

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Instituto de Ciências Agrárias - ICA

Felipe Soares Gonçalves

Agronomia

**ESTUDO COMPARATIVO DE EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES
PELA CULTURA DA SOJA**

Unai

2024

Felipe Soares Gonçalves

**ESTUDO COMPARATIVO DE EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE
NUTRIENTES PELA CULTURA DA SOJA**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro(a) Agrônomo(a).

Orientador: Prof. Dr. Alceu Linares Pádua Junior

Data de aprovação ____/____/____.

Prof. Dr. Sérgio Macedo Silva
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

Prof. Dr. Paulo Sérgio Cardoso Batista
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

Prof. Dr. Alceu Linares Pádua Junior
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

Unai
2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha maior gratidão àqueles que possuem minha maior admiração, meus pais, Vanderli Gonçalves e Marlene Soares. Esses que ao longo da minha jornada acadêmica e início da jornada profissional, não mediram esforços para me apoiar e amparar. A eles devo mais do que posso pagar, mas espero os orgulhar cada vez mais daqui para frente.

À minha irmã Vitória, que apesar das intrigas de irmãos, por momentos turbulentos esteve ao meu lado.

Não posso deixar de agradecer aos meus padrinhos, Valter e Luzia, que desde o momento que entrei nessa jornada acadêmica se mostraram felizes pelas pequenas conquistas. Também não devo deixar de fora o meu tio Pedro, que ao longo de minha vida foi como um segundo pai para mim, e em diversas conversas demonstrava felicidade também pelas minhas pequenas conquistas.

Aos amigos que fiz em Unaí, após minha quarta mudança de cidade, que me ajudaram em incontáveis momentos. Amizades essas que levarei para a vida, de colegas de faculdade para amigos de vida e parceiros de trabalho.

Também devo agradecimentos à Gabriela, uma ex companheira, porém eterna amiga. Ela que nos momentos finais dessa caminhada me ajudou a focar e concluir esse longo percurso.

Todos os professores, técnicos e prestadores de serviço tem minha eterna gratidão, pois todos agregaram de forma positiva para moldar o profissional que sou hoje. Em especial agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Alceu Linares de Pádua Junior, cujo admiro pelo profissional que é, e também sendo um entusiasta de sua área de atuação.

À banca examinadora, formada pelo Prof. Dr. Sérgio Macedo Silva e pelo Prof. Dr. Paulo Sérgio Cardoso Batista, também sou muito grato. Porque além de aceitarem esse papel nesse importante dia de hoje, foram pessoas que me ajudaram de diversas formas ao longo dessa trajetória.

Por fim, minha mais sincera gratidão àqueles que de alguma forma fizeram parte dessa esplêndida etapa da minha vida.

RESUMO

A soja (*Glycine max* L.) é uma cultura de ciclo anual, cujo desenvolvimento depende dos nutrientes fornecidos pela fertilidade do solo ou por meio de adubações, tanto via solo quanto foliar. Para adaptar-se a diferentes ambientes de produção, são desenvolvidos diversos materiais, exigindo estudos específicos para cada um, devido ao comportamento variado na extração e exportação de nutrientes. Este estudo visa demonstrar a capacidade de extração e o balanço de nutrientes de genótipos de soja com diferentes grupos de maturação. Os dados foram obtidos da Fazenda Colorado, em Buritis, Minas Gerais, em duas variedades de soja, sendo avaliada a extração de nutrientes de dois genótipos, um em cada safra agrícola. Foram avaliadas as variedades CZ 37B43 IPRO na safra 2022/23 e a Brasmax Guepardo IPRO na safra 2023/24. O balanço de nutrientes foi calculado somente com os dados da variedade Brasmax Guepardo IPRO. Os nutrientes analisados na cultivar Cz 37B43 foram Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu) e Níquel (Ni). Já na cultivar Brasmax Guepardo IPRO, foram analisados esses nutrientes mais o Molibdênio (Mo). Os teores dos nutrientes extraídos pelas cultivares foram distintos: a cultivar Cz 37B43 extraiu de maneira mais significativa os nutrientes P, Fe e Cu, enquanto a Brasmax Guepardo IPRO extraiu N, Ca, Mg, S, B, Zn e Mn. Portanto a cultivar Cz 37B43 IPRO diferiu de forma significativa da literatura em F, P, Zn, Fe, Mn e Cu, enquanto a cultivar Brasmax Guepardo IPRO em N, K, Ca, B, Zn, Cu, Fe e Mn.

Palavras chave: *glycine max*, tecido vegetal e Latossolo Amarelo.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* L.) is an annual crop whose development relies on nutrients provided by soil fertility or fertilization, either through the soil or foliar application. To adapt to different production environments, many cultivars are developed, requiring specific studies due to the varied behavior in nutrient extraction and export. This study aims to demonstrate the nutrient extraction capacity and balance of soybean genotypes with different maturity groups. Data were obtained from Fazenda Colorado in Buritis, Minas Gerais, evaluating two soybean varieties over two agricultural seasons. The genotypes CZ 37B43 IPRO and Brasmax Guepardo IPRO were assessed during the 2022/23 and 2023/24 seasons, respectively. Nutrient balance was calculated solely for the Brasmax Guepardo IPRO variety. Nutrients analyzed for the CZ 37B43 IPRO cultivar included Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Sulfur (S), Boron (B), Zinc (Zn), Iron (Fe), Manganese (Mn), Copper (Cu), and Nickel (Ni). For the Brasmax Guepardo IPRO cultivar, these nutrients plus Molybdenum (Mo) were analyzed. The nutrient extraction levels varied between cultivars: CZ 37B43 IPRO significantly extracted P, Fe, and Cu, while Brasmax Guepardo IPRO significantly extracted N, Ca, Mg, S, B, Zn, and Mn. Thus, the CZ 37B43 IPRO cultivar showed significant differences from the literature in P, Zn, Fe, Mn, and Cu, while the Brasmax Guepardo IPRO differed in N, K, Ca, B, Zn, Cu, Fe, and Mn.

