



Universidade Federal de Sergipe
Campus do Sertão
Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão



LEONARDO TENÓRIO MARTINS

**NORMA DRIS E DIAGNÓSTICO DE FERTILIDADE DO SOLO PARA
MILHO NO NORDESTE BAIANO**

Trabalho de Conclusão de Curso

Nossa Senhora da Glória/SE

2026

LEONARDO TENÓRIO MARTINS

**NORMA DRIS E DIAGNÓSTICO DE FERTILIDADE DO SOLO PARA MILHO NO
NORDESTE BAIANO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação
em Engenharia Agrônômica da Universidade
Federal de Sergipe, como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Barreto Garcez

Nossa Senhora da Glória/SE

2026

LEONARDO TENÓRIO MARTINS

**NORMA DRIS E DIAGNÓSTICO DE FERTILIDADE DO SOLO PARA MILHO NO
NORDESTE BAIANO**

Este documento foi julgado adequado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Agronômica.

Aprovado em: 06 / 02 / 2026

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **TIAGO BARRETO GARCEZ**
Data: 26/02/2026 08:56:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Tiago Barreto Garcez
Universidade Federal de Sergipe

Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO HUGO FERREIRA DE OLIVEIRA**
Data: 26/02/2026 17:48:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira
Universidade Federal de Sergipe

Documento assinado digitalmente
 **JOSE JAIRO FLORENTINO CORDEIRO JUNIOR**
Data: 26/02/2026 13:44:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Jairo Florentino Cordeiro Junior
Universidade Federal de Sergipe

NORMA DRIS E DIAGNÓSTICO DE FERTILIDADE DO SOLO PARA MILHO NO NORDESTE BAIANO

Resumo

A definição de normas DRIS regionais para o milho é instrumento eficaz para a diagnose do equilíbrio nutricional em milho, pois auxilia na tomada de decisão quanto ao manejo da adubação e à maximização da produtividade. Objetivou-se estabelecer uma norma DRIS regional para a cultura do milho, fundamentada nos cálculos DRIS dos atributos provenientes das análises de solo em áreas comerciais no nordeste baiano. O estudo foi realizado com base em 140 análises de solo de respectivas 140 áreas comerciais distribuídas nos municípios de Inhambupe, Itapicuru, Olindina, Aporá, Água Fria e Euclides da Cunha, na Bahia, sob densidade populacional entre 50.000 e 60.000 plantas ha⁻¹. O banco de dados foi inicialmente dividido em dois grupos, com mesmo híbrido, correspondentes aos níveis de alta e baixa produtividade, adotando-se o valor de 9,3 t ha⁻¹ como linha de corte para o híbrido P3707 VYH (Pioneer®). Após isto, o grupo de menor produtividade foi subdividido em quatro subgrupos, subgrupo A (8,7 e 9,0 t ha⁻¹), subgrupo B (8,1 e 8,4 t ha⁻¹), subgrupo C (7,8 t ha⁻¹) e subgrupo D (< 7,5 t ha⁻¹). A norma foi estabelecida por meio do cálculo das relações entre os parâmetros do grupo de referência. Nos resultados observou-se elevada variabilidade dos micronutrientes, especialmente, Mn, Zn e Cu, além de desequilíbrios associados ao excesso de K, Mg e Cu e à deficiência de Ca. Os grupos apresentaram diferentes padrões nutricionais, destacando-se os subgrupos A e D pelos maiores valores de IBN, indicativos de maior desbalanceamento, enquanto o subgrupo B apresentou maior equilíbrio. A aplicação do método de potencial de resposta à adubação confirmou o cálcio como principal nutriente limitante no subgrupo A. Dessa forma, a adoção de normas DRIS regionalizadas mostrou-se fundamental para diagnósticos mais precisos e para o direcionamento de práticas de manejo mais eficientes da fertilidade do solo.

Palavras-chave: análise do solo; macronutrientes; micronutrientes; manejo de adubação; produtividade.

DRIS NORM AND SOIL FERTILITY DIAGNOSIS FOR CORN IN THE NORTHEASTERN BAHIA REGION

Abstract

The establishment of regional DRIS norms for maize is an effective instrument for diagnosing nutritional balance in maize, as it supports decision-making regarding fertilization management and productivity maximization. The objective of this study was to establish a regional DRIS norm for maize, based on DRIS calculations derived from soil analysis attributes in commercial fields in the northeastern region of Bahia. The study was conducted using 140 soil analyses from 140 commercial fields distributed across the municipalities of Inhambupe, Itapicuru, Olindina, Aporá, Água Fria, and Euclides da Cunha, Bahia, under plant populations ranging from 50,000 to 60,000 plants ha⁻¹. The database was initially divided into two groups with the same hybrid, corresponding to high and low productivity levels, adopting 9.3 t ha⁻¹ as the cutoff value for the hybrid P3707 VYH (Pioneer®). Subsequently, the lower productivity group was subdivided into four subgroups: subgroup A (8.7 and 9.0 t ha⁻¹), subgroup B (8.1 and 8.4 t ha⁻¹), subgroup C (7.8 t ha⁻¹), and subgroup D (< 7.5 t ha⁻¹). The norm was established by calculating the ratios among the parameters of the reference group. The results revealed high variability in micronutrients, especially Mn, Zn, and Cu, as well as imbalances associated with excess K, Mg, and Cu and Ca deficiency. The groups exhibited distinct nutritional patterns, with subgroups A and D showing the highest Nutritional Balance Index (NBI) values, indicating greater imbalance, whereas subgroup B presented greater equilibrium. The application of the fertilizer response potential method confirmed calcium as the main limiting nutrient in subgroup A. Therefore, the adoption of regionalized DRIS norms proved essential for more accurate diagnoses and for guiding more efficient soil fertility management practices.

Keywords: soil analysis; macronutrients; micronutrients; fertilization management; yield.

Índice

1.	Introdução.....	7
2.	Objetivos	8
2.1	Objetivo geral.....	8
2.2	Objetivos específicos.....	8
3.	Revisão de literatura	9
3.1	Importância econômica do milho	9
3.2	Projeção do milho para os próximos 10 anos.....	10
3.3	Análise do solo	10
3.4	DRIS como método de diagnóstico de nutrição mineral de plantas	10
4.	Metodologia.....	12
4.1	Localização e descrição das lavouras	12
4.2	Produtividade	12
4.3	Amostragem de solo e análises químicas	12
4.4	Cálculos dos índices DRIS	13
4.5	Montagem dos gráficos	15
5.	Resultados e discussão	15
6.	Conclusões.....	22
7.	Referências bibliográficas.....	22

1. Introdução

O milho (*Zea mays* L.) destaca-se como uma das gramíneas de maior relevância econômica e social no cenário agrícola mundial, exercendo papel fundamental tanto na segurança alimentar humana quanto na cadeia produtiva de proteína animal (EMBRAPA, 2024). No Brasil, os avanços tecnológicos aliados às condições edafoclimáticas favoráveis possibilitam a realização de até três safras anuais em sistema de sequeiro, distribuídas ao longo do ano agrícola.

A primeira safra acontece região Sul, denominada safra de verão, é semeada entre setembro e dezembro. A segunda safra ocorre na região Centro-Oeste, conhecida como safrinha, ocorre entre janeiro e março, geralmente em sucessão à cultura da soja. A terceira safra é cultivada entre abril e junho, com predominância na região Nordeste mais preciso no SEALBA. Essa organização do calendário agrícola, associada ao uso de cultivares adaptadas e ao manejo eficiente do solo e da fertilidade, amplia a oferta do grão, contribui para a estabilidade do abastecimento interno e reforça a competitividade do Brasil no mercado internacional (CONAB, 2025).

A produção brasileira foi aproximadamente 141 milhões de toneladas para a safra 2024/2025, o que o posiciona como terceiro maior produtor mundial, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e pela China (CONAB, 2025). Nesse cenário, a terceira safra adquire relevância estratégica na região do SEALBA (Sergipe, Alagoas e Nordeste da Bahia), a qual tem despertado crescente interesse no setor agropecuário devido ao seu elevado desempenho produtivo, mesmo com as limitações edafoclimáticas características dessa região (CONAB, 2022).

