

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Instituto de Ciências Agrárias – ICA

Enayara Aparecida Máximo Gontijo

**DESEMPENHO PRODUTIVO, EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES
PELA CULTURA DA SOJA IRRIGADO EM DIFERENTES CLASSES DE SOLOS**

Unai
2023

Enayara Aparecida Máximo Gontijo

**DESEMPENHO PRODUTIVO, EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES
PELA CULTURA DA SOJA IRRIGADO EM DIFERENTES CLASSES DE SOLOS**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Alceu Linares Pádua Junior

**Unai
2023**

Enayara Aparecida Máximo Gontijo

**DESEMPENHO PRODUTIVO, EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES
PELA CULTURA DA SOJA IRRIGADO EM DIFERENTES CLASSES DE SOLOS**

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 ___/___/2023

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

Prof. Anderson Alvarenga Pereira
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM

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

**Unai
2023**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, a Deus, por me permitir vivenciar mais essa graça, por estar sempre ao meu lado me concedendo força para superar as dificuldades, permitindo a realização desta e de tantas outras conquistas, sem ele nada disso seria possível.

Durante nossa jornada de vida são muitos os anjos em forma de seres humanos que nos são enviados com a missão de nos acompanhar e tornam nossa vida mais agradável e prazerosa. A conclusão do curso de Agronomia é resultado da comunhão de esforços e doação de várias pessoas que agradeço a seguir:

Aos meus pais, agradeço por cada ensinamento, cada dificuldade porque, desta forma, me capacitaram a ser forte e lutar para conquistar meus objetivos, mesmo quando eles pareciam impossíveis, minha honra e respeito ao meu pai e minha mãe pelo amor que dedicaram a mim;

À minha irmã Enaíra, porque juntas somos fortes, nos completamos, nos ajudamos e conseguimos desfrutar os momentos de felicidades, grata a você por estar sempre comigo;

Ao meu namorado Gustavo, obrigada por todo apoio e por estar comigo mesmo quando eu demonstrava estar distante para estudar para as provas e trabalhos. Grata pelo seu cuidado e amor;

Às minhas amigas e colegas de faculdade, que vibraram e acompanharam minha jornada de estudos. Juntos partilhamos bons/maus momentos na vida e hoje agradeço por tê-los comigo para comemorar esta graduação;

A todos os professores do Instituto de Ciências Agrárias de Unaí, pelos conhecimentos que pude adquirir durante estes anos de formação profissional. Levo todos com carinho em meu coração;

Agradeço o Prof. Dr. Anderson Alvarenga Pereira, pela realização da estatística, obrigada pela ajuda e competência, sua participação foi essencial.

Agradeço especialmente ao Prof. Dr. Alceu Linares Pádua Junior, por ser meu orientador, obrigada por acreditar em mim para realizar este trabalho, por ter paciência para tirar minhas dúvidas e por ser compreensivo quanto as minhas limitações. O senhor sempre teve as mais altas expectativas em relação a minha escrita e elaboração deste. Espero, de coração, ter atendido a todas elas. Grata sou por suas orientações, correções e disposição para me auxiliar na elaboração deste trabalho. Aprendi muito com o senhor.

RESUMO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é uma cultura de ciclo anual, e seu enraizamento explora, eficientemente, o perfil do solo e apresenta grande afinidade entre a resposta da planta e a classe de solo. No entanto, ainda existem dúvidas sobre o comportamento produtivo desta cultura e a extração de nutrientes em diferentes classes de solo, em sistema irrigado. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo, análise química do solo e a extração e exportação de nutrientes da cultura da soja, irrigada, em diferentes classes de solos. O trabalho foi realizado na Fazenda Santa Maria em Unaí Minas Gerais, onde foi realizado levantamento pedológico técnico do solo para identificar as classes predominantes. Para isso, foram realizadas coletas de 20 amostras de solos em pontos diferentes da área nas profundidades 0 – 20 cm, 20 – 40 cm e 80 – 100 cm, com auxílio de um trado holandês. Os solos identificados foram: Plintossolo Pétrico (FF), Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho (LV) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA). As variedades estudadas foram: DESAFIO e CREDENZ. Na planta para análise de extração e nos grãos da soja para a determinação da exportação foram analisados os nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn), boro (B) e ferro (Fe). O teor de nutrientes entre os solos estudados apresentou resultados distintos. Na camada de 0 – 20 cm, o LV apresentou os maiores teores dos nutrientes K, Ca, Mg, alumínio (Al) e B; no FF, foram os nutrientes P, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{3+} e Zn; no LA, Cu e Zn; e no LVA, o nutriente B; na profundidade de 20 – 40 cm, no LV os teores de S e B foram maiores; no FF foram os nutrientes P, K, Ca^{2+} e Mg^{2+} , no LA foi o (S) e no LVA (S e B), e na camada de 80 – 100 cm no LV e no LVA o S foi maior, no FF (P, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} e B), e no LA o Al^{3+} . Nas avaliações foliares, os nutrientes mais extraídos na variedade DESAFIO foram N e K no LA, e Mg e B no LV. Em relação à exportação, a variedade DESAFIO exportou mais o B, quando cultivada no LV, e no LVA o nutriente cobre (Cu) foi o mais exportado. Portanto, apesar de não existir diferença da produtividade da variedade DESAFIO entre os solos estudados, houve diferença na extração e exportação de alguns nutrientes. A presença de plintita e petroplintita na composição da fração sólida do FF sobrestimou os teores de P, K, Ca e os valor de CTC efetiva nas camadas de 20-40 e 80-100 cm, e a presença de concreções ferruginosas no FF permitiu maior acúmulo de B na camada de 80-100 cm do solo.