Keywords: *glycine max*. Plant tissue. Latosol yellow.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise do solo para a camada 0-20 cm, 20-40 cm e 80-100 cm, no município de Buritis-MG.....	16
Tabela 2 - Produtos fertilizantes utilizados nas variedades.....	18
Tabela 3 - Extração de nutrientes das cultivares CZ 37B43 IPRO e Brasmax Guepardo IPRO.....	21
Tabela 4 - Exportação de nutrientes da Brasmax Guepardo IPRO comparada com a literatura.....	23
Tabela 5 - Balanço macronutrientes baseado na calculadora NPCT.....	24
Tabela 6 - Balanço de macronutrientes de acordo com os dados nutricionais de exportação (grãos) obtidos pelo laboratório.....	24
Tabela 7 - Balanço micronutrientes baseado na calculadora NPCT.....	25
Tabela 8 - Balanço de micronutrientes de acordo com os dados nutricionais de exportação (grãos) obtidos pelo laboratório.....	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	9
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
3.1. Representatividade econômica da cultura da soja	10
3.2. Características Gerais do Noroeste de Minas Gerais.....	10
3.3. Extração e Exportação	12
4. MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1. Caracterização da área experimental	16
4.2. Caracterização do Solo.....	16
4.3. Variedades analisadas e tratos culturais	17
4.3.1. Safra 2022/23	17
4.3.2. Safra 2023/24	17
4.3.3. Extração, exportação e Balanço de nutrientes da cultura da soja	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5.1. Comparativo de extração das cultivares	21
5.2. Exportação Brasmax Guepardo IPRO.....	23
5.3. Comparativo de balanço de nutrientes.....	24
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	26
7. REFERÊNCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma das culturas mais importantes do mundo, e sua produção tem finalidades alimentícias, tanto humana quanto animal e industrial agrícolas como a produção de biodiesel até a produção de subprodutos para o meio automobilístico como a produção de pneus (LOVISION, 2021).

No Brasil, a cultura da soja lidera o ranking de produção. Segundo o 9º levantamento do boletim da safra de grãos da CONAB, na safra 2023/24 apesar das condições climáticas adversas passadas, a soja consagrou-se novamente como a primeira cultura produzida pelo país, sendo produzidas mais de 147 milhões de toneladas.

Mesmo com os avanços tecnológicos para o aumento das produções das lavouras de soja, são encontrados certos entraves que as limitam, como por exemplo as adubações desequilibradas, desse modo, não atendendo as necessidades da planta para que haja a extração e a exportação adequada para cada material. Ferramentas como análises de tecidos se tornam essenciais para o auxílio desses problemas (EMBRAPA, 2020).

Com tamanha importância para a economia mundial, é necessário cada vez mais o entendimento da cultura para que sejam alcançados os tetos produtivos das cultivares instauradas. Assim, são necessárias análises de extração e exportação de macronutrientes e micronutrientes, pois com esses dados tem-se a capacidade de redigir o melhor manejo nutricional para cada cultivar.

A extração que consiste em quantificar os nutrientes absorvidos pela planta até o fim do enchimento de grãos, estágio R5.5. Enquanto a exportação consiste em quantificar os nutrientes que foram transferidos para os grãos produzidos, no estágio R8.

Conhecer os teores de nutrientes acumulados nos tecidos das variedades de soja torna-se uma importante informação, pois se as espécies vegetais apresentarem distintas capacidades nutricionais o manejo da correção do solo e adubação das plantas deverá ser reavaliado para a busca de maiores ganhos produtivos.

Com o presente trabalho teve como objetivo comparar a extração de nutrientes da cultura da soja de inúmeras fontes de pesquisa aos resultados de extração obtidos pelas cultivares CZ 37B43 e Brasmax Guepardo IPRO cultivadas no município de Buritis-MG, nas safras de 2022/23 e 2023/24 respectivamente. Também comparar o balanço de nutrientes baseado nos resultados padrões obtidos por fontes de pesquisa com a exportação da cultivar Brasmax Guepardo IPRO.

2. OBJETIVOS

O trabalho em questão tem como objetivo apresentar dados sobre a extração de nutrientes da cultura da soja e comparar com duas variedades em área irrigada localizadas no município de Buritis-MG.

Objetivos Específicos

Verificar se a extração de nutrientes das variedades Guepardo e Credeuz CZ 37B43IPRO estão de acordo com os valores considerados como referência.

Utilizar a ferramenta de balanço de nutrientes para verificar se o manejo químico da adubação está sendo realizado de maneira correta em uma fazenda localizada do município de Unaí-MG em sistema irrigado.

Analisar se as variedades atualmente utilizadas apresentam extração de nutrientes semelhante ao indicado na literatura.

Realizar o balanço de nutrientes da soja variedade Guepardo no município de Buritis, Minas Gerais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Representatividade econômica da cultura da soja

Liderando a produção agrícola brasileira, a soja ocupa o topo da lista na produção de grãos. De acordo com a Conab (2024), na safra 2023/2024, o Brasil apresentou uma produção de soja de aproximadamente 147,4 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de pouco mais de 44 milhões de hectares, o que posiciona o país como o maior produtor mundial dessa cultura.

A soja, cujo nome científico é *Glycine max* (L.) Merrill, é uma cultura de extrema importância na economia global. Seus grãos têm uma ampla gama de aplicações na agroindústria, incluindo a produção de óleo vegetal e rações para animais, bem como nas indústrias química e de alimentos. Nos últimos tempos, tem-se observado um aumento significativo no seu uso como uma fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO & ROSSI, 2000).

O significativo aumento na produção global de soja pode ser atribuído a vários fatores notáveis. Entre estes, destacam-se: a alta qualidade do grão, caracterizada pelo seu teor elevado de óleo (cerca de 20%) e proteínas (em torno de 40%); a soja é uma commodity padronizada e consistente, o que possibilita sua produção e comercialização por agricultores de diferentes países, resultando em uma alta liquidez e demanda; e especialmente ao longo das últimas décadas, tem havido um notável avanço na disponibilidade de tecnologias de produção, o que tem permitido uma expansão significativa da área cultivada e da produtividade da oleaginosa (LAZZAROTTO & HIRAKURI, 2010).

Nas últimas décadas, houve um notável progresso na produção de soja no Brasil, impulsionado não apenas pelo aumento da área cultivada, mas também pela adoção de técnicas avançadas de manejo, que contribuíram para o aumento da produtividade (FREITAS, 2011).

3.2. Características Gerais do Noroeste de Minas Gerais

Conforme descrito por Nimer (1989), o clima na região é classificado como Tropical Quente Semiúmido, caracterizado por 04 a 05 meses secos na porção centro-leste. Há uma transição para o clima Tropical Quente Semiárido Brando, que possui 06 meses secos. Durante a primavera e o verão, as temperaturas são mais altas e há maiores índices pluviométricos, enquanto o período de seca começa no outono e se intensifica no inverno.

Segundo o mesmo autor, essa variação climática regional faz fronteira com um clima mais seco ao leste, denominado Tropical Quente Semiárido, com 06 meses de seca. Isso sugere uma transição gradual entre esses tipos climáticos.

A precipitação na região é sazonal, seguindo um padrão tipicamente tropical com alternância entre uma estação seca no inverno e uma estação chuvosa no verão. Essa alternância é causada pela mudança sazonal na direção dos ventos, de sul para norte e de norte para sul, caracterizando um regime de monção (GAN et al., 2009). As isoietas mais comuns na região mostram que os totais médios anuais de chuva variam entre 800 e 1500 mm (FERRAZ SILVA, 2019).

