation of foliar analyzes several methods are available, among them: the Concentration Ranges and the Integrated Diagnosis and Recommendation System (DRIS). Since the latter has been shown to be efficient as a method of interpreting foliar analyzes for nutritional evaluation of different cultures worldwide, it is based on the evaluation of the interaction between the nutrients being evaluated, independently of the values obtained in the absolute concentrations. The objective of this work was to evaluate the nutritional status of the soybean in the micro-region of the Bico Papagaio through foliar analyzes interpreted by the DRIS and Concentration Bands. A total of 30 transgenic soybeans were analyzed, 10 leaves were collected in each plot, one from each plant, and the third expanded trifolium with petiole was removed. The collection was from the tip of the main stem, at the beginning of the flowering to compose a composite sample and, later, sent to the laboratory, for chemical analysis. The results of the foliar analyzes were interpreted by the Concentration and DRIS methods. To evaluate the productivity, 4 linear meters of soybean plants were taken during the physiological maturation period and the grain moisture content and yield per hectare were determined. The diagnostic methods used in the study presented different interpretations for some nutrients. P was the most limiting nutrient deficiency for the soybean crop in the evaluated areas, diagnosed both by the Concentration Range method and by the DRIS method. The DRIS method presented the highest sensitivity to identify nutritional problems, mainly for micronutrients.

Key-words: Nutritional Diagnosis. Concentration Tracks. DRIS indexes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição dos Biomas Amazônico e Cerrado na microrregião do Bico do Papagaio - TO	18
Figura 2 - Localização geográfica do município de Darcinópolis - TO.	27
Figura 3 - Mapa da área amostrada com todas as 30 glebas e suas respectivas coordenadas geográficas.	29
Figura 4 - Fotos da época de coleta de amostras foliares de soja cultivar TMG 1288 R no município de Darcinópolis - TO para análise química.....	30
Figura 5 - Época de colheita da produção da soja cultivar TMG 1288 R no município de Darcinópolis - TO	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da análise de solo para a área estudada.	28
Tabela 2 - Resultados da análise foliar para as 30 glebas estudadas.	30
Tabela 3 - Critérios de interpretação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn da análise foliar para a cultura da soja.	32
Tabela 4 - Faixas de suficiência (FS) obtidas por Souza (2013) para interpretação dos resultados de análises químicas de folha para cultura da soja transgênica.	34
Tabela 5 - Produção coletada, umidade dos grãos na colheita, produtividade corrigida a 13% de umidade e quantidade de sacas de 60 kg ha ⁻¹ para cada gleba no município de Darcinópolis - TO. Safra 2015/2016.	35
Tabela 6 - Valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (C.V.) e teste W para produtividade e nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise foliar em 30 glebas de soja no município de Darcinópolis – Tocantins. Safra 2015/2016.	37
Tabela 7 - Distribuição de frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, obtida pela análise foliar em 30 glebas de soja no município de Darcinópolis – TO. Safra 2015/2016.	39
Tabela 8 - Índices DRIS calculados pelo procedimento de Alvarez & Leite (1992) e Índices de Balanço Nutricional (IBN) obtidos pela análise foliar das 30 glebas para cultura da soja no município de Darcinópolis – TO. Safra 2015/2016.	41
Tabela 9 - Porcentagem de ocorrência dos nutrientes mais limitantes por deficiência, diagnosticados pelos índices DRIS, obtidos pela análise foliar para cultura da soja em 30 glebas no município de Darcinópolis - TO. Safra 2015/2016.	43
Tabela 10 - Distribuição de frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Mg, Cu, Fe, Mn, e Zn, obtida pela análise foliar de 30 glebas de soja no município de Darcinópolis - TO. Safra 2015/2016.	45

LISTA DE SIGLAS

Ca	Cálcio
Cu	Cobre
CV	Coeficiente de Variação
DP	Desvio padrão
DRIS	Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação
F	Teste para análise de Variação
Fe	Fe
FS	Faixas de Suficiência
IBN	Índice de Balanço Nutricional
K	Potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
N	Nitrogênio
NC	Nível Crítico
NS	Níveis de Suficiência
P	Fósforo
TO	Tocantins
Zn	Zinco
W	Teste de normalidade por Shapiro-Wilk

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1	A soja e sua importância econômica.....	16
3.2	A microrregião do Bico do Papagaio.....	17
3.3	Análise foliar: método de diagnose do estado nutricional das culturas.....	19
3.4	Métodos de interpretações de análise foliar	20
3.4.1	Faixas de Concentração e Níveis Críticos	21
3.4.2	Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS).....	23
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1	Avaliação da produtividade	35
5.2	Avaliação pelo método das Faixas de Concentração e Níveis Críticos	36
5.3	Avaliação pelo método DRIS	39
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das principais culturas plantadas em todo o mundo, principalmente no Brasil, onde é responsável por 57,12% da área cultivada do país e permanece como principal cultura responsável pelo aumento absoluto de área (CONAB, 2016). A produção nacional na safra 2015/2016 foi de 95, 418.9 milhões de toneladas e o décimo primeiro levantamento da Conab aponta aumento na área plantada de 3,6% em relação ao ocorrido anterior. Porém apresentou redução na produtividade de 4,3% na safra 2015/2016 quando comparada a anterior, passando de 2.998 kg ha⁻¹ na safra 2014/2015 para 2.870 kg ha⁻¹ na safra 2015/2016, e também, redução na produção de 0,8% entre 2014/2015 e 2015/2016 (CONAB, 2016).

A região Norte do Brasil contribuiu com 3, 820,4 milhões de toneladas da produção nacional de soja na safra 2015/2016 sendo que o Estado do Tocantins apresenta-se como o maior produtor da região. Na safra atual ele produziu 44,63 % de toda a soja da região norte alcançando 1, 705,0 milhões de toneladas provando que a cultura se tornou importante para a economia e o desenvolvimento da agricultura no Estado do Tocantins (CONAB, 2016). A produtividade da soja no Tocantins vinha aumentando expressivamente a cada safra, mas na safra atual sofreu uma queda de 32,8% em relação à safra passada ocasionada por adversidades climáticas no Estado durante todo o ciclo da cultura, caracterizada por irregularidades e escassez das chuvas, com três períodos de veranicos e temperaturas acima da média para o período (CONAB, 2016).

O aumento da produtividade da soja assim como para outras culturas está diretamente ligada às condições ambientais, incluindo a fertilidade do solo. Apesar de não ser possível controlar as intempéries climáticas que podem acometer a produção, é possível minimizar as perdas fazendo uso de bons programas de adubação e correção da acidez do solo que são utilizados de forma eficiente quando se conhece as exigências nutricionais da cultura. O conhecimento dessas exigências é obtido a partir de programas de diagnose do estado nutricional, que fazem uso da análise foliar como subsídio para interpretações das concentrações dos nutrientes absorvidos pelas plantas.

A análise foliar tem sido interpretada por alguns métodos de diagnose nutricional, porém, para isso, é necessário definir os parâmetros adequados de

disponibilidade dos nutrientes. Esses parâmetros são feitos com a utilização de alguns métodos, como o método das Faixas de Concentração e Níveis Críticos e o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) (CHAPMANN, 1973).

O método das Faixas de Concentração e níveis críticos tem como principais desvantagens o fato de os nutrientes serem interpretados individualmente, não levando em consideração as interações entre eles; as concentrações dos nutrientes que podem variar com a idade do vegetal e o grau de desenvolvimento (HANWAY & WEBER, 1971); as diferenças varietais (KEOGH et al., 1972; MASCARENHAS et al., 1980); e quando mais de dois nutrientes estão limitantes, não é possível avaliar qual deles é mais limitante para a produção (HANSON, 1981).

O DRIS, desenvolvido por Beaufils (1971) baseia-se em calcular índices para cada nutriente e avaliá-los em função da relação das razões dos teores de cada elemento com os demais, comparando-os dois a dois, com outras relações consideradas padrões ou normas, cuja composição é obtida de uma população de plantas altamente produtivas.

O DRIS é um método de diagnóstico que pode ser capaz de diagnosticar, adequadamente, o estado nutricional da cultura da soja e, conseqüentemente, indicar o correto manejo da adubação. Este método visa diminuir os custos de produção e a poluição ambiental causada pelo excesso de aplicação de fertilizantes, que é um problema da agricultura atual pelo fato da interpretação das exigências nutricionais das plantas serem feitas por métodos menos precisos que subestimam ou superestimam a exigência da cultura (SOUZA, 2013).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o estado nutricional da cultura da soja por meio de análise foliar interpretada através do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e Faixas de Concentração na microrregião do Bico do Papagaio.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar os nutrientes que mais limitam a obtenção de altas produtividades na região estudada.
- ✓ Comparar a diagnose nutricional dos métodos de diagnose DRIS e Faixas de Concentração.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A soja e sua importância econômica

A soja é uma planta que pertence à família *Fabaceae*, gênero *Glycine*, espécie *Glycine max*, sendo cultivada na forma *Glycine max* (L.) Merrill. O gênero *Glycine* possui várias espécies que se originaram de regiões como a África, Ásia oriental e Austrália (SEDIYAMA, 2009).

A planta da soja possui um ciclo anual, herbácea, ereta, autógama. Possui uma altura que varia entre 30 a 200 cm, com ramificações em quantidades variáveis. A duração do seu desenvolvimento completo é de 75 dias para cultivares mais precoces e 200 dias para as mais tardias (MÜLLER, 1981). Seu desenvolvimento se divide em dois estádios de acordo com metodologia proposta por Ferh & Caviness (1977): vegetativo (período da emergência até o início da floração) e reprodutivo (período a partir do florescimento até a maturação).

A soja apresenta-se como umas das culturas de maior importância no mundo, pois além das qualidades nutritivas como o grão que é rico em proteínas (em torno de 40%) e óleo (20%), ainda pode ser utilizada como adubo verde, forragem, silagem, feno e pastagem. Seu grão oferece óleo tanto para alimentação humana como para produção de biodiesel, desinfetantes, lubrificantes, sabão etc. E seu farelo compõe a alimentação humana e animal e também faz parte de muitos produtos processados ou semiprocessados disponíveis no mercado (SEDIYAMA, 2009).

No Brasil, o cultivo de soja para produção comercial iniciou-se no estado do Rio Grande do Sul por volta de 1935, cuja principal finalidade era a alimentação de suínos. A primeira exportação de soja brasileira aconteceu no ano de 1938 para a Alemanha (SEDIYAMA, 2009). Hoje ela é a principal cultura de exportação do Brasil, com 55, 5 milhões de toneladas exportadas na safra 2015/2016 mantendo o país como líder global de exportação da oleaginosa (DEAGRO, 2016).

Segundo Magalhães (1981), a primeira indústria para exportação de óleo comestível do Brasil foi criada em 1951 e a partir desta época, a soja se expandiu para os Estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Bahia, Tocantins e demais regiões do Norte e Nordeste.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2016), a soja é responsável por 49% da área cultivada de grãos do país. Na safra atual (2015/2016), segundo dados da Conab (2016), o Brasil estava com uma área plantada de um pouco mais de 33 milhões de hectares e a produção chegou a mais de 95 milhões de toneladas e apesar das intempéries climáticas que ocorreram nas regiões produtoras do país durante o ciclo da cultura, a produtividade média alcançou 2.870 kg ha^{-1} .

A região Norte do Brasil contribuiu com 18,0% da produção nacional de soja na safra 2015/2016. O Estado do Tocantins apresenta-se como o maior produtor de soja da região Norte, sendo responsável por mais 44% de toda soja produzida na região na safra atual representando importante fonte de aumento da economia e desenvolvimento do Estado do Tocantins (CONAB, 2016).

3.2 A microrregião do Bico do Papagaio

Na microrregião do Bico do Papagaio predominam os biomas Amazônico e Cerrado (Figura 1) e é composto por 25 municípios: Aguiarnópolis, Ananás, Angico, Araguatins, Augustinópolis, Axixá do Tocantins, Buriti do Tocantins, Cachoeirinha, Carrasco Bonito, Darcinópolis, Esperantina, Itaguatins, Luzinópolis, Maurilândia do Tocantins, Nazaré, Palmeiras do Tocantins, Praia Norte, Riachinho, Sampaio, Santa Terezinha do Tocantins, São Bento do Tocantins, São Miguel do Tocantins, São Sebastião do Tocantins, Sítio Novo do Tocantins e Tocantinópolis (MIRANDA, 2015).