O estado da Bahia destaca-se como um dos polos estratégicos de expansão e diversificação da produção de milho no Brasil, por apresentar realidades produtivas distintas dentro do seu território. O oeste baiano apresenta uma produtividade de 11,22 t ha⁻¹ de grão devido sua alta tecnologia, enquanto a região nordeste, com uma produtividade entre 8 e 9 t ha⁻¹ e com exploração mais recente, enfrenta desafios edafoclimáticos e limitações naturais de fertilidade dos solos. Entretanto, esta região tem ganhado destaque nacional devido as altas produtividades alcançadas nos últimos anos (CONAB, 2025; GETAP, 2025). Tais avanços decorrem de investimentos consistentes em tecnologias e manejos de solo voltados para construção de perfil do solo para conviver com as adversidades climáticas.

De acordo com a classificação climática de Köppen, os municípios de Inhambupe, Itapicuru, Olindina, Aporá, Água Fria e Euclides da Cunha, situados nas microrregiões do

Nordeste baiano, apresentam predominantemente clima do tipo 'As', caracterizado por temperaturas elevadas ao longo do ano, verão seco e concentração das chuvas nos meses de outono e inverno (CLIMATEMPO, 2026). As precipitações anuais variam entre os municípios tendo Aporá (1.101 mm) e Inhambupe (1.045,1 mm) com os maiores volumes de chuva, valores intermediários em Água Fria (923,7 mm), Olindina (876 mm) e Itapicuru (855,6 mm), e os menores índices em Euclides da Cunha (647,1 mm), o que evidencia transição para condições mais semiáridas. Essas regiões apresentam, em sua maioria, solos textura arenosa a média, caracterizados por baixa capacidade de retenção de água, baixos teores de matéria orgânica e limitada capacidade de troca de cátions, em função de sua composição textural, o que impõe adoção de práticas conservacionistas e estratégias de manejos que promovam o aumento dos teores de matéria orgânica, voltadas à construção e à melhoria dos perfis de solo.

A região é considerada como importante polo da terceira safra de milho no Brasil com produtividade média de 8,5 t/ha, com relatos de áreas de mais de 12t/ha, e sua produção representa, aproximadamente, 47% do volume total produzido pelo estado da Bahia na terceira safra (CONAB, 2025). Nesse contexto, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) pode ser uma ferramenta estratégica de precisão, possibilitando avaliar o equilíbrio nutricional da cultura do milho, sendo a produtividade limitada pelo nutriente que apresenta o maior desvio em relação a um padrão de equilíbrio ideal, seja por deficiência (valor negativo) ou por excesso (valor positivo) (NACHTIGALL; DECHEN, 2010).

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Estabelecer norma DRIS regional para a cultura do milho proveniente das análises de solo de áreas comerciais no nordeste baiano.

2.2 Objetivos específicos

- a) determinar as normas DRIS (médias e razões binárias entre nutrientes) a partir do grupo de referência (alta produtividade);
- b) identificar os nutrientes mais limitantes ao rendimento da cultura no grupo de baixa produtividade
- c) propor recomendações de adubação para otimizar a produção do milho na região, com base nos diagnósticos obtidos.

3. Revisão de literatura

3.1 Importância econômica do milho

O milho (*Zea mays* L.), cereal mais produzido globalmente, destaca-se pela versatilidade em alimentação humana (*in natura*; derivados), rações pecuárias e etanol (BARROS & ALVES, 2015; EMBRAPA, 2024). No contexto brasileiro, o milho ocupa o segundo lugar em área cultivada, atrás, apenas, da soja. Sua contribuição para o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil é de aproximadamente 2,5%, tornando-se importante por ser uma cadeia produtiva que gera milhões de empregos e renda, desde as etapas de produção primária até o processamento e a distribuição (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2021). Se destaca como um dos principais países exportadores no mercado internacional de milho.

Na região Nordeste, a cultura do milho caracteriza-se como pilar estratégico para o agronegócio regional. A produção, impulsionada pela expansão de novas fronteiras agrícolas como o território SEALBA, desempenha papel crucial na verticalização da economia, por ser o principal insumo para as cadeias de avicultura, bovinocultura e suinocultura locais. O fortalecimento desse setor reduz a dependência de grãos provenientes do Centro-Oeste, minimiza os custos logísticos e promove a geração de emprego e renda no semiárido e no agreste. Além disso, a estabilização da oferta de milho na terceira safra confere segurança alimentar e estabilidade econômica aos produtores, o que acarreta a região grandes investimentos em infraestrutura e tecnologia para exportação do grão (EMBRAPA, 2024).

No âmbito estadual, a Bahia destaca-se como o principal responsável pela produção de milho na região Nordeste, com papel de liderança tanto em volume produzido quanto em avanço tecnológico. A cultura assume posição multifuncional na economia baiana: no Oeste do estado, consolida-se como *commodities* de exportação e base para grandes indústrias de ração. Já no Nordeste baiano, integrada ao polo SEALBA, a produção é estratégica para o abastecimento interno e para a sustentabilidade da pecuária regional. Essa relevância econômica é acompanhada por um expressivo salto de produtividade, fruto da profissionalização do campo e da adoção de sistemas de cultivo intensivos. Diante desse protagonismo, torna-se importante práticas de manejo nutricional com melhoria tecnológica, uma vez que a cultura do milho atua como o principal motor de desenvolvimento socioeconômico para diversas microrregiões baianas, por meio de diagnósticos mais precisos para a manutenção de sua competitividade (SEI, 2024).

3.2 Projeção do milho para os próximos 10 anos

As projeções para a cultura do milho nos próximos 10 anos apontam para crescimento contínuo, devido a um conjunto de fatores que incluem a demanda por produção de etanol, o crescimento populacional mundial e a intensificação da demanda por alimentos de origem animal (MAPA, 2024). No Brasil, o aumento da produção deverá ser, predominantemente, impulsionado pela intensificação sustentável, ou seja, pelo ganho de produtividade por unidade de área, mais do que pela expansão de novas fronteiras agrícolas. Essa intensificação, baseada na adoção de tecnologias de ponta, como o uso de híbridos de alto potencial genético, a implementação da agricultura de precisão, o manejo integrado de pragas e doenças e a otimização da fertilidade do solo (EMBRAPA, 2024). A expectativa da OCDE (2023) é que a produção brasileira de milho possa ultrapassar a marca de 159,8 milhões de toneladas na safra 2032/33, tendo apenas um acréscimo em área de 4 mil ha (MAPA, 2024). No entanto, estas projeções estão condicionadas a desafios persistentes, como a volatilidade dos preços de *commodities* no mercado internacional, os custos crescentes dos insumos agrícolas e a incidência de eventos climáticos extremos (secas e excesso de chuvas), que podem comprometer a estabilidade da produção e a rentabilidade dos produtores.

3.3 Análise do solo

A análise de solo constitui a base do planejamento estratégico da fertilidade, pois quantifica a disponibilidade de nutrientes e as características químicas do solo antes do estabelecimento da cultura (RAIJ *et al.*, 1997). Fornece informações essenciais sobre pH, teor de matéria orgânica, disponibilidade de macronutrientes (P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn), além de propriedades como capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases.

A integração dos dados da análise de solo com a análise foliar e, posteriormente, com o diagnóstico via DRIS, permite compreensão mais precisa do funcionamento do sistema solo-planta. Essa abordagem possibilita decisões mais estratégicas no manejo nutricional, corrigindo limitações de disponibilidade no solo e desequilíbrios na absorção e utilização dos nutrientes pela planta, otimizando o potencial produtivo da lavoura e promovendo a sustentabilidade do sistema agrícola.