Além das chuvas, a média do balanço hídrico ajuda a entender a dinâmica da água no ambiente, considerando a entrada de água através da precipitação e a saída de água do solo por evapotranspiração. Isso serve como uma referência importante na agricultura, indicando a adequação para o tipo de cultivo e o momento ideal para iniciar o plantio (FERRAZ SILVA, 2019).

O estado de Minas Gerais possui uma topografia distinta, com altitudes que podem chegar a 1500 metros, o que influencia diretamente o clima regional. Predomina o clima tropical de altitude, que geralmente ocorre em áreas mais elevadas, apresentando temperaturas entre 17 e 20°C e precipitações anuais superiores a 1300 mm. Além disso, o clima tropical também está presente em áreas mais baixas do estado, onde as temperaturas variam entre 22 e 23°C e as estações são bem definidas, com verões chuvosos e invernos secos (ALVARES et al., 2014).

O complexo da soja em Minas Gerais representou 25,9% das exportações do setor agropecuário em 2022, alcançando um valor de US\$ 3,3 bilhões com um volume de 5,4 milhões de toneladas. Essas exportações foram destinadas a 41 países, com destaque para China, Tailândia, Irã, Taiwan e Alemanha, que juntos adquiriram 91,6% da produção. A demanda dos países asiáticos tem crescido (FAEMG, 2022).

Na região noroeste do bioma cerrado em Minas Gerais, predominam Latossolos Vermelho-Amarelos em conjunto com Latossolos Vermelhos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Flúvicos e Cambissolos Háplicos. Os Neossolos Quartzarênicos estão relacionados aos arenitos, enquanto os Neossolos Flúvicos são encontrados nos sedimentos do Rio São Francisco e seus afluentes (NAIME et al, 2014).

A região do Noroeste de Minas Gerais se destaca pelo vigor do agronegócio, especialmente no cultivo de soja, milho, feijão, sorgo e trigo. Esta área possui o maior potencial de expansão das atividades agrícolas e pecuárias em todo o estado (MACHADO,2023).

3.3. Extração e Exportação

A demanda nutricional pode ser estimada analisando estudos sobre a extração e exportação de nutrientes pelas culturas.

A extração refere-se à quantidade total de nutrientes que a planta absorve do solo ao longo de seu ciclo de vida, enquanto a exportação representa a proporção desses nutrientes que é retirada do sistema durante a colheita (no caso da soja, nos grãos) (Godoy, 2021).

Devido à alta produtividade de grãos alcançada com as cultivares de soja Enlist®, Xtend® e Roundup Ready® (85-97 sacas por hectare), todos os nutrientes foram exigidos em grandes quantidades. Portanto, para obter altos rendimentos dessas cultivares de soja, é essencial revisar e atualizar os manejos nutricionais para o fornecimento de nitrogênio (N), fósforo (P) em forma de fosfato (P_2O_5), potássio (K) em forma de óxido de potássio (K_2O), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) em forma de sulfato (SO_4), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobalto (Co), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e selênio (Se) nas recomendações de adubação no Brasil, ajustando-os de acordo com as necessidades específicas de cada cultivar (GUIDORIZZI, 2023).

A soja tem uma baixa taxa de absorção de nutrientes no início de seu ciclo, atingindo a absorção máxima a partir do 30º dia até o estágio R5 (Carmello; Oliveira, 2006). A ordem decrescente das necessidades nutricionais é: N, K, Ca, Mg, P e S. A quantidade necessária de cada nutriente e a taxa de exportação variam de acordo com a cultivar, a fertilidade do solo, as condições climáticas e as práticas de manejo empregadas (EMBRAPA SOJA, 2001).

As cultivares de soja Enlist®, Xtend® e Roundup Ready® apresentaram demandas nutricionais baixas para N, P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg, S- SO_4 , B, Cu, Fe, Mn, Zn, Co, Mo, Ni e Se até o estágio de desenvolvimento V3. No entanto, a partir do estágio V4, a extração desses nutrientes aumentou significativamente e continuou a crescer até o estágio R6. Portanto, é essencial que todos esses nutrientes estejam disponíveis para a absorção pela cultura da soja entre os estágios de desenvolvimento V4 a R6 (GUIDORIZZI, 2023).

As variedades modernas de soja estudadas extraíram mais N, P, K e Mg do que as variedades históricas cultivadas no Brasil; por outro lado, as mudanças na extração de S e Ca não foram significativas. A mobilidade específica de cada nutriente é influenciada pelas funções que esses nutrientes desempenham no metabolismo das plantas, determinando sua mobilidade ou redistribuição dentro da planta. Os macronutrientes N, P e K possuem alta mobilidade e são facilmente redistribuídos dentro das plantas, bem como nos grãos (Bernardi et al., 2000).

Entretanto, a mobilidade de enxofre (S) e cálcio (Ca) dentro de uma planta pode ser considerada baixa, o que indica que esses nutrientes são menos móveis e menos propensos a serem distribuídos dentro das plantas e grãos (MASCARENHAS et al., 2013).

A introdução de novas variedades de soja resultou em uma maior remoção de N, P, K e Mg em relação às variedades antigas de soja, sugerindo que esses nutrientes podem influenciar significativamente o rendimento, e que o uso de manejo específico para cada campo pode ser necessário para atender aos requisitos nutricionais (ESPER NETO, 2021).

É importante ter em mente que, à medida que a produtividade aumenta, a quantidade de nutrientes exportados também cresce (Fundação MT, 2018). Embora essa relação não seja linear, ela serve como uma ferramenta valiosa para orientar o manejo da adubação, pois indica as quantidades apropriadas e equilibradas de nutrientes necessárias. Além disso, é crucial destacar que tanto a deficiência quanto o excesso de nutrientes podem ser prejudiciais em termos agrônômicos, econômicos e ambientais (Godoy, 2021).

3.4. Adubação da cultura da soja

O N é um componente estrutural das moléculas de clorofila e das enzimas que ajudam a regular os processos fisiológicos na cultura da soja (Begale, 2021). É o nutriente que a planta mais necessita, pode ser absorvido como amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), sendo o nitrato a forma predominante. Quando absorvido como NO_3^- , este deve ser reduzido NH_4^+ para que o N possa ser convertido em aminoácidos e proteínas, as fontes de N disponíveis para a cultura incluem o solo, a fixação não biológica, os fertilizantes e a fixação biológica do N atmosférico (Domingos et al., 2015).