Palavras-chave: Características físico-química dos solos. Variedades de soja. Produtividade. Latossolos.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L) Merrill) is an annual cycle crop, and its rooting efficiently explores the soil profile and presents great affinity between plant response and soil class. However, there are still doubts about the productive behavior of this crop and nutrient extraction in different soil classes, in an irrigated system. Therefore, the objective of this work was to evaluate the productive performance, chemical analysis of the soil and the extraction and export of nutrients from the irrigated soybean crop, in different soil classes. The work was carried out at Fazenda Santa Maria in Unaí Minas Gerais, where a technical pedological survey of the soil was carried out to identify the predominant classes. For this, 20 soil samples were collected at different points in the area at depths 0 – 20 cm, 20 – 40 cm and 80 – 100 cm, with the aid of a Dutch auger. The identified soils were: Plinthosol Pétrico (FF), Latosol Amarelo (LA), Oxisol Vermelho (LV) and Oxisol Vermelho-Yellow (LVA). The studied varieties were: DESAFIO and CREDENZ. In the plant for extraction analysis and in the soybean grains for export determination, the following nutrients were analyzed: nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), zinc (Zn), copper (Cu), manganese (Mn), boron (B) and iron (Fe). Nutrient content among the studied soils showed different results. In the 0 - 20 cm layer, the LV showed the highest levels of nutrients K, Ca, Mg, aluminum (Al) and B; in the FF, they were the nutrients P, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{3+} and Zn; in LA, Cu and Zn; and in LVA, nutrient B; in the depth of 20 – 40 cm, in the LV the contents of S and B were higher; in the FF it was the nutrients P, K, Ca^{2+} and Mg^{2+} , in the LA it was the (S) and in the LVA (S and B), and in the layer of 80 – 100 cm in the LV and in the LVA the S was greater, in the FF (P, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} and B), and in LA Al^{3+} . In the foliar evaluations, the most extracted nutrients in the DESAFIO variety were N and K in LA, and Mg and B in LV. Regarding exports, the DESAFIO variety exported more B when cultivated in the LV, and in the LVA the nutrient copper (Cu) was the most exported. Therefore, although there was no difference in the productivity of the DESAFIO variety between the studied soils, there was a difference in the extraction and exportation of some nutrients. The presence of plinthite and petroplinthite in the composition of the solid fraction of the FF overestimated the levels of P, K, Ca and the effective CEC value in the layers of 20-40 and 80-100 cm, and the presence of ferruginous concretions in the FF allowed greater accumulation of B in the 80-100 cm soil layer.

Keywords: Physical-chemical characteristics of soils. Soy varieties. Productivity. Oxisols.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	HIPÓTESE	10
3	OBJETIVOS	10
3.1	OBJETIVO GERAL:	10
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4	REVISÃO DE LITERATURA	10
4.1	A cultura da soja e a adoção de tecnologia para o manejo químico do solo	10
4.2	Classificação técnica dos solos	11
4.3	Esboço Geológico da Mesorregião do Noroeste Mineiro	14
4.4	Solos de Minas Gerais	15
4.5	Solos de Unaí	17
4.6	Extração e exportação de nutrientes pela cultura da soja	19
4.7	Atributos dos solos que afetam a produtividade das plantas	22
5	MATERIAL E MÉTODOS	26
5.1	Localização do Experimento	26
5.2	Clima	26
5.3	Caracterização dos solos da área experimental	26
5.4	Plantio, ciclo da cultura e colheita	27
5.5	Características das cultivares	27
5.6	Tratos Culturais e índice pluviométrico	28
5.7	Análise de extração foliar de nutrientes	29
5.8	Análise de exportação de nutrientes	29
5.9	Temperatura do solo	30
5.10	Análise estatística	30
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6.1	Mapeamento de solos	32
6.2	Avaliação química dos solos	33
6.3	Exportação de nutrientes da soja em diferentes solos	40
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é considerada economicamente como o principal produto do agronegócio brasileiro (EMBRAPA, 2020).

A soja faz parte da produção de diversos alimentos que participam da cesta básica da população brasileira, além de ser um alimento milenar, repleto de qualidades nutritivas. O grão, farelo e óleo tem um papel importante no desenvolvimento da economia brasileira, registrando sucessivos recordes de exportação.

O Boletim da Safra de Grãos da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), em seu 9º Levantamento da safra 2022/23, apresenta uma estimativa de produtividade média de 3.537 kg ha⁻¹ e uma produção de 155.736,5 mil toneladas, sendo a principal cultura em volume produzido no país (CONAB, 2023).

O levantamento realizado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), da Esalq/USP em relação ao cenário macroeconômico externo, relata que as exportações representam em torno de 25% do PIB (Produto Interno Bruto) do agronegócio, onde aproximadamente 44% do seu faturamento se dá pelo complexo soja.

O município de Unai localizado na região Sudeste do Brasil, no estado de Minas Gerais se encontra na mesorregião do Noroeste de Minas, com bioma predominante do Cerrado. Segundo IBGE/PAM (2020), Unai é o principal município produtor de soja do Noroeste Mineiro, apresenta uma área de 120.000 ha, uma produção de 446.400 Mg e uma produtividade de 3.720 kg ha⁻¹.

A interação positiva das propriedades químicas, físico-hídricas, morfológicas e mineralógicas dos solos é importante para qualificar a produção da cultura da soja, determinando suas potencialidades e limitações de uso, as quais são muitas vezes desconsideradas durante as atividades agrícolas.

Em qualquer região, o conhecimento da classificação de solos, aliada aos seus atributos e ao clima, define quais são os ambientes de produção das diversas plantas, podendo ser um indicativo de aspectos relacionados ao manejo de solos e nutrição mineral das plantas.

Diversos são os relatos dos diferentes rendimentos da cultura da soja nas fazendas, fato este que pode estar relacionado aos distintos atributos dos solos que compõe o ambiente de cada propriedade.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de cultivares de soja plantadas em diferentes classes de solos, considerando extração e exportação de nutrientes e a composição química do solo, sob sistema irrigado.

2 HIPÓTESE

Neste trabalho, espera-se diferença na extração e exportação de nutrientes na soja cultivada em diferentes classes de solo.

Maior acúmulo de calor no Plintossolo Pétrico, devido ao maior volume de petroplintita de coloração escura em superfície.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL:

Avaliar o desempenho produtivo, os teores de nutrientes dos solos e a extração e exportação de nutrientes da cultura da soja irrigado em diferentes classes de solos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar o comportamento dos nutrientes nas profundidades de 0-20, 20-40 e 80-100 cm no Latossolo Vermelho, Plintossolo Pétrico, Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo;
- Avaliar a extração e exportação de nutrientes da cultura da soja em diferentes classes de solos;
- Verificar se existe diferença na temperatura dos diferentes tipos de solos estudados e relacionar com o manejo nutricional das plantas.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A cultura da soja e a adoção de tecnologia para o manejo químico do solo

Segundo a Embrapa (2011), a soja (*Glycine max L.*) pertence à classe das dicotiledôneas, família Fabaceae e subfamília Papilionoides. A soja, quando comparada a outros produtos vegetais, apresenta bom balanceamento de aminoácidos essenciais, porém, como típica leguminosa, possui baixo teor dos aminoácidos sulfurados metionina e cistina.

Em relação à tecnologia inovadora, segundo Antoniazzi *et al.*, (2013, p.7) “o Brasil possui um bom estoque de tecnologia para a maioria das culturas básicas, pecuária e agricultura tropical em geral”.

Quanto às práticas de manejo, os mesmos autores destacam que também são inovadoras e destacam medidas para melhorar a fertilidade do solo, como o plantio direto, pois aumenta a produtividade em até 50% e reduz a erosão do solo em 95%; adubação verde ajuda a reduzir os custos com fertilizantes, evitando a erosão do solo.