3.4 DRIS como método de diagnóstico de nutrição mineral de plantas

Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), proposto por Beaufils (1973), consiste em método de avaliação do estado nutricional das plantas que complementa a interpretação por faixas de suficiência. Diferentemente da análise baseada em teores absolutos,

o DRIS fundamenta-se no balanço nutricional obtido por meio de relações binárias entre nutrientes (SUMNER, 1977). Parte-se do princípio de que a produtividade é limitada pelo nutriente que apresenta maior desvio em relação ao padrão de equilíbrio, seja por deficiência (índice negativo) ou excesso (índice positivo) (NACHTIGALL; DECHEN, 2010). Assim, o método permite identificar a ordem de limitação nutricional e priorizar intervenções no manejo.

A aplicação do DRIS requer o estabelecimento de normas específicas, construídas a partir de banco de dados de áreas de alta produtividade, considerando análises foliares ou de solo associadas ao rendimento da cultura (BEAUFILS, 1971). Essas normas devem ser representativas das condições edafoclimáticas e dos sistemas de manejo da região de estudo, garantindo maior precisão diagnóstica (NACHTIGALL; DECHEN, 2010). As relações entre nutrientes, como N/P e K/Mg, são utilizadas para gerar índices individuais, cujos valores próximos de zero indicam equilíbrio nutricional (LETZSCH, 1995). A consistência das normas depende de número adequado de amostras e da representatividade do grupo de referência.

A partir dos índices individuais, calcula-se o Índice de Balanço Nutricional (IBN), obtido pela soma dos valores absolutos dos índices DRIS, o qual expressa o grau geral de desequilíbrio nutricional (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981). Valores elevados de IBN indicam maior desbalanceamento, enquanto valores reduzidos refletem condição próxima ao equilíbrio ideal. O Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm) é determinado pela razão entre o IBN e o número de nutrientes avaliados, permitindo comparações mais padronizadas entre áreas e sistemas de manejo (WALWORTH; SUMNER, 1987). Dessa forma, o DRIS constitui ferramenta estratégica para aperfeiçoar recomendações de adubação e otimizar a produtividade da cultura.

Em Hidrolândia-GO, Rocha (2006) aplicou o método do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para avaliar o estado nutricional do milho com base no balanço entre nutrientes, complementando a interpretação por faixas de suficiência. A análise fundamentou-se nas relações binárias entre nutrientes, com divisão da população em grupos de alta e baixa produtividade, adotando-se 5.000 kg ha⁻¹ como critério para definição da população de referência. Considerando o pressuposto de que a produtividade é limitada pelo nutriente que apresenta maior desvio em relação ao equilíbrio, os índices DRIS identificaram fósforo e potássio, na análise de solo, e boro, na análise foliar, como principais nutrientes limitantes, diferindo da interpretação tradicional baseada em teores absolutos. O estudo evidenciou que a calibração regional das normas aumenta a sensibilidade diagnóstica e possibilita intervenções de manejo mais precisas.

4. Metodologia

4.1 Localização e descrição das lavouras

O estudo foi conduzido em lavouras comerciais de milho (*Zea mays* L.) localizadas nos municípios de Inhambupe, Itapicuru, Olindina, Aporá, Água Fria e Euclides da Cunha, situados na região Nordeste da Bahia. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, os referidos municípios apresentam homogeneidade climática, sendo classificados como do tipo 'As', que se caracteriza como clima tropical com estação seca no verão e possuem índices pluviométricos que variam de 600 a 110 mm anuais (ALVARES *et al.*, 2013).

O banco de dados utilizado foi de 140 amostras de solos em áreas comerciais das safras de 2023 a 2025. O material genético usado nessas áreas foi o híbrido P3707 VYH (Pioneer®) com população entre 50000 e 60000 plantas ha⁻¹, selecionado por sua boa sanidade e seu elevado teto produtivo, com rendimentos superiores a 11,4 t ha⁻¹ (aproximadamente 190 sacas ha⁻¹). O híbrido combina resistência a pragas e tolerância a herbicidas como o glufosinato.

4.2 Produtividade

Para a avaliação da produtividade das áreas, foram realizadas pesagens dos grãos no período da colheita, com teor de umidade variando entre 13 e 14%. As pesagens foram efetuadas por meio de balanças móveis, nas quais a carreta graneleira era posicionada sobre a plataforma de pesagem, enquanto a colhedora realizava o descarregamento dos grãos da área que ela percorreu para encher seu compartimento. A partir da massa obtida e da área colhida, expressa em hectares, era possível determinar a produtividade de cada área avaliada.

4.3 Amostragem de solo e análises químicas

As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0–20 cm, com o auxílio de perfurador mecanizado STIHL BT 45, equipado com broca específica para amostragem. Cada amostra composta foi formada por oito subamostras. Após a coleta, as amostras foram devidamente identificadas quanto ao solicitante, proprietário, propriedade, talhão, município, unidade federativa, área e profundidade, sendo posteriormente encaminhadas ao laboratório para análises químicas (EMBRAPA, 2009).

A determinação do pH em CaCl₂ e do pH SMP foi realizada por potenciometria. A matéria orgânica foi quantificada pelo método do dicromato de sódio, com leitura em espectrofotômetro. Os teores de P, K, Ca, Mg e Na foram extraídos pelo método Mehlich III e determinados por ICP-OES, enquanto o fósforo também foi avaliado pelo método Mehlich I, com leitura espectrofotométrica. O fósforo remanescente (P-rem) foi determinado por extração

com CaCl_2 e posterior leitura em espectrofotômetro. A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) foi estimada a partir da soma dos cátions trocáveis. O enxofre foi determinado por extração com fosfato de cálcio e quantificado por espectrofotometria (IAC, 2001).

Em razão da ausência da determinação de nitrogênio (N) nos laudos laboratoriais, utilizou-se a dose de N aplicada em cada área como parâmetro para o estabelecimento das relações binárias, considerando a elevada exigência desse nutriente pela cultura do milho.

4.4 Cálculos dos índices DRIS

Com os resultados das análises de solo em mãos, os dados foram divididos em dois grupos principais com base no critério de produtividade, adotando-se o valor de $9,3 \text{ t ha}^{-1}$ como linha de corte para a definição das normas. As unidades amostrais com rendimentos superiores a esse limite foram classificadas como o grupo de referência (alta produtividade), enquanto as demais integraram o grupo de baixa produtividade. O grupo de baixa produtividade foi subdividido em quatro subgrupos distintos: o subgrupo A ($8,7$ e $9,0 \text{ t ha}^{-1}$), o subgrupo B ($8,1$ a $8,4 \text{ t ha}^{-1}$), o subgrupo C ($7,8 \text{ t ha}^{-1}$) e o subgrupo D ($< 7,5 \text{ t ha}^{-1}$).

A partir da classificação, para cada grupo, foram calculados os parâmetros estatísticos descritivos, das relações binárias, desvio-padrão, média, funções de desvio, índices DRIS individuais, Índice de Balanço Nutricional (IBN), IBN médio (IBNm), coeficientes de variação e razões de variância. As relações binárias entre nutrientes foram obtidas pela razão direta entre os teores dos elementos avaliados, constituindo a base para o estabelecimento das normas DRIS. Cada relação foi expressa na forma $\text{Atri1}/\text{Atri2}$, conforme a Equação (1):

$$R_{\text{Atri1}/\text{Atri2}} = \frac{\text{Atri 1}}{\text{Atri 2}} \quad (1)$$

em que Atri1 e Atri2 representam os teores dos nutrientes considerados na relação. Exemplos dessas relações incluem N/P, N/K, K/P, Ca/Mg, entre outras.