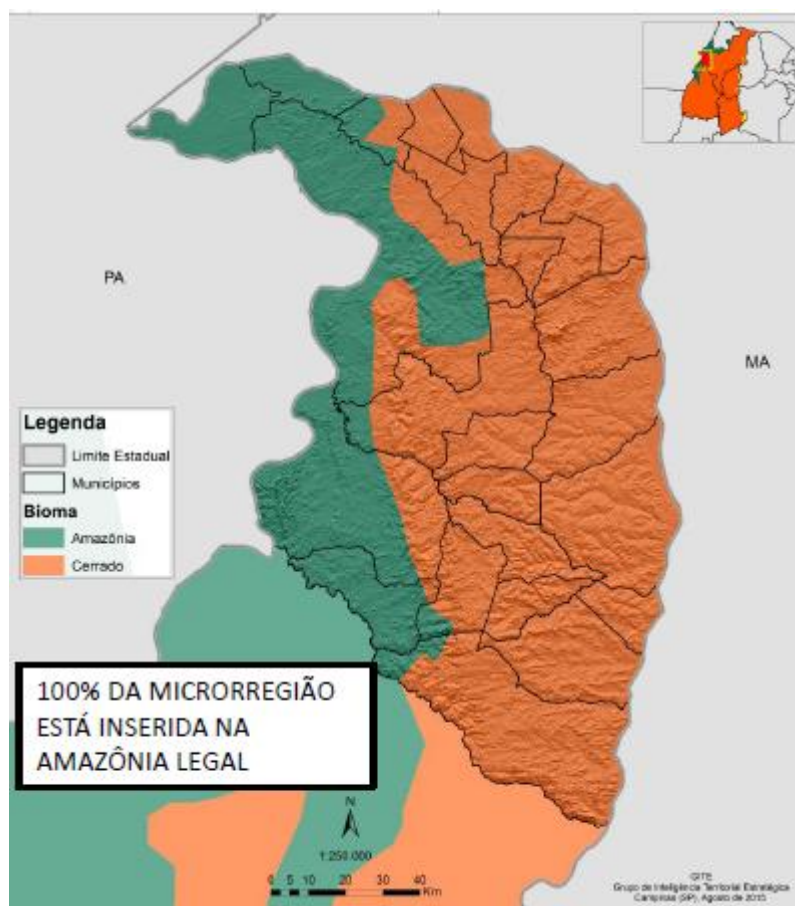


Figura 1 - Distribuição dos Biomas Amazônico e Cerrado na microrregião do Bico do Papagaio - TO. Fonte: Miranda (2015).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015) para a área plantada das culturas agrícolas na microrregião do Bico do Papagaio em 2015, temos: abacaxi (46,0 ha), amendoim em casca (6,0 ha), arroz em casca (1.749,0 ha), feijão em grão (749,0 ha), mandioca (1.847,0 ha), melancia (166,0 ha), milho em grão (5.599,0 ha), sorgo (500,0 ha) e soja (7.500,0 ha).

A soja representa a cultura agrícola com maior área plantada no Bico do Papagaio, com 7.500,0 ha plantados em 2015, dos quais 7.000 ha só no município de Darcinópolis. Esse município é responsável por mais de 93% da produção de soja da microrregião segundo IBGE (2015), e está inserido, em sua grande maioria, no bioma Cerrado, com uma pequena área pertencente ao bioma Amazônico (MIRANDA, 2015).

O clima no bioma cerrado é do tipo tropical seco, com período chuvoso iniciando-se em outubro e estendendo-se até abril. Na estação das chuvas ocorrem períodos de veranicos, geralmente durante os meses de janeiro e fevereiro (EMBRAPA, 2012).

Os Latossolos são os solos predominantes em regiões de Cerrado com 45,7% de ocorrência. São solos formados pelo processo de latolização que consiste basicamente na remoção da sílica e das bases do perfil (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} etc), após o processo de intemperismo dos materiais primários. Normalmente estão localizados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que levemente ultrapassa 7% (SOUSA & LOBATO, 2004). São solos ácidos que, apresentam em condições naturais, toxidez de Al, Mn e Fe e, deficiência nutricional em elementos como o P, K, Ca, Mg, S, Zn e B (EMBRAPA, 2002).

3.3 Análise foliar: método de diagnose do estado nutricional das culturas

A análise de tecidos é caracterizada através da determinação da concentração de elementos ou, de uma fração extraível desses elementos em uma amostra tomada de uma porção particular de uma planta, num determinado momento ou período de desenvolvimento morfológico específico (LUCENA, 1997 *apud* NOVAIS et al., 2007). Para Leece & van den Ende (1975) citado por Novais et al. (2007), na análise de tecidos, o objetivo é estabelecer a relação que existe entre a concentração dos nutrientes e crescimento e/ou produção, e usar estas relações de forma que seja possível estabelecer a situação nutricional de uma determinada planta ou cultura.

A diagnose feita tendo como base a análise de tecidos tem sido usada para várias situações, como: avaliação do estado nutricional e da probabilidade de resposta à adubação; verificação do equilíbrio nutricional; comprovação da deficiência ou toxidez de nutrientes; acompanhamento, avaliação e ajustes do programa de adubação e; avaliação da ocorrência ou não de salinidade em áreas irrigadas e também em cultivos conduzidos através de hidroponia (NOVAIS et al., 2007).

A planta é responsável por extrair os elementos disponíveis no solo, porém, a análise de tecidos deve ser utilizada conjuntamente com outros métodos, em particular a análise de solo (WALLACE, 1957). Segundo Malavolta et al. (1997), a diagnose foliar também é utilizada como um meio indireto de avaliar a fertilidade do solo, pois, na maioria das vezes, há correlação entre a disponibilidade de nutrientes na solução do solo e o teor desses nutrientes na folha das plantas cultivadas.

Pelo fato de a composição das diferentes partes da planta apresentarem teores de nutrientes diferentes, e também o estágio de crescimento influenciar na

concentração desses mesmos nutrientes, é necessário estabelecer as partes da planta e a melhor época de amostragem. A padronização da amostragem de plantas é fator imprescindível para o sucesso da diagnose foliar, por esse motivo, vários pesquisadores têm aprofundado os conhecimentos sobre esse assunto através de trabalhos científicos (RAIJ, 1991; BORKERT et al., 1994; MALAVOLTA et al., 1997; RIBEIRO et al., 1999).

Segundo Novais et al. (2007), a parte da planta que é geralmente usada para o diagnóstico do estado nutricional é a folha, pois ela é a parte que melhor reflete a nutrição da planta e as suas mudanças nutricionais; ela responde melhor às variações no suprimento do nutriente, seja pelo solo, seja pelo adubo (MALAVOLTA et al., 1997).

Para a avaliação dos teores foliares de plantas de soja, deve ser efetuada a coleta de trinta folhas com pecíolo por área uniforme. A folha para a coleta deve ser o terceiro ou quarto trifólio expandido a partir da ponta da haste principal, cada folha de uma planta diferente, no início do florescimento (MALAVOLTA et al., 1997).

De acordo com Raij (1991), após a amostragem, a análise química das folhas é feita seguindo um processo composto por duas etapas, a primeira é a moagem do material que foi lavado em água destilada e seco a 65°C em estufa por um período de 48 horas. A segunda etapa é a destruição da matéria orgânica para liberação dos nutrientes minerais. Esse processo pode ser feito por via úmida, na qual utiliza-se combinações de ácido nítrico, perclórico ou sulfúrico, ou por incineração do material em mufla e posteriormente dissolver em ácido clorídrico. Em seguida obtêm-se extratos que visam a determinação de teores totais dos nutrientes.

Para se obter uma melhor identificação da situação nutricional das plantas de um cultivo ou lavoura, recomendam-se análises foliares regulares, ano após ano, revelando seu desenvolvimento conforme os tratamentos de fertilização, e em alguns casos, mudanças são necessárias. De acordo com Oliveira et al. (1991), o ideal seria acompanhar a evolução do estado nutricional das plantas, fazendo de cinco a seis testes durante o seu ciclo de desenvolvimento.

3.4 Métodos de interpretações de análise foliar

A interpretação dos resultados representa a terceira fase do diagnóstico do estado nutricional de uma planta. Esses resultados são interpretados com base

na comparação com outros valores que são considerados como padrão ou norma (NOVAIS et al., 2007).

De acordo com Novais et al. (2007), os métodos de interpretação dos resultados podem ser estatísticos, quando fazem uma mera comparação entre a concentração de um elemento na amostra em teste e sua norma, como por exemplo o método de nível crítico e faixa de concentração. Podem também ser utilizados métodos dinâmicos, como o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), que usam relações entre mais de um elemento.

As Faixas de Concentração (FC) e Níveis Críticos (NC) apresentam desvantagens, pois não levam em consideração a interação existente entre nutrientes, e a variação de suas concentrações com o desenvolvimento da planta (SUMNER, 1977a). Já o método DRIS compara áreas amostradas entre si, utilizando-se a média das funções binárias das razões entre as concentrações dos nutrientes (BEAUFILS, 1971, 1973).

3.4.1 Faixas de Concentração e Níveis Críticos

A princípio, o conceito de Faixas de Concentração foi definido por Malavolta & Cruz (1971), como sendo a faixa de teores de um dado elemento na folha, abaixo da qual a produção é limitada e acima da qual o uso de fertilizantes não é mais econômico. Segundo Malavolta (1999) essa faixa pode sofrer variação de acordo com a relação entre o preço do produto que foi colhido e o gasto com a adubação. Malavolta et al. (1997) definiram Nível Crítico, como sendo o teor do elemento nas folhas que está associado à obtenção de uma máxima atividade de um determinado processo fisiológico relacionado à produção da cultura, cita-se, a atividade fotossintética.

O método da Faixa de Concentração é o mais utilizado, e as normas podem ser geradas de populações de plantas altamente produtivas. Nesse caso o teor observado na amostra analisada é comparado com faixas de concentrações consideradas insuficientes, adequadas ou tóxicas. Este método apresenta as mesmas limitações e vantagens do Nível Crítico, embora sua adoção melhore a flexibilidade na diagnose, apesar da perda na precisão, principalmente quando o limite das faixas é bastante amplo (NOVAIS et al., 2007).

De acordo com Novais et al. (2007), o método do Nível Crítico compara o teor do nutriente da amostra com um valor obtido aceito como norma. Se a amostra

apresentar teor igual ou superior ao da norma, a planta amostrada é considerada como bem nutrida. Se o teor apresentado for inferior ao da norma, considera-se que a planta apresentará problemas nutricionais quanto ao elemento em questão.

Os métodos do Nível Crítico e Faixas de Concentração apresentam como maiores desvantagens a incapacidade de se relacionar as variações nos teores dos nutrientes com a idade da planta; os nutrientes serem interpretados de forma independente, não levando em consideração interações que ocorram entre eles; padrões obtidos em outros países nos quais são diferentes as condições de solo e clima, que fornecem uma fonte de erro e; onde se apresentem vários nutrientes com concentrações baixas que provoquem deficiência nas plantas, não é possível saber qual é o nutriente mais limitante (NOVAIS et al., 2007). Tanto as FC quanto os NC são estabelecidos em experimentos feitos em casas de vegetação e em condições de campo, onde são obtidas diferentes concentrações de nutrientes através do fornecimento de adubações.

A determinação dos níveis críticos e faixas de concentração para os diversos nutrientes em relação às diversas culturas é uma das fases da diagnose foliar que requer grande esforço por parte da pesquisa. Porém já existem dados e informações sobre níveis críticos e faixas de concentração para uma infinidade de culturas plantadas no Brasil e no mundo.