O F auxilia no armazenamento e transporte da energia produzida durante a fotossíntese, essencial para o crescimento, desenvolvimento e reprodução. É o componente fundamental dos pacotes de energia conhecidos como ATPs e melhora a eficiência dos outros nutrientes aplicados (Begale, 2021). É reconhecido como um dos nutrientes mais escassos para a produção agrícola em solos do Cerrado, onde sua disponibilidade natural é geralmente muito baixa. O desenvolvimento vegetal e, por consequência, a obtenção de produtividades satisfatórias dependem significativamente do uso de fertilizantes contendo fosfato (Broch et al., 2009).

O K é absorvido na forma de íons de potássio (K^+), esse elemento desempenha um papel crucial em todos os aspectos do crescimento e da produção da soja, exercendo uma influência significativa no equilíbrio nutricional da cultura (MALAVOLTA, 1980). É

fundamental para atividades enzimáticas e desempenha um papel crucial no controle da abertura e fechamento dos estômatos, além de regular a osmose nos tecidos (SFREDO; BORKERT, 2004). As fontes de K incluem adubos minerais como sulfatos, cloretos, entre outros (Domingos et al., 2015).

O Ca é essencial para a integração e estabilização da parede celular, além de atuar como regulador para ânions orgânicos e inorgânicos nos vacúolos (Clarkson, 1996). A absorção de cálcio ocorre na forma de Ca^{2+} , sendo reduzida na presença de concentrações elevadas de K^{+} e Mg^{2+} no ambiente (Domingos et al., 2015), segundo o mesmo autor o magnésio é absorvido na forma de Mg^{2+} e é um componente da clorofila, desempenhando um papel crucial nos processos de fotossíntese. É o elemento que mais ativa enzimas, incluindo aquelas envolvidas na síntese de carboidratos e ácidos nucleicos. A aplicação de calcário é a principal forma de fornecer esses nutrientes, além de aumentar o pH e a saturação por bases no solo (ALVAREZ.; RIBEIRO, 1999).

O S é um dos macronutrientes mais importantes que melhora o crescimento, a produtividade e a porcentagem de óleo nas sementes de soja. É um dos principais componentes dos aminoácidos, promovendo a produção de óleo (Begale, 2021), segundo o mesmo autor a adubação com S é realizada com a aplicação de sulfato de amônio, sulfato de potássio e sulfato de cálcio (gesso).

O B é um elemento essencial que desempenha um papel importante em várias funções fisiológicas. Ele é crucial para a biossíntese da parede celular, síntese de carboidratos, formação de nódulos, fixação de N, funcionamento das membranas, alongamento das raízes, diferenciação dos tecidos, germinação do pólen e crescimento (Culman, 2017). As plantas absorvem o boro na forma de ácido bórico (H_3BO_3), que está disponível no solo em forma solúvel (Lacerda et al., 2017).

O Zn é um micronutriente essencial para as plantas, desempenhando um papel importante como componente de proteínas, além de atuar em funções regulatórias, estruturais e funcionais de enzimas, na expressão gênica e na estabilização das estruturas de RNA e DNA (Brown et al., 1993). O zinco está disponível no solo na forma divalente (Zn^{2+}), sendo móvel apenas no solo, e seu transporte dentro da planta ocorre por difusão e sendo suplementado através de adubações foliares (Begale, 2021).

O Fe desempenha um papel crucial na síntese de DNA, na respiração, na fotossíntese, na ativação de muitas vias metabólicas e como constituinte prostético de muitas enzimas (Rout et al., 2015). O ferro é aplicado na forma de quelatos, como EDTA e DTPA,

através de pulverização foliar ou incorporação ao solo, corrigindo os sintomas visuais decorrentes da deficiência de ferro (Begale, 2021).

O Mn desempenha um papel importante nos processos de oxidação-redução, como no sistema de transporte de elétrons, na produção de clorofila e na sua presença essencial no fotossistema II. Ele atua como ativador de mais de 35 enzimas diferentes (Mousavi et al., 2011). O manganês nas lavouras de soja é aplicado por pulverização foliar na forma de sulfato de manganês. Sua disponibilidade para as plantas de soja depende particularmente do preparo do solo, do conteúdo de matéria orgânica e do manejo da lavoura (Lacerda et al., 2017).

O Cu desempenha um papel importante na fisiologia e atua como cofator em muitas reações enzimáticas (Yruela, 2005). O Cu participa de vários processos fisiológicos, como a respiração, fotossíntese, síntese de lignina e metabolismo de carboidratos. Embora esteja complexado com minerais, está disponível para as plantas na forma de íons Cu^{2+} (Culman, 2017). O Cu é usualmente aplicado à cultura da soja sob a forma de sulfato de cobre, mas também estão disponíveis quelatos comerciais de nutrientes para fornecer esse elemento (Begale, 2021).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado na fazenda Colorado, em uma área irrigada de 240 ha, localizada no município de Buritis-MG, nas coordenadas 15°50'00.3"S e 46°25'27.3"W a uma altitude de 900 metros.

4.2. Caracterização do Solo

A área do experimento foi classificada como Latossolo Amarelo distrófico, de textura argilosa de acordo com Santos et al. (2018).

Para a caracterização e análise, o solo foi devidamente acondicionado, identificado e transportado ao laboratório de análises de solo ICASA, localizado em Campinas-SP. As propriedades avaliadas no solo foram: pH CaCl₂ e pH em H₂O, Matéria Orgânica (MOS), Potássio (K), Fósforo (P), Enxofre (S), Cálcio (Ca²⁺), Magnésio (Mg²⁺), Alumínio (Al³⁺), Acidez Potencial (H+Al), CTC total a pH 7,00, soma de bases (SB), saturação por alumínio (m%) e Saturação de bases (V%) de acordo com metodologia descrita por Claessen et al. (1997).

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da análise de solo nas amostras de 0-20; 20-40 e 80-100 cm.

Tabela 1 - Resultados da análise do solo para a camada 0-20 cm, 20-40 cm e 80-100 cm, no município de Buritis-MG.

Profundidade (cm)	pH	pH	MO	P	K	S	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	(dag Kg ⁻¹)	------(mg)-----			------(cmol _c dm ⁻³)-----						--(%)--	
0-20	6,1	5,8	2,5	36,0	47,0	6,0	3,5	0,7	0,0	2,2	4,32	6,52	66,3	0,0
20-40	5,7	5,1	2,1	3,0	30,0	10,0	1,5	0,4	0,0	2,0	1,98	3,98	49,7	0,0
80-100	5,3	4,7	1,5	1,0	25,0	4,0	0,4	0,2	0,0	1,8	0,66	2,46	26,83	0,0

Fonte: Laboratório ICASA, 2024.

4.3. Variedades analisadas e tratos culturais

4.3.1. Safra 2022/23

Na safra 2022/23, foi utilizada a cultivar da BASF CZ 37B43 IPRO, que possui grupo de maturação 7.4 e um ciclo de 115 dias na região, sendo denominada de ciclo médio. Esta variedade apresenta um alto potencial de produtividade, com um PMG de 179 gramas, crescimento indeterminado e uma recomendação de plantio de 260 a 300 mil plantas por hectare para áreas irrigadas na região.