Em seguida, a média aritmética ($\bar{x}$) foi obtida pela razão entre a soma dos valores observados e o número total de observações, conforme a Equação (2):

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (2)$$

O desvio-padrão (σ) foi determinado como a raiz quadrada da variância, conforme a Equação (3):

$$\sigma = \sqrt{S^2} \quad (3)$$

A função de desvio, utilizada para expressar o distanciamento nutricional do grupo de baixa produtividade em relação às normas de referência, foi calculada segundo a Equação (4):

$$f(x) = \frac{(x - \bar{x}_{ref})}{\sigma} \quad (4)$$

O índice DRIS individual de cada nutriente (I_n) foi calculado conforme os procedimentos metodológicos clássicos de Beaufils (1971, 1973) e autores subsequentes, a partir das funções reduzidas das relações selecionadas, pela soma das funções em que o nutriente aparece no numerador (positivas) menos aquelas em que aparece no denominador (negativas), dividida pela quantidade total de relações (Z), conforme Equação (5):

$$I_N = \frac{N/P + N/K + \dots - N/CTC}{Z} \quad (5)$$

Em seguida, o Índice de Balanço Nutricional (IBN) foi calculado pelo somatório dos valores absolutos dos índices DRIS individuais, conforme a Equação (6):

$$IBN = \sum |I_n| \quad (6)$$

em que I_n representa o índice DRIS do nutriente n . O IBN permitiu quantificar o grau global de desequilíbrio nutricional das lavouras avaliadas.

O IBNm foi calculado a partir da relação entre o Índice de Balanço Nutricional (IBN) e o número de parâmetros avaliados (Z), conforme a Equação (7):

$$IBNm = \frac{IBN}{Z} \quad (7)$$

O coeficiente de variação (CV) foi expresso em porcentagem, relacionando o desvio-padrão à média, sendo utilizado como indicador da variabilidade relativa das relações nutricionais, de acordo com a Equação (8):

$$CV(\%) = \left(\frac{\sigma}{\bar{x}} \right) \times 100 \quad (8)$$

As razões de variância entre os grupos de baixa e alta produtividade, obtidas pela relação entre suas respectivas variâncias, conforme a Equação (7):

$$RV = \frac{S^2Bx}{S^2Alt} \quad (9)$$

em que S^2Bx corresponde à variância do grupo de baixa produtividade e S^2Alt à variância do grupo de alta produtividade. Essas razões servem como critério para seleção e validação estatística das relações nutricionais, por conferir maior robustez e confiabilidade ao diagnóstico nutricional obtido pelo método DRIS.

A interpretação dos índices DRIS foi realizada por meio do método do potencial de resposta à adubação (WADT, 1996). Os parâmetros foram classificados da seguinte forma:

- Índices negativos com $|INut| > IBNm$, caracteriza-se como deficiência limitante, com recomendação de adubação corretiva;
- Índices positivos com $|INut| > IBNm$, caracteriza-se com excesso limitante, com recomendação de suspensão da adubação ou correção de possíveis antagonismos;
- Índices em que $|INut| \leq IBNm$, caracteriza-se como parâmetro não limitante, com recomendação de manutenção do manejo.

4.5 Montagem dos gráficos

Na elaboração dos gráficos, utilizaram-se os resultados obtidos a partir das operações do método DRIS. No gráfico dos índices DRIS, foram empregados os valores gerados pela comparação entre o grupo de referência e os subgrupos A, B, C e D, permitindo a visualização do grau de limitação ou excesso de cada nutriente.

No gráfico referente ao Índice de Balanço Nutricional (IBN), utilizou-se o resultado da soma dos valores absolutos dos índices DRIS individuais, expressando o nível geral de desequilíbrio nutricional das áreas avaliadas. Todos os cálculos e a construção dos gráficos foram realizados no software Microsoft Excel, por meio da aplicação de fórmulas e procedimentos estatísticos disponíveis na plataforma.

5. Resultados e discussão

A média, coeficiente de variação, desvio padrão e as razões de variação do grupo de referência nas análises de solo foram apresentadas na Tabela 1. Os resultados obtidos revelaram que alguns atributos químicos do solo apresentaram alta variabilidade. A matéria orgânica (MO), a capacidade de troca catiônica (CTC), o boro (B), o magnésio (Mg) e o nitrogênio (N) apresentaram coeficiente de variação inferiores a 43%. Em contrapartida, manganês (312,97%),

zinco (138,92%), cobre (134,24%) e potássio (111,15%) apresentaram os mais altos coeficientes de variação.

De acordo com a premissa do método DRIS, quanto menor o CV de um atributo no grupo de alta produtividade, maior é a sua importância diagnóstica, uma vez que a planta exige que aquele nutriente esteja dentro de uma faixa estreita para atingir altos rendimentos. A alta variabilidade dos micronutrientes (Mn, Zn e Cu) assemelham-se aos resultados encontrados por Cunha (2005) em Goianésia-GO, que também reportou coeficientes superiores a 35% para estes elementos. Isto indica que a dinâmica desses metais no solo é influenciada por fatores pedológicos, de manejo locais de difícil padronização e analíticos por seu baixo teor no solo.

Tabela 1. Média, coeficiente de variação e desvio padrão dos parâmetros de solo para o milho no grupo mais produtivo (>9.300 kg ha⁻¹)

DADOS	$\bar{x}$	CV	σ	A	B	C	D
				S^2Bx/S^2Alt	S^2Bx/S^2Alt	S^2Bx/S^2Alt	S^2Bx/S^2Alt
Produtividade (t/ha)	10,80	8,33	0,90	0,02	0,03	0,00	2,08
N (kg/ha)	180,23	8,77	15,81	1,44	0,09	0,07	0,65
P Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	17,45	79,94	13,95	1,20	0,50	0,87	0,23
K (cmol _c dm ⁻³)	0,20	111,15	0,23	3,37	0,44	0,33	0,13
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,13	63,23	3,25	0,64	0,29	0,51	0,17
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,14	41,20	0,47	8,20	4,79	2,98	0,63
S (mg dm ⁻³)	19,85	75,21	14,93	0,18	1,55	1,63	0,10
B (mg dm ⁻³)	0,65	33,66	0,22	2,02	1,50	1,32	1,01
Cu (mg dm ⁻³)	0,57	134,24	0,77	3,47	3,14	0,59	0,16
Mn (mg dm ⁻³)	24,43	312,97	76,46	3,10	0,11	0,24	0,01
Zn (mg dm ⁻³)	3,09	138,92	4,30	16,64	0,10	0,08	0,09
MO (g dm ⁻³)	21,12	28,34	5,99	4,63	2,13	1,62	1,36
CTC pH ₇ (cmol _c dm ⁻³)	8,85	42,69	3,78	0,97	0,60	0,65	0,25

x = média; CV = coeficiente de variação (%); s = desvio padrão; Razão de variância (S^2Bx/S^2Alt) entre o grupo de baixa (Bx) e alta produtividade (Alt); Divisão do grupo de baixa produtividade em subgrupos: A, B, C e D.

As normas DRIS para o milho no Nordeste baiano revelaram que a magnitude dos coeficientes de variação (CV) é sensível à forma de expressão das razões nutricionais (Tabela 2). A relação N/P apresentou CV de 51,96%, enquanto sua inversa (P/N) exibiu 69,59%, assimetria matemática que, segundo Souza *et al.* (2023), influencia o peso das funções DRIS e a precisão do diagnóstico. A relação K/N obteve razão de variância de 3,02, validando-a como norma diagnóstica pelo critério de Beaufils (1973). Esse quociente indica que a variabilidade nas áreas de baixo rendimento é 200% superior à do grupo de referência (>9,3 ha⁻¹), conferindo à relação elevado peso e sensibilidade no diagnóstico (WALWORTH; SUMNER, 1987). Fisiologicamente, a reduzida dispersão desse parâmetro no grupo de alta produtividade

confirma que a homeostase entre nitrogênio e fósforo é requisito essencial para a eficiência metabólica e a maximização do rendimento da cultura na região.