Para a cultura da soja encontram-se na literatura vários trabalhos de pesquisa executados por diferentes autores que obtiveram Faixas de Concentração críticas, como Peck (1979); Sfredo et al. (1986); Borkert et al. (1994); Malavolta et al. (1997); Ribeiro et al. (1999); Embrapa (2002), dentre outros. Em geral, observa-se nessas publicações que as Faixas de Concentração para os macronutrientes são próximas, porém, as Faixas para os micronutrientes apresentam grandes variações de amplitude entre os autores.

De acordo com a Faixa de Concentração proposta por Sfredo et al. (1986), para o nutriente Fe a faixa varia de $51,0 \text{ mg kg}^{-1}$ a $350,0 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto Malavolta et al. (1997) sugerem $125,0 \text{ mg kg}^{-1}$ a 150 mg kg^{-1} . Para Mn, a Faixa de Concentração encontrada por Malavolta et al. (1997) varia de $35,0 \text{ mg kg}^{-1}$ a $50,0 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto Sfredo et al. (1986) encontraram de $21,0 \text{ mg kg}^{-1}$ a $100,0 \text{ mg kg}^{-1}$.

As semelhanças entre as Faixas de Concentração dos autores, principalmente nas Faixas propostas por Malavolta et al. (1997), Embrapa (2002) e Sfredo et al. (1986), de forma especial para os macronutrientes, acontecem devido

as mesmas terem sido estabelecidas a partir das médias dos teores encontrados em seis regiões norte-americanas produtoras de soja (Indiana, Michigan, Minnesota, Missouri, Ohio e Wisconsin), apresentadas por Peck (1979). Levando em conta as diferentes condições de clima, solo e cultivares dessas regiões produtoras com as condições encontradas no Brasil, é possível que estas Faixas de Concentração apresentem grandes limitações de uso, levando a interpretações incorretas dos teores de nutrientes encontrados nas análises foliares, e consequentemente, adubações feitas sem precisão em relação às necessidades das plantas. Assim, tal metodologia, além de morosa, é cara, pois envolve trabalhos de calibrações em diferentes regiões e culturas (LEANDRO, 1998).

3.4.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)

Beaufils desenvolveu na década de 50, o chamado Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), inicialmente com o nome de Diagnose Fisiológica, para a cultura da seringueira na Indochina (BEAUFILS, 1954, 1957). A diagnose fisiológica era para ser um sistema que reunisse a maior quantidade de fatores envolvidos na produção e, com a devida organização desses fatores e o auxílio do computador, desenvolver um novo sistema de calibração das produções de culturas em relação aos fatores edáficos, climáticos, de manejo e nutricionais.

No início da década de 70, ampliou-se a diagnose fisiológica para culturas anuais, como o milho na África do Sul (BEAUFILS, 1971). Beaufils rearranjou a sua técnica e anunciou o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação em 1973, em substituição à Diagnose Fisiológica (BEAUFILS, 1973).

Com o anúncio do DRIS vários pesquisadores começaram a avaliar a eficiência de sua diagnose, com isso, vários trabalhos foram publicados comparando o método DRIS com o método das Faixas de Concentração e Níveis Críticos e seu potencial de utilização foi confirmado em trabalhos realizados com várias culturas como seringueira (BEAUFILS, 1973), cana-de-açúcar (SUMNER & BEAUFILS, 1975; BEAUFILS & SUMNER, 1976, 1977; JONES & BOWEN, 1981; ORLANDO FILHO, 1983; ELWALI & GASCHO, 1984; REIS JUNIOR & MONNERAT, 2003A; REIS JUNIOR & MONNERAT, 2003B), milho (SUMNER, 1977B), batata (SUMNER, 1979), soja (SUMNER, 1977a; HANSON, 1981; BEVERLY et al., 1986; BEVERLY, 1987; EVANYLO et al., 1987; LEANDRO, 1998; HARGER et al., 2003; MAEDA et al., 2003; SOUZA, 2013), café (SILVA et al., 2003; PARTELLI et al., 2005; PARTELLI et

al., 2006), uva (TERRA et al., 2003), côco (SANTOS et al., 2004), pimenta-do-reino (OLIVEIRA & TAKAMATSU, 2004), capim-braquiária (SILVEIRA et al., 2005), arroz (MARTINS et al., 2005), maçã (NACHTIGALL & DECHEN, 2007) e algodão (MARTINS et al., 1999; SILVA, 2006; SILVA et al., 2007; VALDAMERI & POUYÚ-ROJAS, 2008; SERRA et al., 2008; KURIHARA et al., 2008, MORAIS, 2008; SOUZA, 2009).

O DRIS baseia-se no cálculo de índices para cada nutriente, considerando, sua relação com os demais. Envolve a comparação das relações de cada par de nutrientes encontrados em determinado tecido da planta, com as relações médias que correspondem às normas que foram preestabelecidas a partir de uma população que é utilizada como referência. Essas relações fornecem menores variações com a idade da planta do que os níveis críticos ou as faixas de concentração (NOVAIS et al., 2007).

O método não indica se determinado nutriente encontra-se em concentração que leva à toxidez ou deficiência, no entanto, ele fornece qual o nutriente mais limitante e a ordem de limitação dos nutrientes, através de índices DRIS. Os índices negativos indicam deficiência de um elemento em relação aos demais e os índices positivos indicam o excesso. Sua aplicação envolve três fases: a) obtenção das normas; b) cálculo e interpretação dos índices DRIS e c) validação dos resultados (SOUZA, 2013).

A utilização do DRIS necessita de um banco de dados que apresente uma quantidade substancial de dados básicos como: análise foliar, análise de solo e produtividade, com o objetivo de se estabelecer normas ou padrões para posterior comparação. As normas são valores médios dos teores dos nutrientes e das relações desses nutrientes, com as respectivas variâncias, para um grande número de casos, na qual representem culturas que estão em boas condições nutricionais (BEAULFIS, 1971, 1973; MALAVOLTA et al., 1989; RAIJ, 1991).

O índice DRIS de um nutriente corresponde a média aritmética das funções reduzidas dos quocientes do teor deste nutriente em relação aos teores dos demais nutrientes que foram determinados na análise foliar ou análise de solo. 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. Com isso, é possível estabelecer em ordem decrescente, todos os nutrientes que são mais limitantes pelo índice DRIS. Os índices que se apresentam com

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 (SOUZA, 2013).

Para o cálculo das funções reduzidas, Beaufils impõe restrições quando a relação na amostra é maior ou menor que a 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 pela fórmula de distribuição de Z, modificada por $Kt/100$. O Kt é o coeficiente de sensibilidade que tem valor arbitrário, que normalmente assume o valor de 100, 500 ou 1.000 (BEAUFILS, 1973; SUMNER, 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 $Kt.a/b/100.A/B$.

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 (SOUZA, 2013).

A partir dos índices é possível se obter o Índice de Balanço Nutricional (IBN) que é conseguido através da soma, em módulos, dos índices para cada amostra. Quanto menor for o IBN, mais próxima a amostra estará do equilíbrio (BEAUFILS, 1973).

No diagnóstico de problemas nutricionais a precisão do DRIS pode ser mensurada, utilizando-se amostras com reconhecidos problemas nutricionais (BATAGLIA & SANTOS, 1990), ou em experimentos fatoriais com diferentes doses dos nutrientes (BEVERLY ET AL., 1986; HALLMARK et al., 1987).

Segundo Souza (2013), o DRIS apresenta problemas para diagnosticar deficiências nutricionais em plantas de alta produtividade. Com intuito de solucionar este problema e melhorar a precisão no diagnóstico, várias modificações nos procedimentos de cálculo dos índices têm sido propostas, como: modificações no cálculo dos índices DRIS; modificações no cálculo das funções reduzidas; modificações na base de dados; e modificações na interpretação dos índices.

Alvarez & Leite (1992) recomendam o uso da média das relações direta e inversa no cálculo do índice DRIS. Segundo esses autores, quando utilizam-se as relações diretas, os resultados obtidos nem sempre são semelhantes àqueles encontrados quando empregam-se as relações inversas. Quanto mais as relações observadas nas amostras se afastam da média, mais acentuadas são essas diferenças.

O método DRIS vem sendo utilizado no diagnóstico nutricional de diferentes culturas, em especial para a cultura da soja, que na literatura são encontrados diversos trabalhos no Brasil e no mundo. O primeiro trabalho que aplicou o DRIS na cultura da soja foi feito por Sumner (1977b). Ele estabeleceu padrões para as relações entre os nutrientes N, P e K, utilizando uma população de referência com produtividade de 2.600 kg ha^{-1} . Para esse estudo, o autor reuniu dados de várias publicações, totalizando 1.245 observações de análises foliares e teve como conclusão que o método DRIS foi mais preciso que o método dos Níveis Críticos no diagnóstico nutricional, apresentando menor dependência em relação a época de amostragem, parte da planta amostrada e material genético.

Novais et al. (2007), relata que o DRIS permite identificar casos em que desequilíbrios nutricionais limitam a produtividade mesmo quando nenhum dos nutrientes avaliados se encontram com os níveis abaixo do NC, além de hierarquizar os nutrientes quanto à ordem de limitação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no ano agrícola 2015/2016 em uma área comercial de soja, situada na Fazenda Rancho Fundo município de Darcinópolis na microrregião do Bico do Papagaio no Estado do Tocantins (Figura 2). Os solos predominantes nesta área são os Latossolos Vermelhos (SOUZA & LOBATO, 2004). O clima segundo classificação de Köppen é Aw sendo caracterizado como tropical seco.

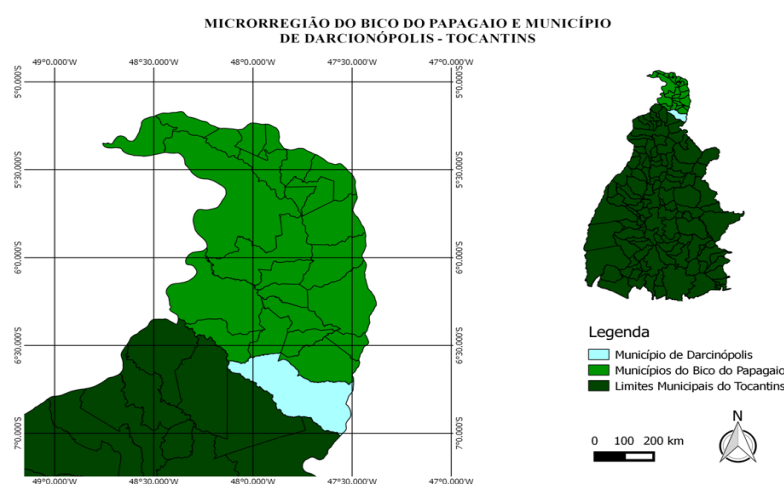


Figura 2 - Localização geográfica do município de Darcinópolis - TO.

Segundo levantamento feito com o produtor, a área de amostragem tinha sido aberta recentemente sendo anteriormente área de floresta nativa. A soja foi a primeira cultura a ser implantada nesta área sendo safra de primeiro ano. A cultivar plantada foi a TMG 1288 R num espaçamento entre linhas de 0,50 m. O plantio foi efetuado em 6 de janeiro de 2016 devido falta de chuvas no período de outubro à dezembro. De acordo com informações do produtor foi utilizado calcário dolomítico na dosagem de $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ para correção do solo aplicado no mês de setembro de 2015, 200 kg ha^{-1} de MAP, 100 kg ha^{-1} de KCL e $2,0 \text{ l ha}^{-1}$ de produto comercial para suprimento de manganês (aplicação foliar) para adubação. As sementes foram inoculadas para o plantio, porém não se obteve as dosagens adotadas na prática.