A semeadura do material foi realizada do dia 23 a 25 de outubro de 2022, com um estande final de 280 mil plantas por hectare.

A colheita foi realizada em 25 de fevereiro de 2023. A adubação de plantio consistiu na aplicação de 130 kg ha⁻¹ de KCl e 130 kg ha⁻¹ do adubo formulado 5-37-00. Tendo uma produtividade de 68 sacos por hectare.

4.3.2. Safra 2023/24

Na safra 2023/24, adotou-se a cultivar BRASMAX GUEPARDO IPRO, caracterizada por um grupo de maturação 6.7 e um ciclo de 101 dias na região, sendo denominada de ciclo precoce. Essa variedade é notável pelo seu alto potencial produtivo, apresentando um PMG de 180 gramas, além de demonstrar uma excelente adaptação a regiões de maior altitude. Possui um crescimento indeterminado e é recomendada para o plantio de 280 a 300 mil plantas por hectare em áreas irrigadas da região.

O material foi semeado nos dias 3 e 4 de outubro de 2023, resultando em um estande final de 300 mil plantas por hectare.

A colheita foi realizada no dia 20 de janeiro de 2024. A adubação aplicada consistiu em 253 kg ha⁻¹ de KCl e 130 kg ha⁻¹ do adubo formulado 5-37-00. A produtividade alcançada foi de 67 sacos por hectare.

A seguir na tabela 2, os demais tratos culturais realizados em cada variedade estudada.

Tabela 2 - Produtos fertilizantes utilizados nas variedades.

SAFRA	CULTIVAR	NOME	PRODUTO	DOSE (Kg ha ⁻¹)	Unidade de medida		
2022/23	CZ 37B43 IPRO IPRO	KCL	Fertilizante	130	kg/ha		
		5-37-00	Fertilizante	130	Kg/ha		
		Calcário	Fertilizante	3000	Kg/ha		
		Octaborato	Fertilizante	2,00	Kg/ha		
		Sulfato de Niquel	Fertilizante	0,1	Kg/ha		
		Molibdato de Sódio	Fertilizante	0,12	Kg/ha		
		Initiate Soy	Fertilizante	0,25	L/ha		
		Soil Set	Fertilizante	0,5	L/ha		
		CoMo	Fertilizante	0,2	L/ha		
		CaMg+B	Fertilizante	0,5	L/ha		
		CaMg+B	Fertilizante	1,00	L/ha		
		Gold Force	Fertilizante	0,5	Kg/ha		
		CT Green	Fertilizante	0,1	L/ha		
		Grain Set	Fertilizante	0,5	L/ha		
		Hakaphos	Fertilizante	2,00	Kg/ha		
		2023/24	BRASMAX GUEPARDO IPRO	KCL	Fertilizante	253	Kg/ha
				5-37-00	Fertilizante	130	Kg/ha
Gesso	Fertilizante			2000	Kg/ha		
Initiate Soy	Fertilizante			0,25	L/ha		
CoMo	Fertilizante			0,2	L/ha		
Molibdenio	Fertilizante			0,2	Kg/ha		
CopperCrop	Fertilizante			0,1	L/ha		
Gold Force	Fertilizante			0,5	Kg/ha		
Boro	Fertilizante			0,15	L/ha		
CaMg+B	Fertilizante			0,5	L/ha		
Grain Set	Fertilizante			0,5	L/ha		
Gold Force	Fertilizante			0,4	Kg/ha		
CaMg+B	Fertilizante			1,00	L/ha		
CopperCrop	Fertilizante			0,1	L/ha		
Bonder	Fertilizante			0,5	L/ha		
Finish	Fertilizante			2,00	L/ha		
N30	Fertilizante			1,00	L/ha		
Finish	Fertilizante	0,5	L/ha				
N30	Fertilizante	0,5	L/ha				
CT Green	Fertilizante	0,1	L/ha				

4.3.3. Extração, exportação e Balanço de nutrientes da cultura da soja

Para a análise de extração de nutrientes foram coletadas cinco plantas, no estágio R5.5 conforme metodologia de Barth et al. (2018), em doze pontos distribuídos em direções opostas ao longo do pivô, conforme figura 1.

Figura 1 - Mapa de solos com os 12 pontos de coleta (+) de plantas e grãos para extração e balanço de nutrientes respectivamente.



Após a coleta, as plantas foram levadas para secar em estufa de circulação de ar na temperatura de 65°C durante 72 horas, e após a secagem foram pesadas enviadas para o laboratório (Bataglia, 1983).

Para estimar o balanço de nutrientes, foram amostradas cinco plantas em cada ponto. Foram coletadas nos mesmos doze pontos de coleta para a extração de nutrientes.

Após a coleta foram retirados os grãos das vagens e pesados, depois da primeira pesagem os grãos obtidos foram direcionados para a estufa a 65°C por 72 horas para determinar o teor de umidade e serem pesados novamente e posteriormente foram enviados ao laboratório para a quantificação de nutrientes nos grãos.

Os elementos avaliados na folha e no grão foram: N; P; K; Ca; Mg; S; B; Zn; Mn e Cu de acordo com a metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1997).

A fórmula para calcular o balanço de nutrientes pode variar dependendo dos nutrientes específicos que você está analisando. No entanto, uma abordagem geral envolve a análise de:

1. **Entrada de Nutrientes:**

- Fertilizantes aplicados.
- Fixação biológica de N (no caso da soja, que é uma leguminosa).
- Nutrientes fornecidos pela mineralização da matéria orgânica do solo.

2. Saída de Nutrientes:

- Exportação de nutrientes pela colheita dos grãos.

Para calcular o balanço de nutrientes, você pode usar a seguinte fórmula básica:

$$\text{Balanço de Nutrientes} = \text{Entrada de Nutrientes} - \text{Saída de Nutrientes}$$

Para que se realizasse o balanço de nutrientes a Calculadora NPCT (Tech Solutions, 2024) foi fundamental para a análise dos dados. Sendo utilizado como base o manejo adequado dado pela calculadora, que consiste em presença de palhada na superfície, boa drenagem pela ausência de compactação, ausência de forte acidez do solo e processo de inoculação das sementes apropriado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Comparativo de extração das cultivares

Tabela 3 - Extração de nutrientes das cultivares CZ 37B43 IPRO e Brasmax Guepardo IPRO.