É fundamental considerar a adequação das normas utilizadas na aplicação do método DRIS. Segundo Beaufils (1973), Sumner (1977) e Beverly *et al.* (1986), a aplicação do método DRIS deveria basear-se na construção de uma norma geral, independente da região, do tipo de solo ou da variedade cultivada. No entanto, Escano *et al.* (1981), Walworth e Sumner (1987) e Rocha *et al.* (2007), ao trabalharem com a cultura do milho, observaram respostas diferenciadas em função das condições locais. Esses autores evidenciaram que normas desenvolvidas em nível local ou regional proporcionam maior precisão no diagnóstico de deficiências e desequilíbrios nutricionais quando comparadas àquelas oriundas de outras regiões.

Os subgrupos A, B, C e D, comparados com o grupo de referência, apresentaram diferenças significativas nos valores médios, nos coeficientes de variação (CV%) e nos desvios-padrão dos atributos químicos do solo (Tabela 3). Portanto, para o cálculo dos índices nutricionais, utilizou-se exclusivamente o valor médio de cada atributo em cada subgrupo, de forma a representar o estado nutricional médio de cada subgrupo. As variáveis como N, matéria orgânica e CTC mostraram maior estabilidade entre elas, enquanto os micronutrientes Mn, Zn e Cu apresentaram elevada variabilidade, indicando maior dispersão espacial.

Os subgrupos A, B, C e D apresentaram afastamento significativo em relação aos padrões do grupo de alta produtividade (Figura 1). Esses resultados confirmam a proposição de Nachtigall e Dechen (2007), em que o rendimento é condicionado pelo nutriente com maior desvio (por falta ou excesso) em relação à norma.

As análises resultantes das comparações evidenciam que, no subgrupo A, o excesso de potássio (K), cobre (Cu) e zinco (Zn), aliado à deficiência de enxofre (S), constituíram fatores limitantes à obtenção de produtividades superiores ao patamar de referência (Figura 1). No subgrupo B, o desequilíbrio nutricional foi caracterizado pelo excesso de cobre e magnésio (Mg) e pela carência de cálcio (Ca). Quanto o subgrupo C, os principais limitadores foram o excesso de magnésio e potássio, enquanto o fósforo (P) apresentou-se deficiência. No subgrupo D, o zinco foi o único atributo a não apresentar relação positiva, indicando uma provável deficiência. Tanto as deficiências quanto os excessos nutricionais atuaram de forma conjunta como restrições ao desempenho produtivo, impedindo a plena expressão do potencial genético da cultura. Ressalta-se, contudo, que o desenvolvimento pleno de uma planta depende também de fatores extrínsecos, como luminosidade, disponibilidade hídrica, manejo adequado e qualidade de plantabilidade que comprometem a produtividade.

Tabela 2. Norma DRIS para as análises de solo e razões de variâncias do grupo mais produtivo (> 9.300 kg ha⁻¹) da cultura do milho