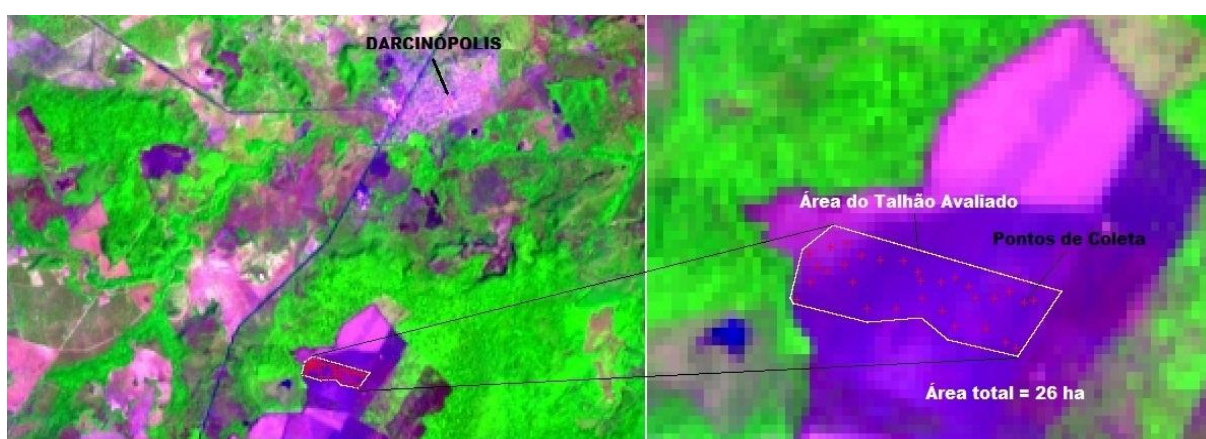
Não foi possível adquirir as análises de solo feitas pelo produtor antes do plantio, entretanto, neste trabalho realizaram-se amostragens de solo para caracterização química e física da área. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Solos do IFTO *campus* Araguatins para análise cujos resultados encontram-se expressos na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado da análise de solo para a área estudada.

Ponto	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	MO	Areia	Silte	Argila
	H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³							%		
1	5,0	3,9	94,0	1,2	3,0	0,3	13,7	18,1	24,5	4,2	45,9	41,3	12,8
2	5,7	3,1	103,0	0,7	3,2	0,0	6,3	10,4	39,9	3,2	39,2	51,3	9,5
3	5,9	2,2	74,0	1,5	2,5	0,0	4,1	8,3	50,4	2,9	49,2	38,0	12,8
4	5,5	2,2	84,0	1,6	1,2	0,3	8,6	11,6	26,0	3,2	39,2	48,0	12,8
5	5,7	3,9	75,0	1,8	2,7	0,0	6,1	10,8	43,5	4,3	25,9	54,6	19,5
6	5,8	1,3	72,0	2,5	2,5	0,0	8,2	13,4	38,6	4,3	32,5	51,3	16,2
7	5,9	1,3	83,0	2,7	2,1	0,0	5,1	10,1	49,5	2,9	29,2	51,3	19,5
8	5,1	2,2	44,0	1,3	0,7	0,7	12,5	14,6	14,4	4,2	19,2	54,6	26,2
9	5,5	3,9	90,0	2,4	1,8	0,0	10,2	14,7	30,2	4,1	24,2	54,6	21,2
10	5,5	2,2	78,0	1,3	3,2	0,1	7,1	11,8	39,8	4,1	12,5	61,3	26,2
11	5,6	2,2	70,0	2,6	1,2	0,0	3,3	7,3	54,7	2,6	25,9	48,0	26,1
12	5,2	1,3	76,0	1,1	1,4	0,3	9,9	12,6	21,4	2,5	19,2	63,0	17,8
13	5,2	1,3	58,0	2,2	1,7	0,2	11,6	15,7	25,8	3,3	26,3	56,5	17,1
14	5,8	2,2	44,0	1,4	2,9	0,0	5,1	9,5	46,5	2,1	39,7	49,8	10,5
15	5,4	2,2	87,0	1,2	2,6	0,1	4,6	8,6	46,5	2,5	18,0	69,8	12,2
16	5,5	2,2	66,0	1,4	3,4	0,0	3,0	7,9	62,6	3,1	18,0	69,8	12,2
17	5,8	2,2	69,0	4,1	1,7	0,0	3,5	9,4	63,3	3,4	18,0	69,8	12,2
18	5,5	1,3	85,0	3,2	1,2	0,0	4,6	9,2	50,0	2,7	16,3	73,1	10,5
19	5,5	2,2	78,0	2,4	0,7	0,0	1,8	5,1	64,5	1,2	18,0	73,1	8,9
20	5,1	2,2	20,0	2,0	0,5	0,3	6,1	8,7	29,5	0,8	53,0	36,5	10,5
21	5,5	1,3	49,0	3,2	1,2	0,0	3,5	8,0	56,6	2,4	24,7	68,2	7,1

Fonte: Laboratório de Solos IFTO Araguatins (2016).

A área escolhida continha aproximadamente 26 ha na qual foram demarcados pontos para a coleta de folhas que foram georreferenciados através da obtenção das coordenadas geográficas com o objetivo de posterior retorno ao local na época da coleta de produção. Nessa área foram demarcados pontos de amostragem em que se obtivesse a maior uniformidade, principalmente, em relação ao tipo de solo e topografia, com isso, foi possível a obtenção de 30 glebas para o estudo (Figura 3).



E	N	Ponto	E	N	Ponto	E	N	Ponto	E	N	Ponto	E	N	Ponto
194760	9253856	P1	194470	9253932	P7	194127	9254007	P13	194467	9253770	P19	194062	9253979	P25
194726	9253848	P2	194420	9253920	P8	194071	9254049	P14	194422	9253822	P20	194000	9253958	P26
194671	9253886	P3	194342	9253921	P9	194010	9254038	P15	194349	9253862	P21	193936	9253918	P27
194614	9253864	P4	194333	9253954	P10	194696	9253693	P16	194254	9253827	P22	193885	9253859	P28
194546	9253867	P5	194280	9253989	P11	194659	9253711	P17	194146	9253830	P23	193960	9253971	P29
194521	9253905	P6	194194	9253993	P12	194583	9253763	P18	194093	9253917	P24	193931	9254011	P30

Figura 3 - Mapa da área amostrada com todas as 30 glebas e suas respectivas coordenadas geográficas. Fonte: Autor (2016).

Para a coleta das amostras de folhas foi seguida a metodologia proposta por Malavolta et al., (1997), na qual em cada gleba coletou-se o terceiro ou quarto trifólio expandido a partir da ponta da haste principal com pecíolo (Figura 4A) de 10 plantas de forma aleatória na gleba, quando ocorreu o aparecimento das primeiras flores (Figura 4B).

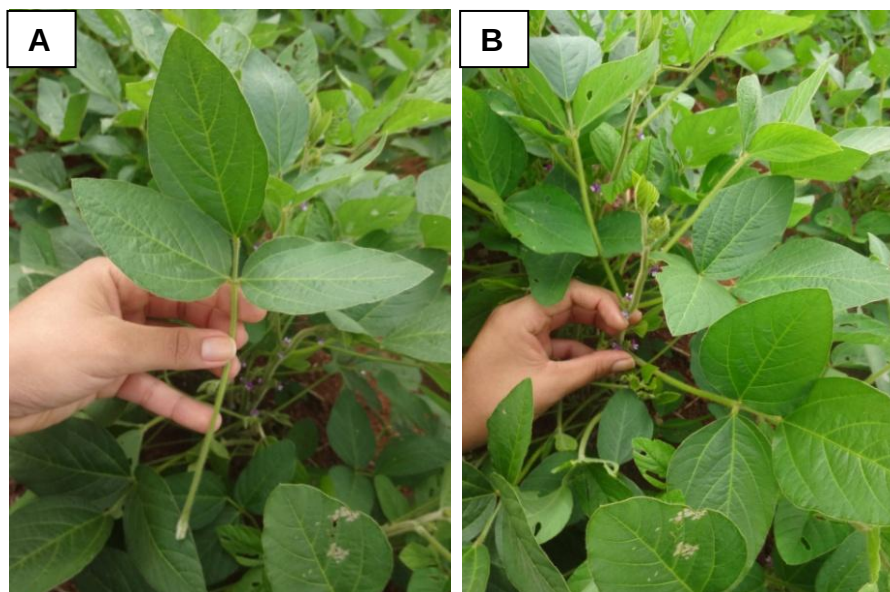


Figura 4 - Fotos da época de coleta de amostras foliares de soja cultivar TMG 1288 R no município de Darcinópolis - TO para análise química. Fonte: Autor (2016).

Após a coleta, as folhas foram alocadas em sacos de papel, etiquetadas e posteriormente levadas ao Laboratório de Bromatologia do *campus* do IFTO Araguatins para o processo de secagem. Para esse processo foi feita primeiramente a lavagem das folhas com água destilada e, posteriormente, levadas à estufa de ventilação forçada, a qual foram secas a 65°C durante 48 horas (RAIJ, 1991). Após secas as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley e armazenadas em pequenos potes plásticos e enviados ao Laboratório de Análise de Solo e Foliar – Escola de Agronomia da Universidade Federal do Goiás (UFG) para análise química das folhas em que se determinou os teores foliares totais de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme Tabela 2, de acordo com a metodologia descrita por Bataglia et al. (1978).

Tabela 2 - Resultados da análise foliar para as 30 glebas estudadas.

Gleba	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹					
1	58,2	1,60	19,6	8,0	4,0	27,0	236,0	174,0	44,00
2	77,3	2,24	22,0	9,0	5,0	31,0	194,0	209,0	55,0
3	71,4	2,01	24,0	6,0	5,1	30,0	85,0	194,0	43,0
4	65,5	2,93	24,0	5,0	4,8	24,0	77,0	250,0	44,0
5	72,8	2,01	22,0	8,0	4,5	28,0	98,0	185,0	46,0
6	51,8	2,18	24,0	5,0	1,3	38,0	91,0	206,0	50,0
7	58,2	2,24	22,0	10,0	4,7	33,0	72,0	201,0	40,0
8	54,6	2,45	22,0	11,0	5,5	30,0	252,0	200,0	48,0
9	61,3	2,27	22,0	9,0	6,1	34,0	235,0	250,0	57,0
10	61,3	2,64	22,0	7,0	6,2	32,0	252,0	210,0	64,0
11	64,4	2,18	24,0	10,0	4,8	29,0	154,0	179,0	48,0
12	60,2	2,73	22,0	10,0	4,2	33,0	243,0	257,0	61,0

Continua...

Tabela 2 - Continuação.

Gleba	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹					
13	65,0	2,01	22,0	8,0	4,5	27,0	223,0	238,0	53,0
14	49,8	2,64	22,0	9,0	3,5	24,0	102,0	101,0	59,0
15	48,7	2,45	22,0	7,0	5,4	38,0	98,0	157,0	60,0
16	69,2	2,27	32,0	6,0	3,0	30,0	52,0	181,0	40,0
17	41,2	2,01	22,0	8,0	4,7	22,0	157,0	104,0	29,0
18	52,4	2,18	32,0	12,0	5,1	24,0	49,0	268,0	36,0
19	40,0	1,68	20,0	14,0	4,0	26,0	62,0	257,0	54,0
20	70,3	2,01	20,0	13,0	7,0	16,0	182,0	206,0	45,0
21	71,4	1,93	22,0	16,0	6,7	30,0	122,0	202,0	36,0
22	64,7	2,36	20,0	13,0	5,7	30,0	186,0	170,0	49,0
23	50,4	2,27	20,0	10,0	4,2	31,0	235,0	183,0	30,0
24	64,1	2,18	22,0	14,0	4,2	22,0	222,0	236,0	44,0
25	74,8	2,27	20,0	13,0	3,8	28,0	260,0	270,0	60,0
26	51,8	2,54	16,0	12,0	5,7	26,0	300,0	241,0	37,0
27	58,5	2,54	22,0	12,0	4,0	29,0	294,0	240,0	48,0
28	62,7	2,83	22,0	3,0	3,9	27,0	611,0	177,0	27,0
29	44,8	2,54	28,0	12,0	4,3	29,0	585,0	142,0	53,0
30	58,2	2,83	20,0	12,0	5,5	69,0	247,0	179,0	49,0

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Foliar – UFG (2016).

Para estimar a produtividade da soja, colheram-se um metro linear de plantas nas linhas de plantio, após a maturação fisiológica (Figura 5), em quatro pontos aleatórios dentro de cada gleba.



Figura 5 - Época de colheita da produção da soja cultivar TMG 1288 R no município de Darcinópolis - TO. Fonte: Autor (2016).