	Macronutrientes						Micronutrientes				
	N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S	B	Zn	Fe	Mn	Cu
	Kg ton ⁻¹						g ton ⁻¹				
CZ 37B43 IPRO	74,74	34,58	70,72	21,71	7,73	3,78	76,18	51,31	659,45	64,27	15,41
BMX Guepardo	115,43	16,65	66,45	43,03	9,82	6,04	117,24	104,78	284,86	126,52	12,13

Para o N, a cultivar Brasmax Guepardo IPRO teve uma extração de 115,43 Kg ton⁻¹ enquanto a cultivar CZ 37B43 teve uma extração de 74,74 Kg ton⁻¹, desse modo, tendo uma diferença de 35,3% na extração desse nutriente entre as cultivares. Segundo Pedrozo (2018) o N é o nutriente mais exigido pela cultura da soja; são necessários 80 kg de N para que a soja produza 1000 kg de semente, assim, diferindo dos resultados obtidos para a cultivar Brasmax Guepardo IPRO e assemelhando-se a cultivar CZ 37B43 IPRO.

Quando observamos o P extraído, obteve-se como resultado a extração de 34,58 Kg ton⁻¹ de P2O5 pela cultivar CZ 37B43 IPRO e 16,65 Kg ton⁻¹ pela cultivar Brasmax Guepardo IPRO, diferenciando-se em 51,85% entre os materiais. De acordo com o I. F. I. Association (1992) para a produção de uma tonelada de grãos, são necessários 25 kg de F na forma de P2O5, assim, diferindo tanto da cultivar CZ 37B43 IPRO quanto da cultivar Brasmax Guepardo IPRO.

No que tange o K, para a cultivar CZ 37B43 IPRO obteve-se o resultado de 70,72 Kg ton⁻¹ enquanto para a cultivar Brasmax Guepardo IPRO 66,45 Kg ton⁻¹, com uma diferença de apenas 6% de extração entre as cultivares. No entanto, segundo o I. F. I. Association (1992) para a produção de uma tonelada de grãos são necessários 53 kg de K na forma de K2O, diferindo em 20% do necessário para a cultivar Brasmax Guepardo IPRO e 25% da cultivar CZ 37B43 IPRO. O maior teor de K extraído pelas variedades pode estar associado ao manejo realizado pelo produtor, que aplica o KCl em doses elevadas mesmo que o teor no solo esteja adequado (Tabela1) além do K remanescente da decomposição da palhada presente de outras culturas no pivô.

Quanto ao Ca, a cultivar Brasmax Guepardo IPRO apresentou uma extração de 43,03 Kg ton⁻¹, enquanto a cultivar CZ 37B43 IPRO extraiu 21,71 Kg ton⁻¹, diferenciando – se em 49,55%. Os valores obtidos por Resende *et al.* (2019) constatam que para uma produção de uma tonelada de grãos são necessários 22,1 kg de Ca. Portanto, tendo uma diferença mínima

quando comparado com a cultivar CZ 37B43 IPRO, entretanto mostrando uma diferença de 48,6% comparado à cultivar Brasmax Guepardo IPRO.

Ao observar o Mg, a cultivar Brasmax Guepardo IPRO extraiu 9,82 Kg ton⁻¹ e a cultivar CZ 37B43 IPRO extraiu 7,73 Kg ton⁻¹, apresentando uma diferença de 21,28% entre as cultivares. O valor de Mg apresentado por Godoy (2021) para a produção de uma tonelada de grãos de soja, são necessários 8,3 kg de Mg. Diferindo apenas em 7% da cultivar CZ 37B43 IPRO e 15% da cultivar Brasmax Guepardo IPRO. Este valor demonstra que a capacidade de extração da soja Brasmax Guepardo IPRO de grupo de maturação 6.7 quando comparada a variedade CZ 37B43 IPRO apresenta valores semelhantes entre as variedades e próximo das médias de inúmeros trabalhos científicos.

Observando o S, demonstra-se uma necessidade de extração da cultivar Brasmax Guepardo IPRO de 6,04 Kg ton⁻¹, no entanto a cultivar CZ 37B43 IPRO tem uma necessidade de 3,78 Kg ton⁻¹, diferenciando em 37,4% em necessidade de extração desse nutriente. Segundo Roy et al. (2006) a cultura da soja necessita de 6 a 7 kg de S para a produção de uma tonelada de grãos, logo, concordando com a necessidade da cultivar Brasmax Guepardo IPRO e diferindo da cultivar CZ 37B43 IPRO em aproximadamente 42%.

Ao que se refere ao B, a cultivar Brasmax Guepardo IPRO obteve como resultado a extração de 117,24 g ton⁻¹ enquanto a cultivar CZ 37B43 IPRO apresentou a extração de 76,18 g ton⁻¹, apresentando uma diferença de 35% entre os materiais. Segundo os resultados obtidos pelo I. F. I. Association (1992) são necessários 55g de B para a produção de uma tonelada de grãos. Apresentando uma diferença de 53,1% quando comparado com a cultivar Brasmax Guepardo IPRO e 28% quando comparado com a cultivar CZ 37B43 IPRO. Segundo Culman et al. 2017 o B desempenha um papel fundamental na biossíntese da parede celular, na síntese de carboidratos, na formação de nódulos, na fixação de N, na função das membranas, no alongamento das raízes, na diferenciação dos tecidos, na germinação do pólen e no crescimento, desse modo, uma variedade precoce, por ter menos tempo em campo, necessita desse elemento disponível para que possa expressar seu potencial produtivo.

Quanto ao Zn, a cultivar Brasmax Guepardo IPRO extraiu 104,78 g ton⁻¹, enquanto a cultivar CZ 37B43 IPRO extraiu 51,31 g ton⁻¹, assim acarretando em uma diferença de 51% entre as cultivares. Segundo Resende *et al.* (2019) são necessários 75 g ton⁻¹ de Zn, desse modo, diferenciando em 28,42% da cultivar Brasmax Guepardo IPRO e 31,6% da cultivar CZ 37B43 IPRO.

Para o Fe, obteve-se a extração de 659,45 g ton⁻¹ pela cultivar CZ 37B43 IPRO, e para a cultivar Brasmax Guepardo IPRO obteve-se uma extração de 284,86 g ton⁻¹, resultando em uma diferença de 56,8% entre as cultivares. Segundo Godoy (2021) são necessários 331,7 g ton⁻¹, desse elemento, diferindo em 49,7% da cultivar CZ 37B43 IPRO e em 14,1% da cultivar Brasmax Guepardo IPRO.

Para o Mn, a cultivar Brasmax Guepardo IPRO extraiu 126,52 g ton⁻¹, enquanto a cultivar CZ 37B43 IPRO extraiu 64,27 g ton⁻¹, resultando em uma diferença entre as cultivares de 49,2%. Segundo Resende *et al.* (2019) a cultura da soja demanda de 198 g ton⁻¹, diferindo da cultivar Brasmax Guepardo IPRO em 36,1% e 67,54% da cultivar CZ 37B43 IPRO.