O melhoramento do solo com calcário ou gesso aumenta a resistência à seca e, assim, aumenta o rendimento da cultura da soja em 38%. Outra fonte de tecnologia a ser mencionada é um sistema integrado de produção de lavouras, pecuária e florestas, que tem impactos econômicos e ambientais significativos (ANTONIAZZI *et al.*, 2013).

Algumas tecnologias fizeram a diferença para elevar o Brasil a ser um dos maiores produtores mundiais de soja conduzindo-o à liderança global, no curto prazo de tempo (BARCELLOS *et al.*, 2010).

Hoje, a capacidade de gestão dos produtores em coletar dados e informações relacionadas à área de produção para adequar as novas tecnologias à realidade tem conseguido utilizar com eficiência os recursos disponíveis aos modernos produtores rurais. Portanto, parece essencial obter informações sobre os fatores que interagem no campo e como maximizar seu impacto (BARCELLOS *et al.*, 2010).

4.2 Classificação técnica dos solos

Para organizar os conhecimentos e entender melhor as relações entre os diferentes solos, é necessário classificá-los. A classificação dos solos tem como principal finalidade organizar os muitos conhecimentos científicos acumulados, sendo possível realçar melhor e entender a relação existente entre os diferentes indivíduos solo ou populações desses indivíduos que têm algumas características em comum.

Uma classificação técnica é caracterizada quando um determinado sistema de classificação estabelece grupos de indivíduos para uma finalidade específica, visando unicamente, a aplicações de caráter prático. É o caso, por exemplo, das classificações de solo para fins de geotécnica ou das classes de capacidade de uso para fins de agricultura, sendo usadas para atender a objetivos imediatos. Para fins de definição e estabelecimento das unidades taxonômicas, as classificações pedológicas mais modernas consideram somente os atributos diferenciais que podem ser operacionalmente identificados e que têm um maior

número de características associadas (ou covariantes) mais relacionadas com processos pedogenéticos. Por exemplo, o atributo diferencial “cor do horizonte B”, na classificação de solos utilizada no Brasil, foi escolhido como diferenciador; isto porque pode ser operacionalmente identificado (no campo, com uma tabela de cores) e estar associado a várias outras características: a cor é indicativa do tipo e da quantidade de óxidos de ferro, os quais são função das condições da pedogênese sob a qual o solo evoluiu.

A classificação de um solo é feita pelo SISBC – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, que apresenta as descrições e chaves para classificação dos solos no Brasil. Tal classificação se baseia nas características morfológicas e pedogenéticas descritas nas camadas subsuperficiais do solo, sendo contemporizadas em sistema de chave taxonômica. O sistema nacional classifica os solos em seis níveis categóricos diferentes, são eles: Ordem, Subordem, Grande Grupo, Subgrupo, Família e Série (os dois últimos ainda em discussão), pelo fato de estar associados ao manejo. Santos *et al.* (2018) distinguem-se 13 grandes classes de solos existentes em terras brasileiras: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos.

A classificação de um solo é obtida a partir da avaliação dos dados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do perfil que o representam. Aspectos ambientais do local do perfil, tais como clima, vegetação, relevo, material originário, condições hídricas, características externas ao solo e relações solo-paisagem, são também utilizadas.

Todas as características morfológicas são relevantes para a caracterização e classificação do solo, mas algumas são particularmente indispensáveis, como as cores úmida e seca dos horizontes superficiais (H ou O, A e AB) e as cores úmidas dos subsuperficiais, conforme a caderneta de cores Munsell (MUNSELL, 1994), a textura, a estrutura, a cerosidade, a consistência, a transição e características como nódulos, concreções, slickensides, superfícies de compressão e outras. Estas características são indispensáveis para definir os horizontes diagnósticos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS).

Latossolos são solos muito intemperados, com pequena diferenciação de horizontes e, na sua maior parte, sem macroagregados nítidos no horizonte B. Segundo o SiBCS, eles são definidos, entre outros detalhes, como possuindo um horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer horizonte diagnóstico superficial, exceto horizonte hístico. Os Latossolos desenvolvem-se em marcantes e prolongadas condições de ambientes tropicais quentes e úmidos. O processo mais responsável pela sua formação tem sido

comumente designado como dessilicatização (ou latossolização), concomitante a uma prolongada bioturbação.

Os perfis de Latossolos considerados mais típicos apresentam horizonte A pouco espesso (moderado) e com transição difusa para um B latossólico muito espesso (atingindo mais de 2 m de profundidade), com consistência muito friável, alta porosidade e colorações que variam entre avermelhadas, alaranjadas e amareladas. A textura – relativamente uniforme em todo o perfil – varia de média a muito argilosa. A estrutura é composta de agregados subangulares, fracamente desenvolvidos, que se desfazem em outros muito pequenos (1 a 3 mm de diâmetro), por vezes denominados “pseudoareias” ou “pó de café”. Esses agregados são muito compactos e estáveis, e estão arrançados de modo tal que deixam entre eles um grande espaço poroso, o que proporciona uma alta permeabilidade, mesmo quando são muito argilosos. Por terem sido submetidos por muito tempo a intensa lixiviação, são muito ácidos, apresentam capacidade de troca de cátions e saturação por bases muito baixas, e os minerais mais facilmente intemperizados, bem como a fração silte, estão ausentes ou existem em proporções muito baixas.

Na fração areia predomina o quartzo e, na argila, caulinita revestida com quantidades variáveis de óxidos de ferro e/ou alumínio (produtos residuais menos solúveis de intenso intemperismo). Algumas variações principais do “perfil típico” são as que apresentam horizonte A bastante espesso e escuro (Latosolos com A proeminente ou A húmico), cores amareladas no B, aliadas a uma estrutura com macroagregados subangulares e de consistência firme quando úmidos e dura quando secos (Latosolos Amarelos e Vermelho – Amarelos Coesos). Existem também alguns que têm colorações brunadas, que se situam em regiões mais frias e subtropicais, e outros geralmente com cores vermelho-escuras, que têm alta saturação por bases (Latosolos eutróficos). Estes últimos quase sempre são desenvolvidos de rochas básicas (principalmente basalto) e incluem algumas modalidades dos popularmente conhecidos como “terras roxas” (antes denominados Latossolos Roxos eutróficos) (LEPSCH, 2021).

Os Plintossolos apresentam grandes quantidades de segregações de óxidos de ferro na forma de nódulos e/ou concreções, ou mesmo em camadas contínuas e muito endurecidas. Segundo o SiBCS, eles são definidos, entre outros detalhes, como possuindo um horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário, iniciando dentro dos 40 cm ou dos 200 cm da superfície, se precedidos de horizonte glei (ou imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou de outro que apresente cores pálidas com mosqueados) (LEPSCH, 2021).