As plantas colhidas em cada gleba foram levadas em sacos para o IFTO campus Araguatins onde foram trilhadas. Posteriormente, os grãos foram levados ao laboratório para pesagem, determinação do teor de umidade e estimativa da produção por hectare para cada gleba.

Para a interpretação da análise foliar foram utilizados os Métodos das Faixas de Concentração e o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS).

Na interpretação pelas Faixas de Concentração, os resultados foram submetidos ao cálculo da distribuição de frequência e interpretados pelas faixas propostas por Sfredo et al.(1986) e Malavolta et al. (1997), conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Critérios de interpretação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn da análise foliar para a cultura da soja.

Variável	Critério ¹				Critério ²	
	Deficiente	Baixa	Suficiente	Alta	Excessiva	Adequado
N (g kg ⁻¹)	<32,6	32,2 – 40,0	40,1 – 55,0	55,1-70,0	>70,0	55,0-58,0
P (g kg ⁻¹)	<1,7	1,7 – 2,5	2,6 – 5,0	5,1-8,0	>8,0	4,0-5,0
K (g kg ⁻¹)	<12,6	12,6 – 17,0	17,1 – 25,0	25,1-27,5	>27,5	22,0-25,0
Ca (g kg ⁻¹)	<2,1	2,1 – 3,5	3,6 – 20,0	20,1-30,0	>30,0	9,0-10,0
Mg (g kg ⁻¹)	<1,1	1,1 – 2,5	2,6 – 10,0	10,1-15,0	>15,0	3,5-4,0
Cu (mg kg ⁻¹)	<6,0	6,0 – 9,0	10,0 – 30,0	31,0-50,0	>50,0	12,0-15,0
Fe (mg kg ⁻¹)	<30,0	31,0 – 50,0	51,0-350,0	351,0-500,0	>500,0	125,0-150,0
Mn (mg kg ⁻¹)	<16,0	16,0 – 20,0	21,0-100,0	101,0-250,0	>250,0	35,0-50,0
Zn (mg kg ⁻¹)	<12,0	12,0 – 20,0	21,0-50,0	51,0-75,0	>75,0	50,0-70,0

¹ Fonte: Sfredo et al. (1986); ² Fonte: Malavolta et al. (1997).

Para a interpretação pelo método DRIS foram utilizadas normas que consistem em valores de média, variância, desvio padrão e coeficiente de variação das relações binárias dos nutrientes provenientes de uma população de referência com 240 observações e produtividade acima de 3.500 kg ha⁻¹, conforme Souza (2013) que foram obtidas em região de cerrado a partir de soja transgênica.

Para o cálculo dos índices DRIS em todas as glebas, utilizaram-se todas as relações entre os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn obtidos na análise foliar. Esses índices foram calculados adotando-se como norma a população de referência com produtividade acima de 3.500 kg ha⁻¹ de grãos de soja segundo Souza (2013), específica para soja transgênica.

O procedimento que foi utilizado para o cálculo dos índices DRIS foi o proposto por Alvarez & Leite (1992). Os índices foram calculados pela média das relações diretas e inversas dos nutrientes representado pela equação 1.

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

em que:

$Z(A/B)$ até $Z(N/A)$ representam as relações normais reduzidas diretas e inversas dos teores de todos os nutrientes em relação ao nutriente A, os quais foram determinados pela análise foliar; $n - 1$ é o número de relações possíveis.

Antes da comparação das relações das variáveis (amostra vs. norma) foi necessário fazer a transformação dos dados das relações por meio das funções reduzidas. Essas funções foram calculadas pelo procedimento de Beaufils (1971) e Oliveira (1998), conforme são apresentadas pelas equações 2 e 3 que levam em consideração se amostra é maior ou menor que o padrão ou a população de referência.

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

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

em que:

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; $C V_{a/b}$ - é o coeficiente de variação da razão dos nutrientes A e B da população de referência, que satisfaz definido nível mínimo de produtividade; K_t é o coeficiente de sensibilidade que tem valor arbitrário, e foi utilizado o valor 100.

A interpretação dos índices DRIS foi realizada empregando-se o procedimento padrão proposto por Beaufils (1971) nos quais valores negativos significam deficiência de um elemento em relação aos demais; valores positivos indicam excesso de um elemento em relação aos demais; e quanto mais próximos de zero os índices se apresentem, mais próxima a gleba estará do equilíbrio nutricional.

Posteriormente à interpretação pelo método padrão, também se fez uso do procedimento proposto por Leandro (1998) para interpretação dos índices. Para o autor a interpretação é feita considerando a porcentagem de ocorrência de limitação total (avalia-se todas as variáveis que apresentam índices negativos de cada gleba).

Essa porcentagem de ocorrência seria equivalente à classe “baixa” das Faixas de Concentração, e quando existir uma classe “deficiente”, representaria a soma das classes em questão.

Concomitante à porcentagem de ocorrência de limitação total, obteve-se também a porcentagem de ocorrência em primeira, segunda e terceira ordem, que representam o primeiro, segundo, e terceiro índice mais negativo, respectivamente, em cada gleba analisada. Com isso foi possível obter a diferença (em porcentagem) entre o diagnóstico das Faixas de Concentração e o DRIS, para cada nutriente da análise foliar.

A partir dos índices foi possível obter o Índice de Balanço Nutricional (IBN) que foi calculado pela soma em módulo de todos os índices de cada nutriente para cada uma das glebas. Segundo Beaufils (1973) e Walhorth & Sumner (1987) quanto menor for o IBN, mais equilibrada nutricionalmente a amostra estará.

Foram utilizadas as Faixas de Suficiência obtidas através do método DRIS por Souza (2013) para soja transgênica em região de cerrado (Tabela 4) para calcular a Distribuição de Frequência pelo DRIS para todas as variáveis da análise foliar e compará-las à distribuição de frequência calculada através das Faixas de Concentração de Sfredo et al. (1986) e Malavolta et al. (1997).

Tabela 4 - Faixas de suficiência (FS) obtidas por Souza (2013) para interpretação dos resultados de análises químicas de folha para cultura da soja transgênica.

Variável da análise foliar	FS soja transgênica ¹
N (g kg ⁻¹)	31,96 - 38,43
P (g kg ⁻¹)	6,25 - 8,34
K (g kg ⁻¹)	12,08 - 13,83
Ca (g kg ⁻¹)	11,17 - 14,06
Mg (g kg ⁻¹)	4,36 - 5,60
Cu (mg kg ⁻¹)	8,12 - 10,39
Fe (mg kg ⁻¹)	386,74 - 482,34
Mn (mg kg ⁻¹)	132,76 - 163,97
Zn (mg kg ⁻¹)	23,78 - 27,92

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. Fonte: Souza (2013).

Foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição da normalidade das amostras da análise foliar e o programa estatístico utilizado foi Stastical Analysis System – SAS (FREUND & LITTLE, 1981).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação da produtividade

A avaliação de produtividade das 30 glebas estudadas estão relacionadas na Tabela 5 na qual pode-se observar que a gleba que apresentou a maior produtividade dentre as demais foi a gleba número 3 com 2.116,17 kg ha⁻¹ e com a menor produtividade a gleba número 4 com apenas 951,98 kg ha⁻¹, apresentando respectivamente 35,27 sacas ha⁻¹ e 15,87 sacas ha⁻¹. Mesmo a gleba com a maior produtividade ainda ficou abaixo em 26,27% da estimativa da média de produtividade nacional (2.870,0 kg ha⁻¹) do 11º levantamento da safra de grãos 2015/2016 feito pela Conab (2016), porém apresenta-se acima da média de produtividade do Estado do Tocantins (1.958,0 kg ha⁻¹).

A média de produtividade geral de todas as glebas ficou em torno de 1.540,28 kg ha⁻¹ (Tabela 6) demonstrando a grande queda de produtividade que todo o estado sofreu na última safra. Esses resultados são explicados, segundo a Conab, pelas adversidades climáticas no Estado durante todo o ciclo da cultura, caracterizada por irregularidades e escassez das chuvas, com três períodos de veranicos e temperaturas acima da média para o período (CONAB, 2016).

Tabela 5 - Produção coletada, umidade dos grãos na colheita, produtividade corrigida a 13% de umidade e quantidade de sacas de 60 kg ha⁻¹ para cada gleba no município de Darcinópolis - TO. Safra 2015/2016.

Gleba	Produção Coletada (kg)	Umidade Grãos (%)	Produtividade 13% (kg ha ⁻¹)	Qnt. (Sacas ha ⁻¹)
1	0,332	12,4	1.667,47	27,79
2	0,313	13,5	1.451,80	24,20
3	0,386	11,4	2.116,17	35,27
4	0,229	15,0	951,98	15,87
5	0,303	15,7	1.205,10	20,09
6	0,297	14,2	1.311,10	21,85
7	0,303	12,8	1.480,10	24,67
8	0,344	15,5	1.385,36	23,09
9	0,429	15,6	1.725,64	28,76
10	0,421	15,5	1.696,29	26,27
11	0,396	14,5	1.699,12	28,32
12	0,381	17,7	1.341,68	22,36
13	0,440	14,9	1.840,97	30,68
14	0,437	15,1	1.809,55	30,16
15	0,421	17,4	1.515,37	25,26

Continua...

Tabela 5 - Continuação.

Gleba	Produção Coletada (kg)	Umidade Grãos (%)	Produtividade 13% (kg ha ⁻¹)	Qnt. (Sacas ha ⁻¹)
16	0,279	11,4	1.527,28	25,45
17	0,327	12,7	1.611,03	26,85
18	0,322	14,5	1.390,51	23,18
19	0,292	11,9	1.532,00	25,53
20	0,263	12,6	1.305,41	21,76
21	0,226	12,3	1.146,51	19,11
22	0,275	13,0	1.321,84	22,03
23	0,326	12,7	1.607,78	26,80
24	0,314	16,0	1.230,30	20,50
25	0,367	12,1	1.900,13	31,67
26	0,336	13,2	1.594,32	26,57
27	0,330	12,8	1.617,76	26,96
28	0,344	12,4	1.732,51	28,88
29	0,369	12,2	1.895,24	31,59
30	0,428	16,8	1.597,60	26,63

Fonte: Autor (2016).

5.2 Avaliação pelo método das Faixas de Concentração e Níveis Críticos

Observa-se na Tabela 6, que segundo os níveis de interpretação para análise foliar descritos por Sfredo et al.(1986) (Tabela 3), os valores médios da maioria dos nutrientes (K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn) estão dentro dos níveis considerados suficientes. O teor médio de N (59,83 g. kg⁻¹) é considerado alto bem como o de Mn (202,13 mg kg⁻¹). Somente o teor médio de P (2,3 g kg⁻¹) está caracterizado como baixo segundo os níveis.

Pelo critério de Malavolta et al. (1997) os níveis médios de P e Zn estão abaixo do adequado no entanto, o N, Mg, Cu e Mn estão acima desse nível. Já os demais nutrientes são considerados como adequados.

Os maiores coeficientes de variação foram obtidos para os teores de Fe (66,90%), Ca (32,03%) e Cu (29,08%). Os altos valores de coeficiente de variação são justificados devido às amostragens terem sido realizadas em glebas que apresentam graus de fertilidade variados e esse dado mostra a diversidade da área que é fator bastante importante para a obtenção de dados para o DRIS (WALWORTH & SUMNER, 1987; HALLMARK et al., 1990).

Os testes de Shapiro-Wilk (Tabela 5), com exceção dos nutrientes K, Cu e Mn, foram considerados não significativos aos níveis de 1% e 5% de probabilidade para todas as variáveis, indicando que não existem desvios da distribuição normal

sendo esse um critério necessário para utilização do DRIS, necessitando excluir os dados que provocam desvios. Porém, esse procedimento não melhorou a distribuição e optou-se por manter todas as observações bem como outros autores optaram pela mesma decisão, cita-se Souza (2013) e Leandro (1998).