Para o Cu, a cultivar CZ 37B43 IPRO extraiu 15,41 g ton⁻¹ enquanto a cultivar Brasmax Guepardo IPRO extraiu 12,13 g ton⁻¹, resultando em uma diferença de 21,28% entre as cultivares. Segundo os valores encontrados por Resende *et al.* (2019) são necessários 20 g ton⁻¹, diferindo em 23% da cultivar CZ 37B43 IPRO e em 39,4% da cultivar Brasmax Guepardo IPRO.

5.2. Exportação Brasmax Guepardo IPRO

Os nutrientes exportados pela cultivar Brasmax Guepardo IPRO de ciclo precoce são apresentados na seguinte tabela:

Tabela 4 - Exportação de nutrientes da Brasmax Guepardo IPRO comparada com a literatura.

	Macronutrientes						Micronutrientes					
	N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	Kg ton ⁻¹						g ton ⁻¹					
BMX Guepardo	41,48	5,91	23,54	15,30	3,51	2,12	42,38	4,31	102,42	44,92	1,93	37,08
Literatura	54,0	11,0	22,0	2,8	2,5	2,8	31	12	65	39	5	41

Considerando a exportação de nutrientes da cultivar, tem-se a diferença significativa de resultados nos nutrientes: N; P; Ca; Mg; S; B; Cu; Mn; Fe e Mo, ao comparar com os valores encontrados por Resende *et al.* (2019)

Desse modo, nota-se que cultivares tem uma exportação diferente baseada em suas características. Assim, sendo necessária que o produtor conheça a exigência nutricional da variedade, pois de acordo com os dados apresentados na tabela 3 a variedade Brasmax Guepardo IPRO é uma soja de elevada exigência. Contudo, sendo uma cultivar precoce que entrega um alto teto produtivo, adequando produtividade à encaixe de janela de plantio para produtores que exercem segunda safra.

Observa-se também que, apesar da grande extração de N, a cultivar Brasmax Guepardo IPRO apresentou uma extração abaixo dos valores apresentados pela literatura, podendo ser interpretado como uma positividade da cultivar, pois desse nutriente extraído uma parte considerável retornará ao sistema por meio dos restos culturais deixados pela cultura.

5.3. Comparativo de balanço de nutrientes

Para o balanço dos macronutrientes, tem-se os resultados adquiridos através da calculadora NPCT (Tech Solutions, 2024), a qual usa valores médios de exportação da cultura e também para viés de comparação, mostra-se o balanço se baseando na análise de tecidos feita na cultivar Brasmax Guepardo IPRO, ambos para uma produção de 67 sacas de soja (tabelas 5 e 6):

Tabela 5 - Balanço macronutrientes baseado na calculadora NPCT.

	Exportação	Adubação (kg/ha)	Balanço	Desfrute (%)	FBN (kg/ha)
N	238.0	7.1	37	-422	238.0
P2O5	50.6	54.2	4	93	-
K2O	90.7	152.4	62	59	-
Ca	11.7	441.6	430	3	-
Mg	9.2	0.0	-9	24078	-
S	12.1	354.1	342	3	-

Tabela 6 - Balanço de macronutrientes de acordo com os dados nutricionais de exportação (grãos) obtidos pelo laboratório.

	Exportação	Adubação (kg/ha)	Balanço	Desfrute (%)	FBN (kg/ha)
N	166,74	7.1	-159,64	2248	159,64
P2O5	23,73	54.2	30,47	44	-
K2O	94,66	152.4	57,74	62	-
Ca	61,52	441.6	380,08	14	-
Mg	14,11	0.0	-14,11	X	-
S	8,53	354.1	345,57	3	-

Nota-se que há uma diferenciação nos resultados, onde nutrientes como N, P e Ca diferem os seus balanços. Essa diferenciação pode ser apresentada pelo conjunto de fatores do ambiente (características do solo), genética de materiais, produtos fertilizantes utilizados, regime de chuva das regiões, entre outros fatores.

Para o balanço dos micronutrientes, também foi utilizado o mesmo método de comparação (tabelas 7 e 8).

Tabela 7 - Balanço micronutrientes baseado na calculadora NPCT.

	Exportação	Adubação (g/ha)	Balanço	Desfrute (%)
B	97.3	34.4	-63	283
Cu	52.3	44.7	-8	117
Fe	539.9	2.6	-537	20926
Mn	135.5	172.7	37	78
Mo	20.10	67.90	47.80	30
Zn	151.6	71.5	-80	212

Tabela 8 - Balanço de micronutrientes de acordo com os dados nutricionais de exportação (grãos) obtidos pelo laboratório.

	Exportação	Adubação (g/ha)	Balanço	Desfrute (%)
B	170,35	34.4	-135,95	495
Cu	17,32	44.7	27,38	39
Fe	411,72	2.6	-409,12	15835
Mn	180,57	172.7	-7,87	105
Mo	7,77	67.90	60,13	11
Zn	149,08	71.5	-77,58	209

Nota-se uma diferenciação significativa em B, Cu, Fe, Mn e Mo. Com isso, mostrando que cada cultivar deve receber um manejo específico, baseado em suas necessidades. Desse modo, segundo Fanquin (2005) os micronutrientes em sua maioria estão relacionados como cofatores enzimáticos e compositores celulares da planta, assim sendo de extrema importância a sua disponibilidade de forma adequada para as plantas, pois ao compor estruturas celulares podem ser de suma importância em sua estruturação e proteção.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo demonstrou que em diversos nutrientes as variedades analisadas se diferem, sendo os mais significativos: N; P; Ca; S; B; Zn; Fe e Mn. Podendo observar que mesmo a cultivar Brasmax Guepardo IPRO se comportando de forma precoce na região, ainda demanda em maior quantidade um dos principais nutrientes que é o N, comparada a cultivar de comportamento de ciclo médio CZ 37B43 IPRO.

Desse modo, mostra-se necessário a obtenção dos dados de análise de tecidos das cultivares antes de seu posicionamento. Para que assim o produtor possa posicionar sua nutrição de forma mais coerente com as necessidades de extração e exportação do material a ser instaurado.

Em suma, nota-se que são necessários mais trabalhos que abordem as necessidades de extração e exportação de diferentes cultivares, para que assim seja feita uma adubação de acordo com a necessidade da cultivar implantada.

7. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Koppen's climate classifications map for Brazil**. *Meteorol*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V, V.H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais -5ª aproximação*. Viçosa: Editora UFV, 1999. p.43-60.
- BAGALE, Suman. Nutrient management for soybean crops. *International Journal of Agronomy*, 2021:3304634. Disponível em: < <https://doi.org/10.1155/2021/3304634>>. Acesso em: 17 jul. 2024.
- BERNARDI, A. C. D. C.; CARMELLO, Q. A. D. C.; CARVALHO, S. A. D. Macronutrientes em mudas de citros cultivadas em vasos em resposta à adubação NPK. *Sci. Agric.*, 57, 761–767, 2000.
- BROCH, Dirceu Luiz; RANNO, Sidnei Kuster. *Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2008/2009 Fertilidade do Solo, Adubação e Nutrição da Cultura da Soja*. São Paulo: Coopercitrus, 2008.
- BROWN, H.; CAKMAK, I.; ZHANG, Q. Form and function of zinc in plants. In: ROBSON, A. D. (Ed.). *Zinc in Soils and Plants*. Berlin: Springer, 1993. p. 93-106.
- CAMELLO, Q. A. C.; OLIVEIRA, F. A. **Nutrição de lavouras de soja: situação atual e perspectivas**. *Visão Agrícola*, n. 5, p. 4, 2006.
- CLARKSON, D. Mineral nutrition of higher plants. *Annals of Botany*, v. 78, n. 4, p. 527-528, 1996.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim de safra de grãos: safra 2023/2024**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 04 jul. 2024.
- COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. *Química Nova*, v.23, p. 4, 2000.
- CRUZ, L. O. M. **Assinatura geoquímica de unidades colúviais da Bacia do Córrego do Rio Grande: depressão de Gouveia/MG**. 2005. 138 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- CULMAN, S. W.; FRANZEN, D. W. Micronutrients for soybean production in the North Central Region. 2 Micronutrients for soybean production in the North Central Region. Acknowledgments. **Iowa State University Extension and Outreach**, CROP 3135, Revised September 2017.

DOMINGOS, Cleyton da Silva; LIMA, Luiz Henrique da Silva; BRACCINI, Alessandro Lucca. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. *Scientia Agraria Paranaensis*, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 3, p. 132-140, jul./set. 2015. ISSN 1983-1471.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja-Região Central do Brasil-2001/2002**. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 2001.

ESPER NETO, M.; LARA, L. M.; OLIVEIRA, S. M.; SANTOS, R. F.; BRACCINI, A. L.; INOUE, T. T.; BATISTA, M. A. **Nutrient Removal by Grain in Modern Soybean Varieties**. Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil; Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 2021.

FAEMG: Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. **Valor bruto da produção, 2022**. Disponível em: <<http://www.sistemafaemg.org.br/>>. Acesso: 04 jul. 2024.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras: Editora UFLA/FAEPE, 2005. 186p.

FERRAZ SILVA, A. A.; JARDIM, C. H. **Unidades climáticas em unaí, noroeste do estado de minas gerais-brasil: proposta preliminar**. Publicado em outubro de 2019.

FREITAS, M. de C. M. **A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola**. [s.d.].

FUNDAÇÃO MT. **Boletim de pesquisa 2017/2018**. n. 18. Rondonópolis: Fundação MT, 2018. 336p.

GAN, M.; RODRIGUES, L. R.; RAO, V. B. Monção da América do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 297-316.

GODOY, L. M. **Extração e exportação de nutrientes na cultura da soja**. Boletim Agrônômico OCP Brasil, ed. 4, 2021.

GUIDORIZZI, F. V. C.; LOUVISON, L. A. S.; AGUIAR, V. H. F. L. de; SARDINHA, Y. S.; SANTOS, L. E. dos; ZANON, J. E.; SANTANA FILHO, C. R.; SOUZA, G. A. de; PASCOALINO, J. A. L. Extração e Exportação de Nutrientes em Cultivares de Soja Enlist®, Xtend® e Roundup Ready®. **Informações Agrônômicas Nutrição de Plantas**, n. 20, dezembro 2023.

I. F. I. Association. **World Fertilizer Use Manual**. BASF Agricultural Research Station, Limburgerhof, Germany, 1992.

LACERDA, J. D. J.; LOPES, L. O.; RAMBO, T. P.; et al. Soybean yield responses to micronutrient fertilizers. In: Soybean - The Basis of Yield, Biomass and Productivity. Beijing: InTech, 2017.

LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial brasileiro.** Londrina: Embrapa Soja, p. 46, 2010. (Embrapa Soja. Documentos, 319).

LOVISON, V. M. H. **Compostos elastoméricos com óleo de soja modificado para banda de rodagem de pneus.** 2021. Tese (Doutorado) - Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

MACHADO, I. G. **Procedimentos comerciais na mesorregião do Noroeste de Minas Gerais.** Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) - Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sul, Unidade Universitária Ipameri, Ipameri, GO, 2023.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação da soja.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 40p. (Série Divulgação Técnica Ultrafertil).

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

MASCARENHAS, H. A. A.; ESTEVES, J. A. F.; WUTKE, E. B.; RECO, P. C.; LEÃO, P. C. L. **Deficiência e toxicidade visuais de nutrientes em soja.** Nucleus, 10, 281–306, 2013.

MOUSAVI, S. R.; SHAHSAVARI, M.; REZAEI, M. A general overview on manganese (Mn) importance for crops production. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, v. 5, n. 9, p. 1799-1803, 2011.

NAIME, U. J. *et al.* **Solos e avaliação do potencial agrossilvipastoril das microrregiões Paracatu e Unai - Minas Gerais.** Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Belo Horizonte, p. 1-108, 2014.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

PEDROZO, A.; GIRELLI DE OLIVEIRA, N. J.; ALBERTON, O. Biological nitrogen fixation and agronomic features of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) crop under different doses of inoculant. **Acta Agronômica**, v. 67, n. 2, p. 297-302, 2018.

RESENDE, A. V. de; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; FONTOURA, S. M.V.; BORIN, A. L. D. C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CARVALHO, M. C. S.; KAPPES, C. **Balanco de nutrientes e manejo da adubação em solos de fertilidade construída.** 2019.

ROUT, G. R.; SAHOO, S. Role of iron in plant growth and metabolism. Reviews in Agricultural Science, v. 3, p. 1-24, 2015.

ROY, R. N.; FINCK, A.; BLAIR, G. J.; TANDON, H. L. S. Plant nutrition for food security: a guide for integrated nutrient management. **FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin**, v. 16, p. 368, 2006.

SACHETO, T. **Caracterização da curva de crescimento, desenvolvimento e marcha de absorção de nutrientes da cultura de soja.** Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2024.

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (Eds.). **Sistemas de Produção 17**. Embrapa Soja, Londrina, PR, 2020.

SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2004. (Documentos, n.231).

TECH SOLUTIONS. **Calculadora NPCT**. Versão 2.0. São Paulo: Tech Solutions, 2024. Disponível em: <http://www.techsolutions.com/calculadoranpct>. Acesso em: 04 jul. 2024.

YRUELA, I. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 17, n. 1, p. 145-156, 2005.