Os Plintossolos Pétricos (FF) formam uma classe relativamente heterogênea, que tem em comum a presença de plintita e/ou petroplintita, Os FF com plintita formam-se em locais mal drenados, são pouco espessos e ácidos. Estes são seguidos de horizonte subsuperficial de acúmulo de argila, multicolorido, com mosqueado proeminente de cores avermelhadas e amareladas, constituído de nódulos e/ou concreções ferruginosas macias (a plintita) que endurecem irreversivelmente quando repetidamente secas ao sol.

O material plíntico, se naturalmente ressecado ou desgastado pela ação da erosão geológica, pode vir a ficar exposto em condições de boa drenagem, passando a constituir material originário para a formação de um novo solo, desta vez com concreções endurecidas (a petroplintita). Dessa forma, o perfil típico de um Plintossolo com horizonte concrecionário apresenta cores avermelhadas ou alaranjadas, pequena diferenciação de horizontes – à semelhança de um Latossolo -, mas com mais da metade da massa desses horizontes constituída de nódulos e concreções ferruginosas endurecidas e de vários tamanhos, algumas vezes até cimentados entre si (EMBRAPA, 2006).

Os FF Pétricos são considerados muito problemáticos para agricultura, tanto por sua baixa fertilidade como pela presença de concreções que limitam o enraizamento e dificultam o trabalho de máquinas agrícolas.

No Brasil, até algumas dezenas de anos atrás, muitas áreas que não eram cultivadas, como algumas na região dos cerrados e na floresta amazônica, estão agora sendo convertidas em lavouras, pastagens e reflorestamentos. Como nem todos os solos têm as mesmas propriedades, alguns serão mais apropriados para determinadas finalidades do que outros. Para identificar corretamente quais são e onde eles estão é importante o planejamento adequado para o uso da terra, o que requer uma boa avaliação dos atributos do solo, incluindo suas distribuições no espaço e as demandas dos usos específicos que dele queremos fazer. Infelizmente, muitas áreas estão sendo utilizadas, tanto para agricultura como para outras atividades, sem um planejamento adequado. E há que se considerar ainda que muitas das decisões referentes ao uso da terra podem até ser modificadas, mas não podem ser revertidas sob pena de um custo extremamente alto. (LEPSCH, 2019).

4.3 Esboço Geológico da Mesorregião do Noroeste Mineiro

Devido à necessidade de examinar o conceito de paisagem na geografia sob um mecanismo concreto e objetivo e de tentar interpretar a composição espacial a partir da relação

existente entre a natureza e o homem, os geógrafos russos no final da década de 1960 realizavam análise territorial pela lei do sistema geográfico (FEAM, 2010).

O primeiro estudo da geologia na região começou em três direções: Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Esses estados tenderam a se unificar ao longo do tempo, à medida que foram feitas tentativas de correlacionar e localizar estratos e evolução geológica de toda a bacia regional (MOURA *et al.*, 2007).

A geologia da região do Noroeste Mineiro é composta por um conjunto de rochas referentes ao Pré-cambriano, por uma sequência de depósitos sedimentares e vulco-sedimentares referentes ao Cretáceo, além de sedimentos e coberturas detríticas atribuídas ao Terciário e Quaternário (MINAS GERAIS, 1976; CETEC, 1981). Segundo Carvalho (2008), suas características são seis grandes eventos estruturais que pelos grandes eventos tectônicos que afetaram a plataforma brasileira e formaram grandes formações rochosas estratificadas em alguns complexos e supergrupos, existem dezenas de grupos e formações, além disso, várias rochas intrusivas e numerosas pequenas unidades estratigráficas como diques, granitos, gnaisses e xistos (FEAM, 2010).

O Pré-Cambriano é representado pelo Grupo Canastra, Formação Ibiá e Grupo Bambuí, sendo o Grupo Bambuí o de maior distribuição na área, composto por três formações: Paranoá, Paraopeba e Três Marias. Nos arredores de Unaí e Serra do Meio ocorre a formação Paranoá, nas cristas de algumas serras. Esta formação, apresenta pequena distribuição na área e sua litologia é composta essencialmente de quartzo-arenitos e siltitos interestratificados.

4.4 Solos de Minas Gerais

A classificação do solo é de extrema importância, sendo essencial para organizar os conhecimentos adquiridos pela pesquisa e prática agrícola. A segregação de diversos tipos de solos permite, dentro de um certo limite, saber qual seria o comportamento da produção, que no caso, seria distinto sob a mesma condição climática (PÁDUA JUNIOR *et al.*, 2019).

As terras do Estado de Minas Gerais estão em diferentes condições de solo, clima e sócio-economia, portanto, são distintas as vocações para produção de bens agrícolas e o mapeamento da vocação agrícola do Estado é fundamental para o planejamento norteado na sustentabilidade (NASCIMENTO *et al.*, 2004).

Na vegetação encontrada em Minas Gerais é predominantemente uma personalidade tropical. Por outro lado, em pequenos casos em que ocorre o caráter de vegetação subtropical (NAIME, 2006).

Minas Gerais possui extensas áreas de solos de baixa fertilidade natural, conseqüentemente, a agricultura deve ser praticada com manejo que permita investimentos em fertilizantes e corretivos do solo. A deficiência de água, também, limita severamente a agricultura não irrigada em boa parte do estado, onde predominam os tipos climáticos mais secos.

No Triângulo Mineiro a dominância é de Latossolos que são solos bem drenados e bastante lixiviados. A vegetação aliada ao levantamento de solos é uma ótima identificadora das qualidades ambientais. Além das existências de outras nuances, como por exemplo, a relação do cerrado com solos distróficos, enquanto a vegetação campestre indica altos teores de alumínio no solo (NAIME *et al*, 2014).

Ao longo dos rios principais ocorrem os Latossolos Vermelhos Férricos, cujo material de origem é o basalto, na qual, apresenta melhor fertilidade, e geralmente com maiores teores de elementos-traços como Zn, Cu e Co.

O bioma cerrado mineiro caracteriza-se por grupos humanos que habitam as chapadas e apresentam tradicionalmente uma forte relação com o extrativismo e a criação de gado. Atualmente, esse uso tradicional nas chapadas entra em conflito com a fronteira agrícola em expansão relacionada ao agronegócio das commodities que avança sobre o cerrado em todo o país (RAMALHO FILHO *et al.*, 1999).