Tabela 6 - Valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (C.V.) e teste W para produtividade e nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise foliar em 30 glebas de soja no município de Darcinópolis – Tocantins. Safra 2015/2016.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	C.V (%)	Teste W ¹
Produtividade (Kg. ha ⁻¹)	951,98	2.116,17	1.540,28	16,49	0,99 ns ²
N (g kg ⁻¹)	40,00	77,30	59,83	16,41	0,97 ns
P (g kg ⁻¹)	1,60	2,93	2,30	14,20	0,97ns
K (g kg ⁻¹)	16,00	32,00	22,45	14,59	0,77**
Ca (g kg ⁻¹)	3,00	16,00	9,73	32,03	0,98ns
Mg (g kg ⁻¹)	1,30	7,00	4,71	24,12	0,96ns
Cu (mg kg ⁻¹)	16,00	69,00	29,93	29,08	0,69**
Fe (mg kg ⁻¹)	49,00	611,00	199,20	66,90	0,81**
Mn (mg kg ⁻¹)	101,00	270,00	202,13	21,65	0,95ns
Zn (mg kg ⁻¹)	27,00	64,00	46,96	20,82	0,97ns

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

Quanto à distribuição de frequência para as variáveis da análise foliar da soja (Tabela 7), os nutrientes que apresentaram porcentagens de amostras abaixo da classe suficiente por Sfredo et al. (1986) foram o P (73,3 %), N (3,3%), K (3,3%), Ca (3,3%), Mg (3,3%) e Fe (3,3%), enquanto os nutrientes que apresentaram porcentagens acima da classe suficiente foram Mn (86,7%), N(46,7%), Zn (33,3%) e Cu (26,7%). Ainda segundo os critérios de Sfredo et al. (1986), somente o nutriente P (6,7%) apresentou amostras na classe deficiente. E os nutrientes N (20,0%), Mn (13,3%), K (10,0%), Fe (6,7%) e Cu (3,3%) apresentarem amostras com teores considerados excessivos.

Ainda na Tabela 7, segundo critério de Malavolta et al. (1997), os nutrientes que apresentaram porcentagens de amostras abaixo dos níveis considerados adequado foram P (100,0%) , Zn (63,3%), Ca (36,7%), Fe (36,7%), N (33,3%) e K (26,7%), enquanto que os nutrientes que apresentaram porcentagens de amostras acima dos níveis adequados foram o Mn (100,0%) Cu (100,0%), Mg (73,3%), N (66,7%), Fe (63,3%), Ca (40,0%) e K (10,0%). E somente os nutrientes K (63,3%), Zn (33,7%), Ca (23,3%) e Mg (20,0%) apresentaram amostras com teores considerados adequados.

Percebe-se quando se compara a distribuição de frequência para os dois critérios de interpretação, que para todos os nutrientes que o critério proposto por Sfredo et al. (1986) classificou como abaixo da classe suficiente, o critério de Malavolta et al. (1997) classificou como abaixo do adequado no entanto com maiores porcentagens de amostras dentro dessa classe para o último critério citado.

As Faixas de Concentração propostas pelos autores apresentam uma diferença de onze anos de suas publicações, e mesmo com essa grande diferença existem poucas alterações nas faixas dos nutrientes, como pode-se verificar na Tabela 3, alguns nutrientes variaram apenas no limite inferior e o limite superior da faixa de concentração permaneceu o mesmo, como no caso dos nutrientes P e K.

Nas faixas de interpretação propostas por Malavolta et al. (1997), o intervalo entre as faixas para micronutrientes é muito pequeno quando comparadas as faixas propostas por Sfredo et al. (1986), e com isso, temos por exemplo o Fe que está enquadrado na maioria de suas amostras na classe acima do adequado por Malavolta et al. (1997) e por Sfredo et al. (1986), a maioria de suas amostras se apresenta na classe suficiente. Contrariamente, para o micronutriente Zn segundo critério de Malavolta et al. (1997), a maioria das amostras são pertencentes à classe abaixo dos níveis adequados, enquanto o critério de Sfredo et al. (1986) nenhuma das amostras apresentaram deficiência deste elemento. Isto se deve ao fato de que o critério de Malavolta et al. (1997) é mais exigente, ou seja, as faixas críticas são mais elevadas.

Mesmo com as diferenças entre as classes de interpretação descritas pelos autores para determinados nutrientes, verifica-se que existem nutrientes com base na análise foliar que, interpretados por essas Faixas de Concentração, estão limitantes nessa avaliação mostrando um grande desequilíbrio nutricional da cultura.

Para as plantas de soja avaliadas, a ordem de limitação por deficiência dos nutrientes, de acordo com os níveis propostos por Sfredo et al. (1986) foi $P > N = K = Ca = Mg = Fe$ e, por excesso têm-se, $Mn > N > Zn > Cu > K > Fe$. Já, pelos critérios de Malavolta et al. (1997), a ordem de limitação por deficiência foi $P > Zn > Ca = Fe > N > K > Mg$, enquanto por excesso foi $Cu > Mn > Mg > N > Fe > Ca > K$ (Tabela 7).

A partir dos métodos das Faixas de Concentração foi possível constatar que para os dois critérios de interpretação analisados o nutriente P foi o que se apresentou como o mais limitante por deficiência para a soja. Em relação aos

limitantes por excesso, houve divergência entre os dois critérios, porém, de forma geral podemos considerar o Mn como nutriente mais limitante por excesso, no entanto, no critério de Sfredo et al. (1986) ele aparece com mais amostras classificadas como em excesso e no critério de Malavolta et al. (1997) como segundo elemento como mais amostras em excesso.

Tabela 7 - Distribuição de frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, obtida pela análise foliar em 30 glebas de soja no município de Darcinópolis – TO. Safra 2015/2016.

Variável	Critério ¹					Critério ²		
	Deficiente	Baixo	Suficiente	Alto	Excessivo	Abaixo	Adequado	Acima
	%.....							
N (g kg ⁻¹)	0,0	3,3	30,0	46,7	20,0	33,3	0,0	66,7
P (g kg ⁻¹)	6,7	73,3	20,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
K (g kg ⁻¹)	0,0	3,3	86,7	0,0	10,0	26,7	63,3	10,0
Ca (g kg ⁻¹)	0,0	3,3	96,7	0,0	0,0	36,7	23,3	40,0
Mg (g kg ⁻¹)	0,0	3,3	96,7	0,0	0,0	6,7	20,0	73,3
Cu (mg kg ⁻¹)	0,0	0,0	70,0	26,7	3,3	0,0	0,0	100,0
Fe (mg kg ⁻¹)	0,0	3,3	90,0	0,0	6,7	36,7	0,0	63,3
Mn (mg kg ⁻¹)	0,0	0,0	0,0	86,7	13,3	0,0	0,0	100,0
Zn (mg kg ⁻¹)	0,0	0,0	66,7	33,3	0,0	63,3	33,7	0,0

¹ Baseado nos critérios de interpretação descritos Sfredo et al. (1986); ² Baseado nos níveis adequados descritos por Malavolta et al. (1997).

5.3 Avaliação pelo método DRIS

Na Tabela 8 são apresentados os índices DRIS para cada nutriente da análise foliar, em cada gleba analisada no município de Darcinópolis – TO. A ordem decrescente quanto à limitação (deficiência a excesso) e o Índice de Balanço Nutricional também foram apresentados para cada gleba.

O índice de Balanço Nutricional (IBN) reflete o estado nutricional de uma amostra de planta de forma geral, ou seja, consideram-se todos os nutrientes avaliados. Quanto mais próximo de zero o IBN se apresentar, mais próximo do equilíbrio nutricional está a planta. De forma contrária, quanto mais distante de zero, mais desequilibrada a planta se encontra. Na Tabela 7 encontram-se os IBN's para cada gleba de soja e observa-se que 100% das glebas estão em desequilíbrio nutricional em maior ou menor grau. A gleba 29 possui um IBN = 323, considerado um dos mais baixos IBN's em relação às glebas avaliadas e por consequência, também foi uma das glebas que obteve uma das maiores produtividades alcançadas (31,59 sacas ha⁻¹) (Tabela 5). Já a gleba 6 apresentou uma das mais baixas produtividades (21,85 sacas ha⁻¹) (Tabela 5), e um dos mais altos IBN's (1014)

como verifica-se na Tabela 8, mostrando a correlação dos valores de IBN do DRIS com a produtividade da área estudada neste trabalho.

Tabela 8 - Índices DRIS calculados pelo procedimento de Alvarez & Leite (1992) e Índices de Balanço Nutricional (IBN) obtidos pela análise foliar das 30 glebas para cultura da soja no município de Darcinópolis – TO. Safra 2015/2016.

Gleba	Índices ¹									IBN ²	Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso)
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn		
1	52	-175	37	-25	-5	97	-45	13	51	499	P>Fe>Ca>Mg>Mn>K>Zn>N>Cu
2	63	-143	32	-30	-1	94	-85	14	56	518	P>Fe>Ca>Mg>Mn>K>Zn>N>Cu
3	90	-145	71	-53	18	138	-215	31	64	826	Fe>P>Ca>Mg>Mn>Zn>K>N>Cu
4	76	-78	69	-70	14	101	-233	56	66	762	Fe>P>Ca>Mg>Mn>Zn>K>N>Cu
5	84	-143	55	-26	5	116	-179	23	65	695	Fe>P>Ca>Mg>Mn>K>Zn>N>Cu
6	48	-127	106	-69	-115	210	-196	46	97	1014	Fe>P>Mg>Ca>Mn>N>Zn>K>Cu
7	65	-121	60	-5	12	157	-258	35	55	768	Fe>P>Ca>Mg>Mn>Zn>K>N>Cu
8	27	-116	27	-14	3	80	-52	8	36	364	P>Fe>Ca>Mg>Mn>N>K>Zn>Cu
9	36	-146	27	-33	9	97	-67	23	54	492	P>Fe>Ca>Mg>Mn>K>N>Zn>Cu
10	35	-118	25	-54	10	87	-59	10	65	462	P>Fe>Ca>Mg>Mn>K>N>Zn>Cu
11	53	-134	47	-16	1	96	-106	9	50	510	P>Fe>Ca>Mg>Mn>K>Zn>N>Cu
12	31	-114	23	-26	-17	90	-64	22	55	442	P>Fe>Ca>Mg>Mn>K>N>Zn>Cu
13	51	-151	36	-35	-5	81	-62	28	57	505	P>Fe>Ca>Mg>Mn>K>N>Zn>Cu
14	24	-84	72	-13	-11	94	-152	-23	94	567	Fe>P>Mn>Ca>Mg>N>K>Zn=Cu
15	18	-118	67	-44	15	162	-194	2	93	712	Fe>P>Ca>Mn>Mg>N>K>Zn>Cu
16	95	-118	162	-46	-19	179	-371	41	78	1110	Fe>P>Ca>Mg>Mn>Zn>N>K>Cu
17	15	-101	68	-15	12	83	-68	-14	21	397	P>Fe>K>Mn>Mg>N>Zn>K>Cu
18	60	-124	147	19	27	130	-402	82	61	1052	Fe>P>Ca>Mg>N>Zn>Mn>Cu>K
19	25	-168	81	30	7	137	-296	72	113	928	Fe>P>Mg>N>Ca>Mn>K>Zn>Cu
20	58	-137	30	3	25	35	-76	20	43	427	P>Fe>Ca>Mn>Mg>K>Cu>Zn>N
21	69	-163	43	19	25	109	-149	21	28	625	P>Fe>Ca>Mn>Mg>Zn>K>N>Cu
22	45	-123	23	-2	8	89	-84	1	43	417	P>Fe>Ca>Mn>Mg>K>Zn>N>Cu
23	30	-109	28	-12	-6	99	-47	9	8	348	P>Fe>Ca>Mg>Zn>Mn>K>N>Cu
24	45	-128	33	4	-9	55	-59	24	35	393	P>Fe>Mg>Ca>Mn>K>Zn>N>Cu
25	53	-144	19	-7	-23	72	-56	28	57	457	P>Fe>Mg>Ca>K>Mn>N>Zn>Cu
26	23	-98	5	-6	6	64	-32	21	16	272	P>Fe>Ca>K>Mg>Zn>Mn>N>Cu
27	30	-113	25	-10	-17	72	-40	19	34	358	P>Fe>Mg>Ca>Mn>K>N>Zn>Cu
28	54	-82	42	-138	-6	88	24	13	5	451	Ca>P>Mg>Zn>Mn>Fe>K>N>Cu
29	-1	-117	51	-12	-14	68	5	-17	38	323	P>Mn>Mg>Ca>N>Fe>Zn>K>Cu
30	21	-136	5	-22	-8	214	-82	-15	25	528	P>Fe>Ca>Mn>Mg>K>N>Zn>Cu

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

Após a ordenação dos índices DRIS, obteve-se a porcentagem de ocorrência dos nutrientes (Tabela 9) segundo procedimento feito por Leandro (1998), de forma que se considera a porcentagem de ocorrência de limitação total (avalia-se todas as variáveis com índices negativos) e a porcentagem de ocorrência em primeira, segunda e terceira ordem (avaliando-se os primeiros, segundos e terceiros índices que apareceram mais negativos correspondentes a cada gleba respectivamente). A porcentagem de ocorrência de limitação total nesse trabalho seria equivalente à classe baixa das Faixas de Concentração, e quando houver a classe deficiente, seria a soma das classes baixa e deficiente.