Relação	$\bar{x}$	CV	σ	A S ² Bx/S ² Alt	B S ² Bx/S ² Alt	C S ² Bx/S ² Alt	D S ² Bx/S ² Alt	Relação	$\bar{x}$	CV	σ	A S ² Bx/S ² Alt	B S ² Bx/S ² Alt	C S ² Bx/S ² Alt	D S ² Bx/S ² Alt
N/P	13,91	51,96	7,23	17,37	2,72	47,06	689,15	Ca/Cu	63,22	231,75	146,51	0,00	0,40	1,34	0,06
P/N	0,10	69,59	0,07	1,83	0,76	1,66	0,42	Cu/Ca	0,13	121,55	0,16	5,37	9,48	6,26	1,88
N/K	1486,87	99,51	1479,60	0,16	0,39	0,41	0,29	Ca/Mn	0,89	145,47	1,30	0,14	0,05	0,02	0,03
K/N	0,00	140,42	0,00	3,02	0,23	0,27	0,07	Mn/Ca	4,23	287,44	12,15	2,47	0,16	0,18	0,09
N/Ca	44,47	48,64	21,63	3,52	2,97	5,13	3,81	Ca/Zn	3,38	69,59	2,35	0,61	0,54	0,21	440,91
Ca/N	0,03	80,22	0,02	0,61	0,17	0,43	0,15	Zn/Ca	0,64	112,45	0,72	148,58	0,79	0,99	0,76
N/Mg	179,84	36,13	64,98	1,59	1,12	1,85	3,35	Ca/MO	0,24	44,76	0,11	1,11	0,13	3,69	0,38
Mg/N	0,01	45,27	0,00	7,58	3,77	3,52	0,73	MO/Ca	4,92	47,89	2,36	6,71	1,12	5,23	4,75
N/S	16,01	80,74	12,93	2,26	0,40	3,55	0,51	Ca/CTC	0,55	17,83	0,10	3,06	0,81	1,82	2,03
S/N	0,11	74,50	0,08	0,20	1,62	2,46	0,12	CTC/Ca	1,88	21,94	0,41	22,55	2,75	9,12	8,66
N/B	316,21	41,90	132,50	17,31	6,66	365,50	11,18	Mg/S	0,11	121,92	0,14	2,32	0,81	1,58	0,44
B/N	0,00	34,49	0,00	2,52	1,41	1,83	1,09	S/Mg	19,08	69,79	13,31	0,78	0,55	1,45	0,86
N/Cu	2313,10	221,43	5121,84	0,01	0,57	1,24	0,48	Mg/B	1,93	49,98	0,97	29,72	4,71	125,75	3,51
Cu/N	0,00	157,08	0,01	3,48	2,12	0,51	0,14	B/Mg	0,62	44,70	0,28	2,14	0,93	0,92	2,01
N/Mn	38,19	197,25	75,32	0,12	0,03	0,06	0,08	Mg/Cu	13,30	221,62	29,48	0,01	2,72	3,69	0,63
Mn/N	0,16	345,90	0,57	3,13	0,06	0,19	0,00	Cu/Mg	0,52	117,78	0,61	4,00	3,08	1,54	0,59
N/Zn	131,15	63,28	83,00	2,24	0,69	0,18	1725,86	Mg/Mn	0,23	212,63	0,49	0,17	0,05	0,02	0,02
Zn/N	0,02	166,23	0,03	18,26	0,07	0,07	0,06	Mn/Mg	19,62	314,57	61,73	2,93	0,03	0,05	0,02
N/MO	9,24	30,27	2,80	4,69	1,59	77,42	1,55	Mg/Zn	0,77	64,70	0,50	3,01	3,41	0,67	1237,22
MO/N	0,12	33,77	0,04	4,09	1,43	1,57	1,08	Zn/Mg	2,71	123,15	3,34	31,70	0,16	0,22	0,25
N/CTC	22,74	30,26	6,88	1,12	1,50	1,80	1,45	Mg/MO	0,06	41,37	0,02	3,47	1,35	20,50	0,75
CTC/N	0,05	55,99	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	MO/Mg	20,14	31,72	6,39	3,35	0,76	2,42	6,12
P/K	126,58	77,65	98,29	2,04	2,30	0,51	0,33	Mg/CTC	0,13	26,20	0,03	4,57	2,06	1,98	2,27
K/P	0,02	158,68	0,03	24,66	1,30	5,04	36,86	CTC/Mg	8,05	24,74	1,99	4,34	0,47	1,10	4,50
P/Ca	4,59	98,07	4,50	1,17	1,00	1,34	1,32	S/B	32,36	76,68	24,81	1,26	2,90	2,09	1,28
Ca/P	0,43	107,30	0,46	3,24	0,62	4,39	19,74	B/S	0,06	92,03	0,05	5,54	0,59	1,31	0,62
P/Mg	17,15	78,10	13,40	0,74	0,59	1,03	0,84	S/Cu	213,02	194,93	415,24	0,00	2,78	0,33	0,42
Mg/P	0,09	66,05	0,06	20,32	9,69	28,33	259,32	Cu/S	0,09	257,07	0,24	6,15	0,28	0,51	0,07
P/S	1,49	99,90	1,49	1,88	0,71	3,23	0,31	S/Mn	3,99	160,92	6,42	0,07	0,08	0,13	0,10
S/P	1,48	85,23	1,26	0,60	11,80	92,39	19,57	Mn/S	6,31	458,39	28,91	3,53	0,01	0,07	0,00
P/B	31,15	86,70	27,01	11,85	1,93	0,55	3,30	S/Zn	14,93	94,76	14,15	1,21	1,08	0,36	257,98
B/P	0,05	68,34	0,04	15,34	2,29	10,15	387,64	Zn/S	0,49	286,15	1,39	19,36	0,01	0,16	0,02
P/Cu	192,47	220,64	424,68	0,02	0,32	9,10	0,30	S/MO	0,98	71,75	0,70	0,60	2,66	0,62	0,18
Cu/P	0,04	165,94	0,07	31,48	11,89	22,42	41,39	MO/S	2,01	111,96	2,25	2,71	0,38	0,58	0,29
P/Mn	3,29	168,61	5,54	0,17	0,06	0,09	0,13	S/CTC	2,44	73,81	1,80	0,20	1,45	1,51	0,27
Mn/P	2,00	296,45	5,94	42,26	0,38	1,86	1,63	CTC/S	0,90	144,76	1,31	1,58	0,12	0,48	0,12
P/Zn	10,37	61,14	6,34	1,78	0,37	0,50	332,74	B/Cu	7,13	214,79	15,31	0,00	1,74	3,69	1,27
Zn/P	0,22	182,19	0,40	204,97	0,20	5,74	24,60	Cu/B	1,02	151,70	1,55	16,41	6,37	106,08	0,62
P/MO	0,92	92,15	0,85	2,09	0,74	0,65	0,27	B/Mn	0,13	148,53	0,19	0,39	0,11	0,08	0,13
MO/P	1,65	55,83	0,92	15,43	4,60	30,05	551,00	Mn/B	44,43	340,94	151,49	1,73	0,16	0,43	0,02
P/CTC	2,30	89,08	2,05	1,28	0,71	0,93	0,38	B/Zn	0,47	68,42	0,32	4,91	0,91	0,23	476,43
CTC/P	0,73	83,44	0,61	6,69	1,36	10,12	104,07	Zn/B	5,35	142,80	7,64	183,71	0,39	41,42	1,67
K/Ca	0,04	63,51	0,03	78,48	1,07	3,67	3,99	B/MO	0,03	38,98	0,01	2,74	1,35	1,05	1,10
Ca/K	35,74	82,65	29,54	0,37	0,12	0,05	0,36	MO/B	36,29	45,53	16,52	26,97	4,24	1,21	3,34
K/Mg	0,17	71,54	0,12	13,60	0,31	0,60	1,60	B/CTC	0,08	33,17	0,03	1,35	2,05	1,51	2,85
Mg/K	8,45	90,99	7,69	0,45	0,33	0,17	0,56	CTC/B	14,59	38,72	5,65	28,39	3,39	160,19	5,35
K/S	0,03	245,36	0,07	3,57	0,06	0,19	0,02	Cu/Mn	0,06	93,66	0,05	5,75	22,36	6,58	4,29
S/K	209,15	186,76	390,61	0,01	0,04	0,04	0,02	Mn/Cu	66,52	185,28	123,25	0,06	0,82	57,45	0,66
K/B	0,34	101,95	0,35	62,40	0,65	23,13	2,70	Cu/Zn	0,25	79,24	0,19	35,17	152,47	2,98	5577,50
B/K	4,97	76,79	3,82	0,10	0,61	0,23	0,93	Zn/Cu	23,09	256,97	59,35	0,01	0,17	6,23	0,00
K/Cu	2,01	220,15	4,43	0,00	1,43	5,49	0,10	Cu/MO	0,03	119,42	0,03	2,87	3,50	22,64	0,25
Cu/K	3,90	133,46	5,20	3,75	2,62	0,34	0,56	MO/Cu	256,80	219,87	564,63	0,00	1,08	2,14	0,28
K/Mn	0,03	220,37	0,08	0,49	0,08	0,08	0,18	Cu/CTC	0,07	114,04	0,08	2,15	6,70	1,11	0,50
Mn/K	138,00	264,13	364,51	0,22	0,03	0,07	0,02	CTC/Cu	110,17	228,02	251,21	0,00	0,64	1,75	0,20
K/Zn	0,11	64,54	0,07	21,78	5,96	0,89	10334,33	Mn/Zn	6,43	105,56	6,79	1,39	16,32	4,32	53,10
Zn/K	16,96	111,34	18,89	0,82	0,76	0,78	0,21	Zn/Mn	0,35	111,78	0,39	0,57	0,21	0,38	0,38
K/MO	0,01	77,60	0,01	2,72	0,36	5,18	0,30	Mn/MO	0,98	295,12	2,89	2,63	0,05	0,23	0,01
MO/K	170,51	107,29	182,94	0,06	0,16	0,12	0,17	MO/Mn	3,98	163,09	6,49	0,07	0,08	0,10	0,29
K/CTC	0,02	59,55	0,01	7,74	0,88	0,79	0,86	Mn/CTC	2,24	287,08	6,44	2,65	0,12	0,19	0,03
CTC/K	65,30	88,79	57,99	0,20	0,17	0,08	0,24	CTC/Mn	1,61	154,87	2,49	0,18	0,05	0,05	0,13
Ca/Mg	4,50	35,20	1,59	1,28	0,24	0,48	0,35	Zn/MO	0,15	114,75	0,17	13,12	0,23	8,13	0,26
Mg/Ca	0,25	37,04	0,09	4,91	1,66	4,16	2,02	MO/Zn	15,36	69,43	10,66	1,52	1,26	0,24	5986,31
Ca/S	0,54	177,55	0,96	1,29	0,07	0,24	0,09	Zn/CTC	0,34	113,48	0,39	18,45	0,29	0,36	0,36
S/Ca	4,58	74,73	3,42	1,59	3,19	4,12	1,58	CTC/Zn	6,06	64,96	3,94	2,77	0,87	0,24	2887,88
Ca/B	8,20	49,94	4,09	11,60	0,90	28,08	2,33	MO/CTC	2,54	27,97	0,71	1,11	0,46	1,56	0,86
B/Ca	0,15	47,91	0,07	5,46	2,19	3,33	6,64	CTC/MO	0,43	30,56	0,13	1,28	0,27	27,00	0,29

x = média; CV = coeficiente de variação (%); σ = desvio padrão; (2) Razão de variância (S²Bx/S²Alt) entre os grupos de baixa (Bx) e alta produtividade (Alt); Divisão do grupo de baixa produtividade em subgrupos: A, B, C e D.

Tabela 3. Média, coeficiente de variação e desvio padrão dos parâmetros de solo para o milho nos subgrupos A, B, C e D

DADOS	A			B			C			D		
	$\bar{x}$	CV	σ	$\bar{x}$	CV	σ	$\bar{x}$	CV	σ	$\bar{x}$	CV	σ
Produtividade (t/ha)	8,94	1,45	0,13	8,28	1,81	0,15	7,80	0,00	0,00	6,45	20,16	1,30
N (kg/ha)	160,71	11,82	19,00	175,60	2,77	4,86	151,03	2,80	4,22	163,96	7,79	12,77
P Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	18,10	84,34	15,26	12,67	77,57	9,83	11,24	115,68	13,01	10,25	65,87	6,75
K (cmol _c dm ⁻³)	0,53	78,43	0,41	0,23	64,34	0,15	0,28	47,10	0,13	0,14	57,09	0,08
Ca (cmol _c dm ⁻³)	4,62	56,31	2,60	3,79	46,18	1,75	4,05	57,22	2,32	2,48	53,34	1,32
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,69	79,76	1,35	1,77	58,10	1,03	1,55	52,52	0,81	0,85	44,28	0,37
S (mg dm ⁻³)	8,87	71,81	6,37	16,77	110,90	18,60	12,58	151,45	19,05	9,67	49,63	4,80
B (mg dm ⁻³)	0,53	58,44	0,31	0,58	46,17	0,27	0,68	36,70	0,25	0,50	43,98	0,22
Cu (mg dm ⁻³)	2,30	62,36	1,43	1,17	115,93	1,36	0,65	91,25	0,59	0,62	50,29	0,31
Mn (mg dm ⁻³)	78,15	172,39	134,72	17,95	138,96	24,94	27,99	133,10	37,25	7,56	77,71	5,87
Zn (mg dm ⁻³)	12,05	145,56	17,53	1,95	68,81	1,35	2,97	42,01	1,25	1,36	94,91	1,29
MO total (g dm ⁻³)	24,61	52,31	12,88	24,39	35,83	8,74	22,33	34,07	7,61	19,48	35,82	6,98
CTC pH7 (cmol _c dm ⁻³)	10,18	36,55	3,72	8,36	35,05	2,93	8,68	35,15	3,05	6,31	30,20	1,90

x = média; CV = coeficiente de variação (%); σ = desvio padrão.