No cerrado há o predomínio da classe dos Latossolos Vermelhos, tal classe ocupa aproximadamente 26% da área, especificamente na região do Triângulo Mineiro, na qual o relevo plano associado às coberturas sedimentares da bacia do Paraná às altas temperaturas e ao regime pluviométrico do clima Tropical Quente Úmido e Semiúmido favorece a ocorrência do processo de latossolização (SILVA *et al*, 2010).

Na porção noroeste do bioma cerrado em Minas Gerais, ocorrem Latossolos Vermelho-Amarelos associados aos Latossolos Vermelhos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Flúvicos e Cambissolos Háplicos. As manchas de Neossolos Quartzarênico associam-se aos arenitos e os Neossolos Flúvicos aos sedimentos do Rio São Francisco e afluentes (NAIME *et al*, 2014).

Na porção centro-oeste, destaca-se uma mancha de Cambissolo Háplico associado a Serra da Canastra, e as manchas de Neossolo Litólico associam-se às rochas de maior resistência ao intemperismo, como os quartzitos da Serra do Espinhaço e Serra do Cabral (SILVA, 2014).

No Alto Jequitinhonha ocorrem nas chapadas os Latossolos Vermelho-Amarelos com textura argilosa e os Cambissolos latossólicos, ambos distróficos. Nas encostas íngremes

das chapadas os solos com horizonte B textural, predominantemente Argissolos, são, por vezes, eutróficos (SILVA *et al*, 2010).

No Alto Paranaíba o Latossolo Vermelho, originado do tufito, ocorre em uma área restrita em relação às áreas basálticas e em relevo mais acidentado do que os Latossolos originados do basalto. Nessa região, o Latossolo Vermelho-Amarelo férrico é de grande expressão e muito utilizado com lavouras, todavia, do ponto de vista de fertilidade, em decorrência do elevado teor de ferro e maior superfície específica, conferida pela goethita, tais solos apresentam alta capacidade de fixação de fósforo (P), o que diminui a disponibilidade do macronutriente às plantas. Os Cambissolos de baixa fertilidade natural são comuns nesta região. (NAIME *et al*, 2014).

A Zona Metalúrgica e médio Rio Doce são caracterizados por dois ambientes distintos no que se refere a solos. Nos topos dos morros predominam Latossolos Vermelho-Amarelos, com elevado distrofismo, que limita, inclusive, a decomposição da matéria orgânica sendo comum encontrar expressão de horizonte A-húmico. Próximo à calha do Rio Doce, nas elevações, predominam Argissolos eutróficos. Na região de Belo Horizonte a Bom Despacho ocorre Argissolos distróficos com coloração amarelada, originados de rochas graníticas e gnáissicas leucocráticas (NAIME *et al*, 2014).

4.5 Solos de Unaí

O município de Unaí está situado na mesorregião do Noroeste de Minas Gerais e na microrregião de Unaí, possui uma área de 8.445,432 km² (IBGE, 2021). Segundo levantamento realizado pela Embrapa (MAPA, 2001) em escala 1:5.000.000, os principais solos encontrados são os Latossolos, Cambissolos, Neossolos Litólicos e os Argissolos. Os aspectos da diversidade do solo e do relevo estão caracterizados em três regiões distintas: o planalto do São Francisco, os desníveis entre o planalto do São Francisco e a depressão são-franciscana e as cristas de Unaí (Figura 1).

As principais características dessas regiões foram descritas por Naime *et al*. (1998) e pelo Sebrae Minas (1999). A região situada no planalto do São Francisco, pode ser dividida em duas áreas distintas: a primeira (Região 1) localizada na região norte do estado, apresenta chapadas com altitudes entre 800 e 1.000 metros; os solos que ocorrem com maior frequência são os Latossolos Vermelho-Amarelos e os Latossolos Vermelhos de textura argilosa ou muito argilosa. Tem como arcabouço geológico formações do Proterozóico, destacando-se o Grupo

Bambuú que apresenta um comportamento estrutural caracterizado por dobras, falhas ou fraturas responsáveis pela existência de lineamentos bem-marcados.

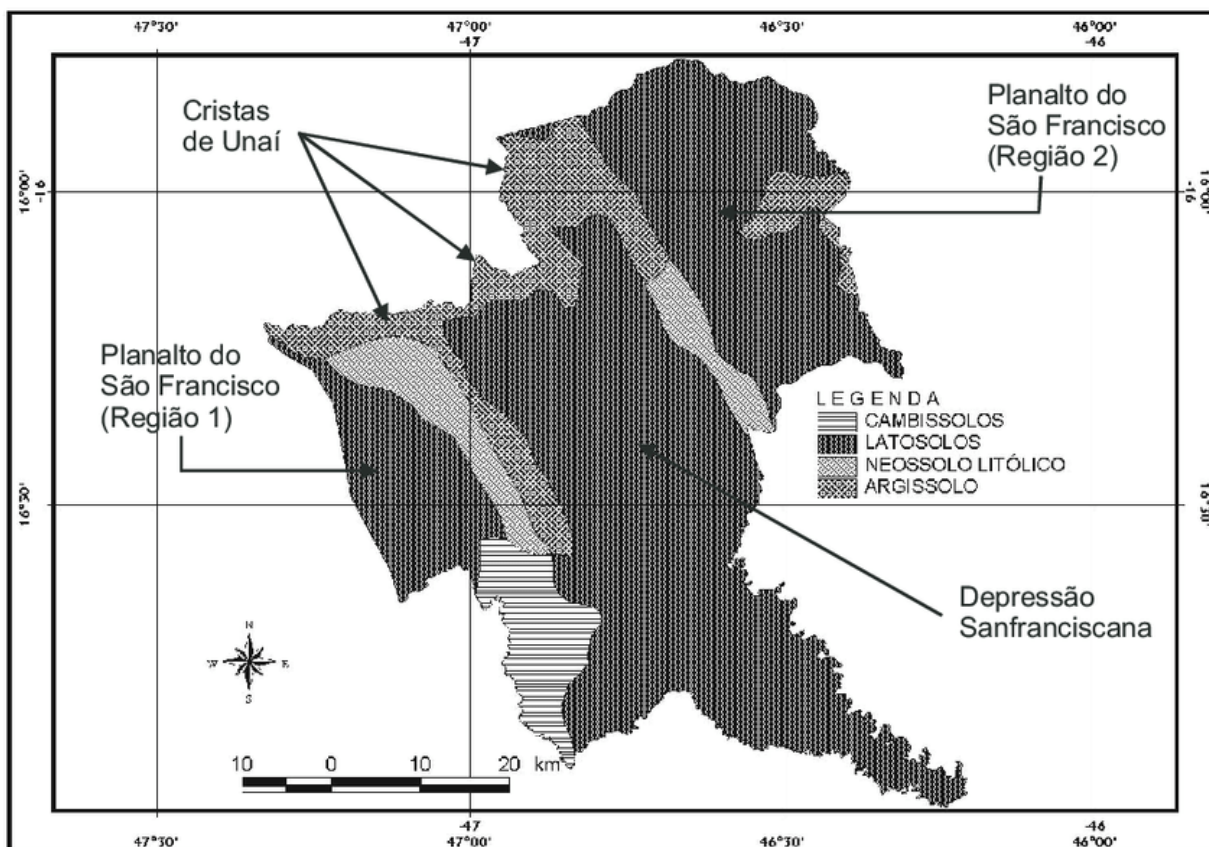
A segunda área (Região 2) apresenta chapadas com cotas de 600 a 800 metros. Os solos encontrados mais frequentemente são os Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelhos e os Neossolos Quartzarênicos. Os Cambissolos aparecem em menor expressão. O relevo, tanto na primeira quanto na segunda área, varia entre o plano e o suave-ondulado. A baixa fertilidade é a principal característica desses solos. Outra região do município localiza-se nos desníveis entre o planalto do São Francisco e a depressão são-franciscana. Essa área possui partes de relevo extremamente variado que vão desde suave-ondulado a montanhoso, sendo as formas mais abruptas encontradas nos limites com a depressão.