Quando se comparou as porcentagens de ocorrência de limitação total dos nutrientes (Tabela 9) com as distribuições de frequência das Faixas de Concentração (Tabela 7), verifica-se que os métodos de diagnose do estado nutricional apresentaram divergências quanto à alguns resultados. O próprio DRIS apresentou resultados diferentes quanto às limitações de alguns nutrientes.

Pelo método de Diagnose DRIS (Tabela 9), a ordem de limitação a partir da porcentagem de ocorrência de limitação total nas análises foliares para a soja foi $P > Fe > Ca > Mg > Mn > N$. Sendo que por Sfredo et al. (1986) foi $P > N = K = Ca = Mg = Fe$ e por Malavolta et al. (1997) foi $P > Zn > Ca = Fe > N > K > Mg$ (Tabela 7). O DRIS apresentou 70,6 %, 63,3%, 32,2% e 26,7% de amostras de folha com deficiências respectivamente de P, Zn, N e K a menos que os métodos das Faixas de Concentração. Esses resultados foram as maiores diferenças observadas entre os dois métodos de diagnose do estado nutricional para as plantas de soja avaliadas.

Observa-se pela ordem de limitação dos nutrientes que, o DRIS diagnosticou índices negativos ou deficiências, com exceção de K e Zn, para todos os nutrientes que também foram diagnosticados pelo método das Faixas de Concentração. Vale lembrar, que o método das Faixas de Concentração apresentou a maioria das amostras de P (70,6%) com deficiência a mais que o método DRIS.

Para o micronutriente Fe, o método das Faixas de Concentração enquadrou a maioria das amostras como suficiente e acima do adequado (Tabela 7). E o que se observa pelo método DRIS é que este nutriente destaca-se como um dos mais limitantes, principalmente, pelo fato de se apresentar com 33,3 % das amostras deficientes pela porcentagem de ocorrência em primeira ordem (Tabela 9). Isso quer dizer que o nutriente Fe foi diagnosticado com índices mais negativos em primeira ordem em 33,3% das amostras de soja.

Tabela 9 - Porcentagem de ocorrência dos nutrientes mais limitantes por deficiência, diagnosticados pelos índices DRIS, obtidos pela análise foliar para cultura da soja em 30 glebas no município de Darcinópolis - TO. Safra 2015/2016.

Variável	% de Ocorrência ¹				Diferença em relação às Faixas de Concentração (%) ²
	Total	1ª Ordem	2ª Ordem	3ª Ordem	
N	0,98	0,0	0,0	0,0	32,32
P	29,41	63,3	36,7	0,0	70,6
K	0,0	0,0	0,0	3,3	26,7
Ca	24,51	3,3	0,0	70,0	12,19
Mg	13,72	0,0	0,0	23,3	-7,02
Cu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe	27,45	33,3	60,0	0,0	9,25
Mn	3,92	0,0	3,3	3,3	-3,92
Zn	0,0	0,0	0,0	0,0	63,3

¹ Na % de ocorrência total consideram-se todos os índices negativos, nas % de ocorrência de 1ª, 2ª e 3ª ordem consideram-se os primeiros, os segundos e os terceiros índices mais negativos de cada gleba respectivamente; ² A primeira coluna é a diferença entre porcentagem de ocorrência de amostras na classe abaixo da adequada, pelo método das Faixas de Concentração proposto por Malavolta et al. (1997) e a porcentagem de ocorrência total pelo método DRIS.

Ao se utilizar as Faixas de Suficiência (FS) obtidas por Souza (2013) para a soja (Tabela 3) para cada variável da análise de folha foi possível comparar às Faixas de Concentração (Tabela 4).

Ao se comparar as FS obtidas pelo DRIS com as Faixas de Concentração propostas por Sfredo et al. (1986) e Malavolta et al. (1997), concluímos que os nutrientes N, K e Cu tiveram os limites inferiores e superiores reduzidos. Para os nutrientes P, Fe e Mn os limites inferiores e superiores foram aumentados e para os nutrientes Ca e Mg, as FS tiveram seus limites inferiores e superiores aumentados em relação as Faixas de Concentração propostas por Malavolta et al. (1997). Mas em relação às Faixas de Concentração propostas por Sfredo et al. (1986), os limites superiores foram reduzidos.

Para o Zn, os limites inferiores foram aumentados e os superiores reduzidos em relação às Faixas de Sfredo et al. (1986), mas quando compara-se com as de Malavolta et al. (1997) os limites tanto inferiores como superiores das FS foram reduzidos (Tabela 3).

Na Tabela 11 são apresentadas as distribuições de frequência para os nutrientes para cada variável da análise de folha das amostras de soja, interpretadas segundo as Faixas de Suficiência (Tabela 3) obtidas através do método DRIS por Souza (2013). A interpretação pelo DRIS indica que os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras de soja abaixo dos níveis adequados foram o P (100,0%), Fe (93,3%), Ca (63,3%) e Mg (40,0%). Verifica-se na Tabela 11 que a ordem de limitação dos nutrientes foi $P > Fe > Ca > Mg$.

Comparando-se às ordens de limitação por deficiência obtida pela distribuição de frequência dos nutrientes conforme critérios de Sfredo et al. (1986), Malavolta et al (1997) (Tabela 7), e DRIS (Tabela 11) respectivamente foram, $P > N = K = Ca = Mg = Fe$, $P > Zn > Ca = Fe > N > K > Mg$ e $P > Fe > Ca > Mg$. E por excesso, pelos mesmos critérios, respectivamente temos, $Mn > N > Zn > Cu > K > Fe$, $Cu > Mn > Mg > N > Fe > Ca > K$ e $N = K = Cu > Zn > Mn$.

Todas as amostras se encontram com deficiência de P tanto na interpretação pelo método das Faixas de Concentração propostas por Malavolta et al. (1997) como pelas faixas de suficiência (FS) do DRIS, no entanto, não para as Faixas de Concentração propostas por Sfredo et al. (1986) o P apresentou-se deficiente em 80,0% das amostras e 20,0% como suficiente.

Para o Fe, as amostras interpretadas pelo DRIS apresentaram-se 93,3% com níveis do nutriente abaixo do adequado, 6,7% acima do adequado e 0,0% das amostras na classe adequado. Quando compara-se com as Faixas de Concentração de Sfredo et al. (1986), 90,0% das amostras de Fe estão com níveis dentro do suficiente, e para Malavolta et al. (1997), a maioria das amostras (63,3%) estão acima da faixa adequada. Isso demonstra que mais uma vez o produtor pode subestimar ou superestimar a aplicação de fertilizante no cultivo de soja.

Tabela 10 - Distribuição de frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Mg, Cu, Fe, Mn, e Zn, obtida pela análise foliar de 30 glebas de soja no município de Darcinópolis - TO. Safra 2015/2016.

Variável	Critério de Interpretação ¹		
	Abaixo	Adequado	Acima
	%.....		
N (g kg ⁻¹)	0,0	0,0	100,0
P (g kg ⁻¹)	100,0	0,0	0,0
K (g kg ⁻¹)	0,0	0,0	100,0
Ca (g kg ⁻¹)	63,3	33,4	3,3
Mg (g kg ⁻¹)	40,0	40,0	20,0
Cu (mg kg ⁻¹)	0,0	0,0	100,0
Fe (mg kg ⁻¹)	93,3	0,0	6,7
Mn (mg kg ⁻¹)	6,7	6,6	86,7
Zn (mg kg ⁻¹)	0,0	3,3	96,7

¹ Baseado nas faixas de suficiência obtidas pelo método DRIS para soja transgênica conforme Souza (2013).

O P é um elemento essencial nos processos de armazenamento e fornecimento de energia, principalmente através do trifosfato de adenosina (ATP). Ele promove os mecanismos de síntese dos componentes das células como carboidratos, ácido graxos, glicerídeos, proteínas, entre outros (SEDYIAMA, 2009). Segundo Souza & Lobato (2004), em regiões de cerrado o P é o nutriente que merece maior atenção, devido à sua baixa concentração natural no ambiente e por isso as quantidades de P a serem aplicadas nessas áreas geralmente são grandes. Porém, mesmo com grandes quantidades aplicadas, a eficiência do uso do P depende de uma série de aspectos, como: espécie cultivada, tipos de minerais de argila acidez do solo dentre outros (SOUZA & LOBATO, 2004).

Para cada tonelada de grãos de soja produzidos a planta extrai um total de 83 g kg⁻¹, desse total 10 g kg⁻¹ são direcionados para os grãos e 32 g kg⁻¹ para os restos culturais, apresentando uma poder de extração do solo para este elemento de 61% de P₂O₅ (OLIVEIRA et al., 2008).

As deficiências de P encontradas neste trabalho podem ter sido ocasionadas por uma adubação fosfatada em quantidade menor que a necessária. Pois não foi aplicado P para correção do solo, somente para a necessidade da cultura, segundo dados do produtor.

Pressupondo-se do fato de solos de cerrado apresentarem na maioria das vezes, pH ácido com presença de óxidos de Fe bem como toxidez de Al e Mn, terminam por afetarem negativamente a disponibilidade de P, Fe e Ca para as plantas (SEDIYAMA, 2009). Os óxidos atraem ânions como o fosfato, sulfato e molibdato que formam complexos de esfera-interna e ficam indisponíveis para a absorção das plantas (NOVAIS, et al. 2007) .

Segundo Sedyama (2009), o Fe participa das funções enzimáticas catalisadas pela catalase, peroxidase, nitrogenase, leghemoglobina e ferredoxina. A planta de soja tem um potencial de exportação deste nutriente de 15%, extraindo um total de 470 mg kg^{-1} , desse total de 70 mg kg^{-1} é exportado para o grão e 390 mg kg^{-1} estão presentes nos restos culturais, valores esses para obter um rendimento de uma tonelada de grãos de soja (OLIVEIRA et al., 2008).

De acordo com Novais et al. (2007), os solos tropicais são bem providos de Fe, contudo podem ocorrer deficiência nas plantas em decorrência da imobilização do Fe como por exemplo, ocasionado pela precipitação na forma de FePO_4 características de solos ácidos com presença de fosfatos solúveis e, em solos com presença de MnO_2 o Fe reduzido se oxida passando a forma férrica não-assimilável.

De acordo com Sedyama (2009), o Ca é benéfico na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, ativa enzimas relacionadas ao metabolismo do P e atua na manutenção da integridade funcional da membrana e da parede celular. A deficiência de Ca provoca retardamento da emergência das folhas primárias, atrofia o sistema radicular e pode matar a gema apical. A necessidade da soja para este elemento é de $12,2 \text{ g kg}^{-1}$ para produzir uma tonelada de grãos, sendo $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ para o grão e o restante para os restos da cultura (OLIVEIRA et al., 2008).

Os excessos de Mn verificados pelo DRIS podem ter sido causados pela aplicação foliar de manganês feita pelo produtor associada a um pH ácido do solo pelo qual as formas oxidadas de Mn reduzem, tornando-se mais disponíveis em solos com essas condições e sendo absorvidas em maior quantidade pelas plantas (Novais et al. 2007).