O índice de balanço nutricional (IBN) reflete o grau de desequilíbrio nutricional dos subgrupos em comparação ao grupo de alto rendimento. Houve diferenças expressivas entre os valores de índice de balanço nutricional (IBN) dos subgrupos A, B, C e D. Os subgrupos A e D apresentaram os maiores valores de IBN o que os confere o mais elevado desbalanceamento nutricional (Figura 2).

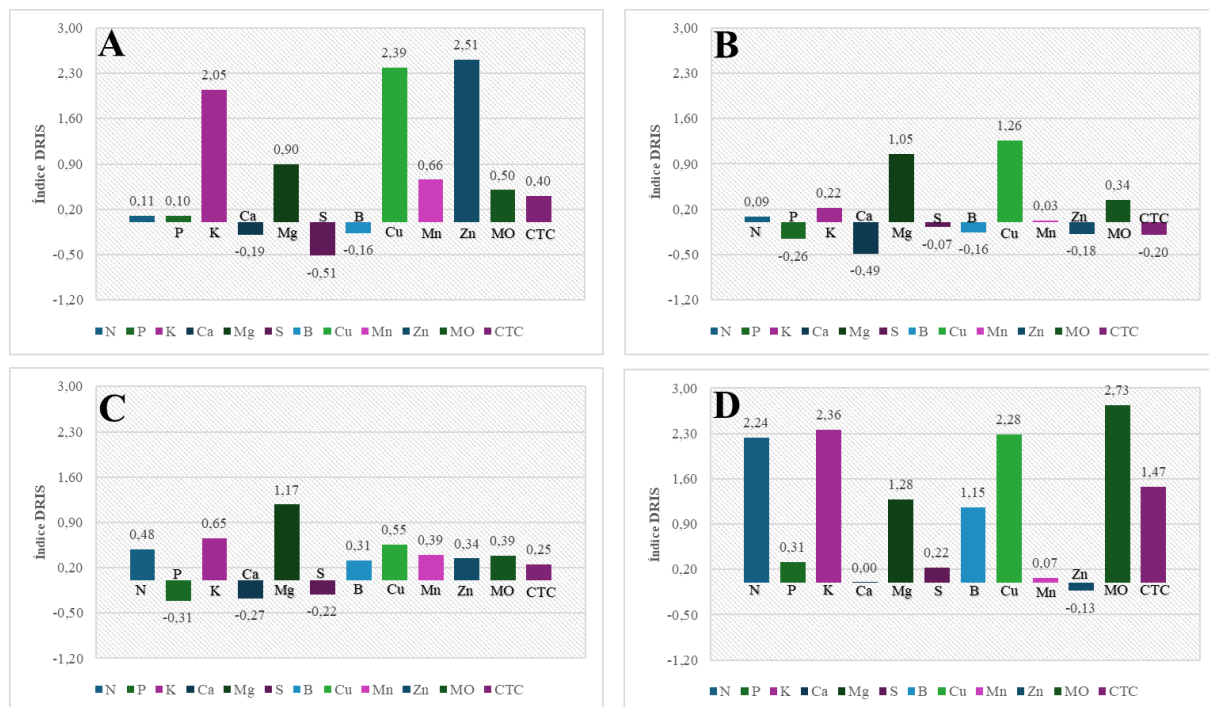


Figura 1. Balanço nutricional entre o grupo alta produtividade e os subgrupos A, B, C e D de baixa produtividade.

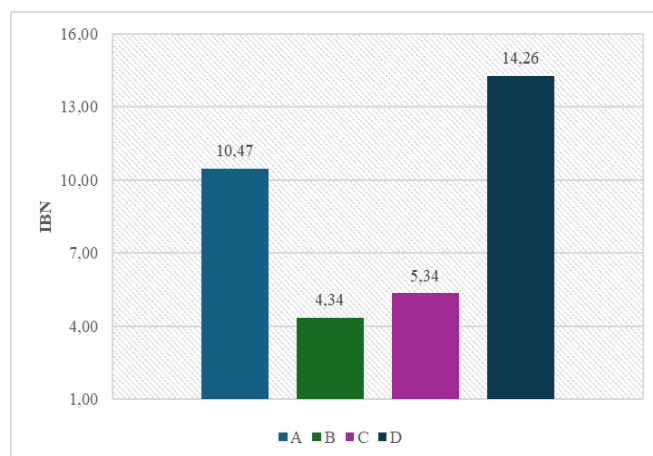


Figura 2. Índice de balanço nutricional (IBN) dos subgrupos A, B, C e D de baixa produtividade.

Após o entendimento sobre o IBN e para compreensão clara e precisa da ordem de limitação nutricional, utilizou-se o método do potencial de resposta à adubação (WADT, 1996). Com base nesse critério, os nutrientes destacados em vermelho foram classificados como insuficientes em relação ao grupo de referência, enquanto aqueles indicados em azul foram considerados em excesso (Tabela 4). Esse método contribui para a obtenção de diagnósticos nutricionais mais consistentes e para a definição de estratégias de manejo mais eficientes.

Tabela 4. Índices DRIS, índices de balanço nutricional (IBN) e índices de balanço nutricional médio (IBNm) para os subgrupos A, B, C e D

População	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	MO	CTC	IBNm
A	0,11	0,10	2,05	-0,19	0,90	-0,51	-0,16	2,39	0,66	2,51	0,50	0,40	0,87
B	0,09	-0,26	0,22	-0,49	1,05	-0,07	-0,16	1,26	0,03	-0,18	0,34	-0,20	0,36
C	0,48	-0,31	0,65	-0,27	1,17	-0,22	0,31	0,55	0,39	0,34	0,39	0,25	0,44
D	2,24	0,31	2,36	0,00	1,28	0,22	1,15	2,28	0,07	-0,13	2,73	1,47	1,19

Valores em azul - parâmetro do solo em excesso e valores em vermelho - parâmetro em deficiência, em relação ao IBNm.

O subgrupo A, apresentou elevado desequilíbrio nutricional (IBN=10,47), impulsionado por índices positivos de K (2,05), Mg (0,90), Cu (2,39) e Zn (2,51), cujos valores absolutos excederam o IBNm=0,87. Dessa forma, evidencia-se que nem sempre maiores teores resultam em melhor desempenho, uma vez que o excesso desses nutrientes favoreceu a ocorrência de antagonismos nutricionais, especialmente entre cátions e micronutrientes, comprometendo a eficiência de absorção dos demais elementos e limitando o desempenho da cultura.

O subgrupo B, mostrou o maior equilíbrio nutricional do estudo, com os menores valores de IBN= 4,34 e IBNm=0,36. A principal limitação foi atribuída à deficiência de Ca (-0,49), associada a excessos pontuais de Mg (1,05) e Cu (1,26). Este cenário indica que, mesmo em sistemas equilibrados, restrições específicas de nutrientes fundamentais podem limitar o teto produtivo.

O subgrupo C, demonstrou desequilíbrio intermediário (IBN=5,34). O diagnóstico indicou excesso relativo de N (0,48), K (0,65), Mg (1,17) e Cu (0,55) em relação ao IBNm= 0,44. Tais resultados reforçam a necessidade de ajuste nas relações estequiométricas entre as bases trocáveis (Ca:Mg:K) para assegurar a estabilidade nutricional da cultura.