A Região da Depressão Sanfranciscana é uma vasta depressão formada pelo próprio rio São Francisco, apresenta direcionamento N-S, formato alongado e morfologia caracterizada por extensos planos inclinados com 400 a 600 metros de altitude desenvolvida sobre as rochas do embasamento cristalino e do Grupo Bambuí. O relevo dessa região é plano ou suave-ondulado, podendo ocorrer partes mais onduladas. Os principais solos encontrados são os Latossolos Vermelhos; Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos. As áreas de Várzeas, terraços e planícies fluviais têm, nessa superfície, a maior expressão. São aí dominantes os Neossolos Flúvicos e Gleissolos, sob vegetação de Florestas Ciliares e Campos de Várzea.

A terceira região, correspondente às cristas de Unaí, é caracterizada por um alinhamento de serras intercaladas por áreas rebaixadas e planaltos. As mesmas formas características da depressão são verificadas nessa região. Nas superfícies planas, o solo dominante é o Latossolo Vermelho. Ao Norte, são encontrados Argissolos Vermelho-Amarelos e Vermelhos, com maior fertilidade e em relevo preferencialmente ondulado. As cristas propriamente ditas, de relevo ondulado a montanhoso, têm como solos predominantes os Cambissolos e Neossolos Litólicos de difícil utilização para a exploração agrícola.

Do ponto de vista agropecuário, Unaí apresenta uma característica especial: a área municipal está dividida em terras da chapada e do vão. As primeiras são terras planas de cerrado (planalto do São Francisco) ocupadas a partir da década de 1970 por empreendimentos de grande porte. Nessas unidades, destacam-se os cultivos de milho e soja. Essas terras apresentam menor fertilidade que as do vão, o que exige investimentos em correção do solo e adubação. O vão (depressão são-franciscana) localiza-se na parte mais baixa, cujas terras são de melhor qualidade. É composto por estabelecimentos de tamanhos médio e pequeno, dedicando-se à pecuária, sobretudo, para produção de leite e a culturas de subsistência. A exploração típica de agricultura familiar aparece nessa região.

Figura 1 – Mapa de solos do Município de Unaí, MG, escala 1:5.000.000.



Fonte: MAPA, 2001.

4.6 Extração e exportação de nutrientes pela cultura da soja

A planta realiza os processos de extração e exportação de nutrientes. A extração é a quantidade de nutrientes que ela precisa para o seu desenvolvimento desde a germinação até a produção. Exportação é a quantidade de nutrientes que será retirada da lavoura pelo processo de colheita.

A absorção dos nutrientes de que a planta necessita ocorre a partir do seu contato com a superfície da raiz e está diretamente relacionado com sua concentração na solução no solo. O transporte dos nutrientes até à superfície das raízes é decorrente da ação conjunta dos três mecanismos: interceptação radicular, pelo fluxo de massa em atendimento à diferença de potencial hídrico e por difusão, em atendimento ao gradiente de concentração (BARBER *et al.*, 1995).

A quantidade total de nutrientes transportada por fluxo de massa à superfície da raiz pode ser estimada através da concentração do nutriente na solução do solo e o volume de água transpirada pela planta. A concentração do nutriente na solução depende da fertilidade do solo, sendo assim, em cada solo, a quantidade suprida por fluxo de massa será diferente.

Ao iniciar o processo de extração de água e de nutrientes, a planta altera o equilíbrio do sistema, estabelecendo diferenças de potencial de água e de concentração de nutrientes na superfície da raiz em relação ao restante do solo. A água é o fator com maior influência para que o processo de absorção ocorra, uma planta somente é nutrida adequadamente, com macro e micronutrientes, se houver disponibilidade de água no solo. As reações bioquímicas ocorrem somente em meio aquoso. Sem água no solo, não há solubilização dos corretivos e fertilizantes, crescimento de raízes, mobilidade de nutrientes no solo, transporte dos nutrientes da raiz para a folha, redistribuição dos nutrientes móveis e assimilação dos nutrientes nas folhas.

A extração dos nutrientes também depende da disponibilidade de oxigênio no solo, pois o principal processo de absorção é ativo, dependente da energia química (ATP), formada por meio da respiração aeróbia. Portanto, parte da energia da respiração das raízes é utilizada para a absorção dos nutrientes e da água. Por isso, para a obtenção de altos rendimentos, é fundamental uma adequada estrutura física do solo.

Os teores disponíveis de um nutriente na biomassa das culturas variam entre cultivares, dependendo da forma química em que se encontram no solo, do estágio de desenvolvimento (FLOSS; FLOSS, 2022), da capacidade de absorção da cultura, do desenvolvimento do sistema radicular, do tempo de crescimento (PROCHNOW; ROSSI, 2009) e, ainda, por fatores edáficos e ambientais relacionados à produção de Matéria Seca Total (MST) e a concentração de nutrientes na planta (SEIXAS, 2020).

A taxa de absorção de nutrientes na cultura da soja acompanha a taxa de produção de massa seca, e atinge seu máximo na época de florescimento pleno e no início do desenvolvimento das vagens, e, a partir desta fase, começa a diminuir até a senescência total da planta (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2016).