Os excessos de Cu também podem ter sido ocasionados por um pH ácido do solo que aumenta a disponibilidade de micronutrientes de forma geral (NOVAIS et al, 2007). Segundo Sedyama (2009), o Cu atua como ativador de enzimas que participam do transporte eletrônico terminal da respiração e da fotossíntese.

As glebas de soja apresentaram altos desequilíbrios nutricionais que ocasionaram grandes perdas de produtividade, através de uma junção de fatores relacionados ao solo, a planta, e ao ambiente.

Nos últimos anos as cultivares de soja que chegam ao mercado são cada vez mais competitivas em nível de produtividade e com isso são bem mais exigentes

nutricionalmente. As cultivares ditas “transgênicas” que além de possuírem a tecnologia RR (Roundup Ready) que as fazem resistentes a um herbicida específico, também combinam várias características que as levam a obterem aumentos significativos de produtividade como resistência a doenças e pragas, se adaptarem às condições climáticas de cada região e ainda serem bastante responsivas à adubação. Diante disso, a correta interpretação de análises foliares é de suma importância para que as plantas consigam alcançar a faixa de equilíbrio nutricional que as cultivares atuais necessitam e assim atingir seu máximo potencial de produtividade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- As glebas de soja avaliadas apresentaram alto desequilíbrio nutricional pelos métodos das Faixas de Concentração e DRIS;
- Os métodos de diagnose utilizados no trabalho apresentam interpretações distintas para alguns nutrientes;
- Ao utilizar as Faixas de Concentração as aplicações de adubo podem ser subestimadas ou superestimadas ocasionando perdas econômicas e ambientais.
- O P e o Fe foram os nutrientes mais limitantes para a cultura da soja nas glebas avaliadas, diagnosticados tanto pelo método das Faixas de Concentração como pelo método DRIS;
- O DRIS diagnosticou com mais acurácia deficiências de Fe e Mn quando comparados ao método das Faixas de Concentração;
- O DRIS tem grande potencial para obtenção de faixas de suficiência com precisão e confiabilidade para as culturas através de análises foliares, porém é importante se obter cada vez mais dados de produções regionais para aumentar o banco de dados e refinar de forma significativa a precisão nas interpretações.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V. H. & LEITE, R. A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices dos nutrientes no Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação – DRIS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 186-187.
- BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. **Análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 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. **Contribution to the study of mineral elements it field latex**. London: Proc. 3rd Rubb. Tech. Conf., 1954. 87 p.
- 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. Physiological diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, Pietermaritzburg, 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. In: South African Sugar Technologists Association, 50., 1976, KwaZulu-Natal. **Proceedings...** KwaZulu-Natal: SASTA, 1976. p. 118-124.
- 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. In: South African Sugar Technologists Association, 51., 1977, KwaZulu-Natal. **Proceedings...** KwaZulu-Natal: SASTA, 1977. p. 123-127.
- BEVERLY, R. B.; SUMNER, M. E.; LETZSCH, W. S.; PLANK, C. O. Foliar diagnosis of soybean by DRIS. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 17, n. 3, p. 237-256, 1986.
- BEVERLY, R. B. Comparison of DRIS and alternative nutrients diagnostic methods for soybean. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 10, n. 8, p. 901-920, 1987

BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. **Seja o doutor da sua soja**. Piracicaba: Potafós, 1994. 16 p. (Arquivo do Agrônomo, 5).

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

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Décimo primeiro levantamento, agosto 2016. Brasília: Conab, 2016. 176 p. Acesso em: 10 set. 2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_09_12_08_19_boletim_graos_agosto_2016.pdf.

DEAGRO. Departamento do Agronegócio - FIESP. **Safra mundial de soja 16/17**. Acesso em: 18 out. 2016. Disponível em: http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2016/09/boletim_soja_setembro2016.pdf.

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. 3, p. 466-470, 1984.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Sistemas de Produção, 2. **Tecnologias de produção de soja Paraná 2003**. Londrina: Embrapa/Soja, 2002. 195 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Publicações institucionais sobre temas do agronegócio. **A Embrapa nos Biomas Brasileiros: Avanços no Manejo Sustentável dos Recursos Naturais**. Brasília: Embrapa/Sede, 2012. 16 p.

EVANYLO, G. K.; SUMNER, M. E.; LETZSCH, W. S. Preliminary development and testing of DRIS soil norms for soybean production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 18, n. 12, p. 1355-1377, 1987.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p.

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

HALLMARK, W. B.; WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; MOOY, C. J. de ; PESEK, J.; SHAO, K. P. Separating limiting from non-limiting nutrients. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 10, n. 9, p. 1381-1390, 1987.

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. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 21, n. 13, p. 1313-1328, 1990.

HANSON, R. G. DRIS evaluation of N, P, K status of determinant soybean in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 12, n. 9 p. 933-948, 1981.

HANWAY, J. J.; WEBER, C. R. N, P and K percentages in soybean plant parts, *Agronomy Journal*, Madison, v. 63, n. 2, p. 286-290, 1971.

HARGER, N.; FIORETTO, R.; RALISCH, R. Avaliação nutricional da cultura da soja pelos métodos DRIS e Níveis de suficiência. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 219-224, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática, 2015. Acesso em: 13 out. 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=p&o=30>>.

JONES, C. A. & BOWEN, J. E. Comparative DRIS and crop log analysis diagnosis of sugarcane tissue analysis. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, n. 6, p. 941-944, 1981.

KEOGH, J. L.; SABBE, W. B.; CAVINESS, C. E. Nutrient concentration of selected soybean cultivars. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 3, n. 1, p. 29-36, 1972.

KURIHARA, C. H.; STAUT, L. A.; MAEDA, S. Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e soja, definidas pelo uso do método DRIS de diagnose do estado nutricional. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2008. Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja/SBCS/IAPAR/UDEL, 2008. 1 CD-ROM.

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.

MAEDA, S.; NOVACHINSKI, J. R.; SCORZA JÚNIOR, R. P.; LIMA FILHO, O. F.; FABRÍCIO, A. C. **Valores de referência e programa DRIS para avaliação nutricional de soja em Naviraí, MS**. Dourados: Embrapa-CPAO, 2003. 22 p. (Documentos, 59).

MAGALHÃES, C. M. Soja no Estado do Rio Grande do Sul. In: MIYASAKA, S. e MEDINA, J. C. **A soja no Brasil**. ITAL, Campinas, p. 118-20, 1981.

MALAVOLTA, E.; CRUZ, V. F. da. A meaning for foliar diagnosis. In: SAMISH, R. (Ed.). **Recent advances in plant nutrition**. New York: Gordon & Breach Science, 1971. v. 1, cap. 1, p. 1-13.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 1. ed. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. Mineral nutrition of higher plants: the first 150 years. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Lavras: UFLA, DCS, 1999. p. 51-122.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. **Soja**. Acesso em: 20 set. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>.

MARTINS, O. C.; LIMA, R. O.; VIVIANI, C. A.; BORGES, F. G. Aplicação do DRIS, do PASS e do PIDAP (Programa Integrado de Diagnósticos para Aumento da Produtividade) no Monitoramento Nutricional de Soja e Algodão. In: SIMPÓSIO SOBRE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO DE CULTURAS, 1999. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1999. 1 CD-ROM.

MARTINS, L. A.; FIORETTO, R. A.; FONSECA, I. C. B.; CARNEIRO, C. E. A. Monitoramento nutricional do trigo através do índice de balanço nutricional – DRIS. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 4, p. 455-462, 2005.

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.

MIRANDA, E. de. **Bico do Papagaio**: caracterização, municípios e cadeias produtivas prioritárias. GITE - Grupo de Inteligência Territorial Estratégia, Embrapa, 103p. agosto, 2015. Acesso em: 15 out. 2016. Disponível em:<https://www.embrapa.br/gite/projetos/bicodopapagaio/150814_BICO_PAPAGAI_O_COMPLETA_WEBSITE.pdf>.

MORAIS, N. R. **Critério de interpretação da qualidade do solo para a cotonicultura no Cerrado goiano**. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água)-Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

MÜLLER, L. Anatomia, morfologia e desenvolvimento. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed.) **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p.65-104.

NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. DRIS norms for evaluating the nutritional state of apple tree. **Scientia Agricola**, Piracicaba, Braz., v. 64, n. 3, p. 282-287, 2007.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. [viii], 1017p.

OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade de solos**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. 392 p.

OLIVEIRA, F. A. de.; SFREDO, G. J.; KLEPKER, D.; CASTRO, C. de. **Exigências minerais e adubação**. AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília – DF, 2008. Acesso em 23 nov. 2016. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_38_271020069132.html> .

OLIVEIRA, S. A. Avaliação do balanço nutricional no sistema solo - planta pelo DRIS. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1., 1997, Dourados. **Anais...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 81-87. (Documentos, 22).

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

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

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; COSTA, A. N. Diagnóstico nutricional em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Espírito Santo, utilizando o DRIS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1456-1460, 2005.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; MONNERAT, P. H.; VIANA, A. P. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 443-451, 2006.

PECK, T. R. Plant analysis for production agriculture. In: SOIL PLANT ANALYSIS WORKSHOP, 7., 1979, Bridgetown. **Proceedings...** Bridgetown: [s. n.], 1979. p. 1-45.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991. 343 p.

REIS JUNIOR, R. 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. 2, p. 277-282, 2003a.

REIS JUNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 379-385, 2003b.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

SANTOS, A. L.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. Estabelecimento de normas DRIS para o diagnóstico nutricional do coqueiro-anão verde na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 330-334, 2004.

SEDIYAMA, T. **Tecnologia de produção e usos da soja**. Londrina: Meceas, 2009. 314 p.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; SILVA, M. A. C.; GOMES, C. F. Determinação de faixas ótimas de nutrientes no algodoeiro pelos métodos ChM, CND e DRIS In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2008. Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja: SBCS: IAPAR: UEL, 2008. 1 CD-ROM.

SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F.; COMPO, R. J.; BORKERT, C. M. **Soja: nutrição mineral, adubação e calagem**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1986. 52 p. (Documentos, 17).

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do cafeeiro em resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 247-255, 2003.

SILVA, M. A. C. **Métodos de avaliação do estado nutricional para o algodoeiro no Centro-Oeste do Brasil**. 2006. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SILVA, M. A. C.; NATALE, W.; MALHEIROS, E. B. Estabelecimento de normas DRIS para a cultura do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 7., 2007. Uberlândia, MG. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2007. 1 CD-ROM.

SILVEIRA, C. P.; NACHTIGALL, G. R; MONTEIRO, F. A. Testing and validation of methods for the Diagnosis and Recommendation Integrated System for signal grass. **Scientia Agricola**, Piracicaba, Braz., v. 62, n. 6, p. 520-527, 2005.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 416 p.

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

SOUZA, R. F. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a Cultura da Soja Convencional e Transgênica na Região Sudeste de Goiás**. 2013. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

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. In: South African Sugar Technologists Association, 49., 1975, KwaZulu-Natal. **Proceedings...** KwaZulu-Natal: SASTA, 1975. p. 137-141.

SUMNER, M. E. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norms for soybeans.

Agronomy Journal, Madison, v. 69, n. 2, p. 226-230, 1977a.

SUMNER, M. E. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca and Mg content and calculated DRIS Index. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 8, n. 3, p. 269-280, 1977b.

SUMNER, M. E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, n. 2, p. 343-348, 1979.

TERRA, M. M.; GUILHERME, M. A. S.; SANTOS, W. R.; PAIOLI-PIRES, E. J.; POMMER, C. V.; BOTELHO R. V. Avaliação do estado nutricional da videira Itália na região de Jales, SP, usando o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 309-314, 2003.

VALDAMERI, M. L.; POUYÚ-ROJAS, E. Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) para a diagnose nutricional do algodoeiro em algumas áreas no Estado de Mato Grosso. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2008. Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja/SBCS/IAPAR/UDEL, 2008. 1 CD-ROM.

WALLACE, T. Methods of diagnosing the mineral status of plants. In: WALLACE, T. (Ed.) **Analyse des plantes et problemes des fumeres minerals**. Paris: I.R.H.O., 1957. p. 13-22.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation system (DRIS). **Advances in Soil Science**, Boca Raton, Flórida, v. 6, n. 1, p. 149-188, 1987.