O subgrupo D, registrou o maior grau de desbalanceamento (IBN=14,26) e a menor produtividade observada em relação aos outros subgrupos. Foram identificados excessos críticos de N (2,24), K (2,36), Mg (1,28), Cu (2,28) e matéria orgânica (2,73), todos superiores ao IBNm de 1,19. Tal condição intensificou o processo de antagonismo entre nutrientes, reduzindo a eficiência fisiológica das plantas, contribuindo para a menor produtividade observada nesse subgrupo.

Segundo Marschner (1995), o equilíbrio nutricional e a produtividade estão estreitamente relacionados. Entretanto, no subgrupo A, embora tenha sido registrada elevada produtividade, observou-se valor relativamente alto de IBN (10,47), indicando desequilíbrio nutricional. Essa resposta sugere a ocorrência do fenômeno conhecido como consumo de luxo, no qual a planta absorve nutrientes em quantidades superiores às necessárias para o crescimento e desenvolvimento, sem que isso resulte em incrementos proporcionais na produção. Dessa forma, apesar do bom desempenho produtivo, o elevado IBN evidencia menor eficiência metabólica na utilização dos nutrientes, com balanço interno desajustado. Esse padrão confirma que altos rendimentos nem sempre estão associados ao equilíbrio nutricional ideal, o que reforça a importância do diagnóstico pelo método DRIS na identificação de desequilíbrios que podem comprometer a sustentabilidade produtiva a médio e longo prazo. Visto que, a nutrição é apenas um dos vários limitadores de produção na cultura do milho.

Ao associar o método do potencial de resposta à adubação (PRA), proposto por Wadt (1996), aos resultados obtidos para os subgrupos, verificou-se que a única deficiência nutricional limitante foi o Ca no subgrupo B, indicando a necessidade de intervenção corretiva. Visando elevar a participação do cálcio na capacidade de troca de cátions (CTC) para níveis semelhantes ao grupo de referência. Com isto, estimou-se a necessidade de incremento de 1,09 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca, com necessidade de calagem de 1,6 t ha^{-1} . Com a calagem a saturação de cálcio será ajustada, ocorrerá a melhoria do ambiente radicular, aumentará a eficiência na absorção de outros nutrientes com consequente aumento do potencial produtivo das áreas avaliadas.

Apesar de tais complexidades, a utilização do DRIS via solo demonstra-se estrategicamente relevante para o manejo agrícola no Nordeste baiano. Isso ocorre porque as intervenções corretivas, como a calagem e a adubação, atuam diretamente no ambiente

radicular. Assim, torna-se operacionalmente mais viável o ajuste das concentrações de nutrientes no solo do que a tentativa de manipulação direta das concentrações internas nos tecidos foliares, permitindo uma correção antecipada de possíveis desequilíbrios antes que estes limitem severamente a produtividade.

6. Conclusões

O método DRIS via solo mostrou-se uma ferramenta estratégica para o manejo sustentável, permitindo recomendações nutricionais mais específicas e eficientes para os atributos limitantes de produtividade no Nordeste Baiano.

7. Referências bibliográficas

AGÊNCIA GOV. CONAB projeta *safr*a recorde de grãos em 2024/25 com 332,9 milhões de toneladas. Brasília, DF, 15 maio 2025. Disponível em: <https://www.gov.br>. Acesso em: 08 jun. 2025.

ALVARES, Clayton A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, dez. 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

BARROS, M. C.; ALVES, A. P. Produção e usos do milho no Brasil e no mundo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2015.

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, 1973. 132 p. (Soil Science Bulletin, 1).

BEVERLY, R. B. *et al.* Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) in crop nutrition. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 17, n. 3, p. 289-304, 1986.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Comércio e Relações Internacionais. *Exportações brasileiras: milho*. Brasília, DF: MAPA, 2024.

CLIMATEMPO. *Climatologia: previsão do tempo e dados climáticos brasileiros*. São Paulo: ClimaTempo, 2026. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/>. Acesso em: 17 jan. 2026.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos: estimativas de produção, oferta, demanda e balanço de produtos agrícolas* – v. 13, Safra 2025/26, n.º 1 – Primeiro levantamento. Brasília: Conab, out. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/1o-levantamento-safra-2025-26/e-book_boletim-de-safras-1o-levantamento_2025.pdf. Acesso em: 20 dez. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Levantamento de safra 2022/23 (3º levantamento)*. Brasília: Conab, dez. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/3o-levantamento-safra-2022-23/site_boletim_de_safras-3o_levantamento.pdf. Acesso em: 15 jun. 2025.

CUNHA, J. R. Variabilidade de micronutrientes em solos agrícolas: estudo em lavouras de milho em Goianésia-GO. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 621–630, 2005.

DUARTE, F. A.; MATTOSO, A. R.; GARCIA, J. L. Impacto econômico da produção de milho no agronegócio brasileiro. *Revista de Economia Rural*, v. 58, n. 2, p. 123-139, 2021.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Milho: importância econômica e social no Brasil*. Brasília, DF: Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 12 mai. 2025.

EMBRAPA. *Dia Nacional do Milho: a importância do milho para o agronegócio brasileiro*. Brasília, DF, 24 maio 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/89583335/artigo-dia-nacional-do-milho--a-importancia-do-milho-para-o-agronegocio-brasileiro>. Acesso em: 12 dez. 2025.

ESCANO, C. R. *et al.* Evaluation of DRIS norms for corn. *Soil Science Society of America Journal*, v. 45, p. 831-836, 1981.

GETAP – GRUPO DE ESTRATÉGICOS DE TECNOLOGIA E ALTA PRODUTIVIDADE. Eventos. Uberlândia, MG, 2025. Disponível em: <https://getap.agr.br/eventos/>. Acesso em: 05 jan. 2026.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS (IAC). *Análises químicas de solos: métodos oficiais*. Campinas: IAC, 2001.

JONES, J. B. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 12, n. 8, p. 785–794, 1981.

KÖPPEN BRASIL. *Mapeamento da classificação climática de Köppen para o Brasil*. Disponível em: <https://koppenbrasil.github.io/>. Acesso em: 20 dez. 2025.

LETZSCH, W. Aplicação do método DRIS para diagnóstico nutricional de plantas. *Boletim Técnico*, Universidade de Göttingen, v. 12, p. 1–45, 1985.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Projeções para a produção agrícola no Brasil: milho 2024*. Brasília, DF: MAPA, 2024.

MARSCHNER, P. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. ed. London: Academic Press, 1995.

NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. DRIS como método diagnóstico de nutrição mineral de plantas. In: EMBRAPA. *Sistema de produção de milho: aspectos técnicos e econômicos*. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 185-198. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/866512/1/126032010p185198.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2025.

OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. *Perspectivas agrícolas globais: milho 2023*. Paris: OCDE, 2023.

RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A.; SILVA, S. A.; ALVARES, V.; CANTARELLA, H.; FURLANI, A. M. C. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997.

ROCHA, A. C. Sistema integrado de diagnose e recomendação para a cultura do milho em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia, Goiás. 2006. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

SEI – SISTEMA ESTADUAL DE INDICADORES. *Relatório sobre a produção e produtividade do milho na Bahia*. Salvador, BA: SEI, 2024.

SOUZA, F. A.; SILVA, R. M.; PEREIRA, L. F. Influência da forma de expressão das razões nutricionais na precisão das normas DRIS para milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 47, p. 1–12, 2023.

SUMNER, M. E. Use of DRIS for plant analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 8, n. 5, p. 269-281, 1977.

WADT, P. G. S. Potencial de resposta à adubação: contribuição ao diagnóstico nutricional de plantas no método DRIS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 31, n. 8, p. 39-46, 1996.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. *The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)*. Advances in Soil Science, New York, v. 6, p. 149-188, 1987.