Contudo, por causa da variação no Índice de Colheita Aparente (ICA = matéria seca de grãos/matéria seca total) das cultivares e do efeito de diluição/concentração dos nutrientes, maiores quantidades de nutrientes absorvidas não resultam, necessariamente, em aumento na produtividade de grãos. Já as quantidades exportadas são diretamente proporcionais à produtividade e à concentração dos nutrientes nos grãos. Portanto, a reposição dos nutrientes exportados também é um critério essencial para a recomendação de adubação da soja e a manutenção da disponibilidade dos nutrientes do solo em níveis adequados.

Baseado nos estudos de Pauletti, 2004; Embrapa, 2013; Bender; Haegele; Below, 2015; Bataglia; Mascarenhas, 1977; L.G. Floss, 2017; Yamada, 1999, verifica-se que o nitrogênio (N) é o macronutriente mais extraído pela soja para produção de uma tonelada de grãos (79,4 kg N Mg⁻¹), seguido pelo potássio (46,1 kg K Mg⁻¹), cálcio (18,5 kg Ca Mg⁻¹), enxofre (16,8 kg S⁻² Mg⁻¹), fósforo (15,2 kg P Mg⁻¹) e magnésio (9,7 kg Mg Mg⁻¹).

A exportação compreende a quantidade de nutriente que são efetivamente enviados ao enchimento de grãos ou produção de matéria seca. Filippi *et al.* (2019) observaram que a soja exporta em média 99 kg de macronutrientes por Mg⁻¹ de grãos, sendo 61; 12; 18; 2,2; 2,3 e 3,2 kg referentes a N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e S, respectivamente.

Com altos rendimentos, também ocorrem maiores extração e exportação de micronutrientes pela cultura da soja. Verifica-se que o micronutriente mais extraído é o ferro (303,5 g Fe Mg⁻¹), seguido do manganês (162,3 g Mn Mg⁻¹), boro (80,0 g B Mg⁻¹), zinco (74,4 g Zn Mg⁻¹), cobre (21,6 g Cu Mg⁻¹), e, por último do molibdênio (5,3 g Mo Mg⁻¹) (BATAGLIA e MASCARENHAS, 1977; YAMADA, 1999; PAULETTI, 2004; EMBRAPA, 2013; BENDER; HAEGELE e BELOW, 2015; FLOSS, 2017).

Quanto à exportação de micronutrientes pela soja, nas médias calculadas a partir de resultados obtidos, observa-se que o micronutriente mais exportado é o Fe (103,6 g Mg⁻¹), seguido do Zn (39,8 g Mg⁻¹), Mn (31,4 g Mg⁻¹), B (28,6 g Mg⁻¹), Cu (11,4 g Mg⁻¹) e Mo (3,9 g Mg⁻¹) (FLANNERY, 1989; YAMADA, 1999; PAULETTI, 2004; EMBRAPA, 2013; BENDER; HAEGELE e BELOW, 2015; FLOSS, 2017).

Quanto à extração de micronutrientes pela cultura, em média 41% são carregados com os grãos. O manejo desses nutrientes nos solos do Cerrado tem sido feito de forma desarranjada com as informações científicas e as tabelas de adubação e análise de solo e foliar. E isso tem elevado o teor de alguns elementos no solo, por um lado, e causado, por outro lado, a deficiência de outros (MORAES *et al.*, 2016).

A exigência nutricional das cultivares de soja está muito mais relacionada ao potencial produtivo do que outras características, como o ciclo ou a tecnologia inserida via transgenia (TRIGOLO *et al.*, 2015).

Quanto maior for a produtividade, maior a quantidade de nutrientes exportados, sobretudo em solos de fertilidade construída, sendo assim, o monitoramento da disponibilidade e a exportação de nutrientes são indispensáveis para assegurar o rendimento da cultura ao longo do tempo, por meio da adequada manutenção da fertilidade do solo, com reposição dos nutrientes por meio da adubação (LACERDA *et al.*, 2015).

A análise de tecido foliar é uma técnica empregada que permite verificar desbalanços nutricionais, toxidez e desequilíbrio, bem como a avaliação dos “status” nutricional das plantas dentro de um programa de adubação e/ou remanejamento do mesmo. Em resumo, permite acompanhar e avaliar o sistema de adubação e, caso necessário realizar intervenções via folha ou ajustar para o próximo ciclo agrícola. A premissa do emprego da análise foliar baseia-se que existe relação entre a capacidade do solo em fornecer nutriente para as plantas e o teor dos mesmos nos tecidos vegetais, permitindo assim relacionar aumento ou decréscimo nos teores com oscilações na produtividade geral das culturas (EVENHUIS & WAARD, 1980).

4.7 Atributos dos solos que afetam a produtividade das plantas

Os solos são de grande importância para o desenvolvimento das plantas, sendo o principal elemento no planejamento de uma produção agrícola. De acordo com Vezzani e Mielniczuck (2009), a produtividade é a expressão final da qualidade, uma vez que altas produtividades ocorrem quando os atributos do solo estão em boas condições. Para avaliar a qualidade de um solo é necessário analisar algumas propriedades do mesmo, que, em conjunto, são denominadas indicadores de qualidade do solo, que podem ser propriedades ou processos físicos, químicos e biológicos do solo (USDA, 2001).

Na subsuperfície do solo, outros atributos físico-hídricos, químicos, mineralógicos, morfológicos e biológicos merecem destaque na produção vegetal e, em muitas situações, são a principal causa ou estão entre os fatores mais relevantes para a capacidade do solo de proporcionar potencialidades ou limitações às plantas (DIAS *et al.*, 1999; PÁDUA JÚNIOR, 2016).

Dentre os principais atributos físicos, podem se citar textura, densidade de partícula, densidade e porosidade do solo (SILVA *et al.*, 2015). A textura do solo é um atributo físico crucial que influencia no acúmulo de nutrientes na planta, em especial o fósforo (P), enxofre (S) e zinco (Zn) (SANTOS, 2008). Além de ser uma característica que norteia a dinâmica de água no solo, atua nos processos de movimento, retenção e disponibilidade, contribuindo também na capacidade de troca de cátions (RIBEIRO *et al.*, 2012). De acordo com Taiz e Zeiger (1991), a textura interfere diretamente na retenção de água. A baixa capacidade de retenção de água pode causar redução no desenvolvimento das culturas, devido à dificuldade encontrada pela planta em absorver água.

Solos com textura argilosa e com elevados teores de areia fina, dependendo do manejo de cobertura vegetal, permitem maior conteúdo de água disponível para as plantas quando comparados a solos de textura argilosa, com predomínio da fração de areia grossa. A mineralogia associada à textura também deve ser considerada, pois solos de textura arenosa ou média, localizados geralmente nas paisagens de “vão”, nas porções mais baixas da paisagem, podem apresentar mineralogia caulínica, e a ausência de manejo com adubos verdes e matéria orgânica torna os solos mais coesos. Solos de textura arenosa ou média associados a elevados teores de areia fina ou a fração de silte podem ocasionar selamento superficial, aumentando a chance do surgimento de falhas na lavoura com redução do rendimento das culturas (PÁDUA JÚNIOR *et al.*, 2019).

O estudo da textura dos solos, vêm ganhando espaço ao longo dos últimos anos, devido ao fato de muitos trabalhos relacionarem esse atributo a produtividade de algumas espécies vegetais, como no caso da cultura da cana-de-açúcar (MAULE *et al.*, 2001; DEMATÊ E DEMATÊ, 2009) e na soja (SANTOS *et al.*, 2008).

Com relação aos atributos químicos, alguns de maior relevância são matéria orgânica (MO), pH, capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), potássio (K), cálcio (Ca), saturação de bases (V%) e fósforo (P) (LANDELL *et al.*, 2003; RICHART *et al.*, 2016).

As propriedades biológicas e bioquímicas do solo, tais como: a atividade enzimática, a taxa de respiração, e a biomassa microbiana são indicadores sensíveis que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais e na determinação da qualidade do solo (TURCO *et al.*, 1994; DORAN E PARKIN, 1997).

O emprego de tecnologias permite aos agricultores utilizarem ferramentas que possibilitam melhorar o desempenho dos insumos, aumentar a eficiência agrônômica de fertilizantes e entender as implicações causadas pelas estruturas morfológicas dos solos e o comportamento das partículas do solo. A presença de partículas grandes, como petroplintitas ou fragmentos de rochas nos primeiros centímetros de solo influi para alta variabilidade nos rendimentos de culturas anuais, como soja, milho, feijão, sorgo, cana-de-açúcar e até o trigo. Os Plintossolos são associados com áreas menos produtivas, porém há exceções (PRADO, 2005). As causas das oscilações está associada com a concentração de concreções, que influi na água disponível (AD) e doses sobrestimadas de corretivos (PÁDUA JUNIOR *et al.*, 2019).

Em áreas de cerrado, os Latossolos são a classe de solo predominante (ADÁMOLI *et al.*, 1985; CORREIA *et al.*, 2002). Esses solos são extremamente intemperizados, processo que ocasiona a lavagem das bases trocáveis e, por conseguinte, redução da fertilidade e elevação

da acidez, contudo possui boas características físicas (GOEDERT, 1980; KLUTHCOUSKI *et al.*, 2003). Os Latossolos de textura argilosa a muito argilosa, apresentam menor água disponível (AD) em função da formação de microagregados, que favorecem a rápida infiltração de água no solo, comportamento semelhante ao encontrado em solos de textura arenosa (ALLEONI e CAMARGO, 1994).

Diante do exposto, é possível compreender que nos Latossolos, ao contrário dos Argissolos, à infiltração de água em profundidade é muito rápida, quando apresentam textura média, tendendo à arenosa (15 – 25% de argila), tendem a apresentar relações solo-água-planta semelhantes à dos Neossolos Quatzarênicos. A presença de plintita ou material ferruginoso, faz com que a infiltração ocorra mais lentamente favorecendo o desenvolvimento das plantas (LEMOS, 2022).

Os Plintossolos são solos minerais formados em condições de alagamento temporário e restrições à infiltração de água. Apresentam elevada plintitização, com a presença ou ausência de petroplintita (SANTOS *et al.*, 2018). Entende-se que suas principais limitações são a baixa fertilidade natural e os problemas relacionados a má drenagem. Na região Centro-Oeste o uso de técnicas de irrigação e drenagem permite o cultivo de grãos, aliado ao uso de insumos, que visam impedir o endurecimento irreversível da plintita (IBGE, 2015). Esse processo é um dos principais impedimentos para o bom rendimento das culturas uma vez que a petroplintita funciona como impedimento físico para o desenvolvimento de raízes e, por conseguinte, redução da exploração do volume de solo.

O rendimento das culturas distingue-se principalmente de acordo com as condições climáticas em cada ano agrícola, a capacidade de armazenamento de água nos solos, o potencial genético do genótipo, o ciclo de desenvolvimento da cultura, os atributos químicos e biológicos dos solos, dentre outros fatores de produção. Cabe salientar que uma mesma classe de solo denota melhor ou pior ambiente de produção para todas as espécies vegetais, ou seja, cada espécie apresenta particularidades em determinado ambiente de produção e pode expressar seu maior ou menor potencial produtivo.

4.8 Influência da temperatura na disponibilidade do nutriente boro

As deficiências de B são encontradas prioritariamente em solos de textura arenosa, ácidos, com pouca MO e em regiões úmidas onde estão propensos a lixiviação. O solo é necessariamente fonte de todos nutriente, ou se torna fonte pela adição de fertilizantes

(NOVAIS *et al.*, 2007). O desenvolvimento das plantas tem relação direta com as condições climáticas locais e por consequência a decomposição do material vegetal oriundo das colheitas.

De acordo com Kononova (1984) a decomposição da matéria orgânica acontece sob a influência dos fatores químico, biológicos, físicos, climáticos e da forma de utilização do solo. Também possuem relação os fatores de formação do solo (JENNY, 1941). Assim, a MO é uma fonte expressiva de nutrientes para os solos do cerrado (BAYER & MIELNICZUK, 2008). A principal fonte de B para os solos do cerrado é o material orgânico decomposto (FERNANDES, 2012),

Dessa maneira, solos com maior temperatura, seja pela ausência de cobertura vegetal ou pela presença de petroplintitas (concreções ferruginosas), tendem a ter menor quantidade desse micronutriente em função da rápida decomposição e mineralização. De tal forma que, o sistema de cultivo onde ocorre intenso revolvimento do solo tende a aumentar a lixiviação do nutriente e por consequência reduzir a disponibilidade no sistema.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização do Experimento

O trabalho foi realizado na Fazenda Santa Maria (latitude 16° 34' 118'' S e longitude 47° 10' 105'' W) com 880 m de altitude, localizada no município de Unaí, estado de Minas Gerais (**Figura 2**).

Figura 2 – Mapa do município de Unaí.



Fonte: WIKIPÉDIA, 2006.

5.2 Clima

O clima segundo a classificação de Köppen é o Aw (clima tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso) (KOPPEN, 1928). Sendo a precipitação do mês mais seco inferior a 60 mm e a temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C.

5.3 Caracterização dos solos da área experimental

Primeiramente, para identificar o solo da área experimental, foi realizado levantamento técnico na área de 120 hectares, cultivada com soja. Para isso, foram realizadas coletas de 20 amostras de

Solos sendo analisadas de acordo com o relevo e a cor do solo, com utilização da carta de Munsell, em pontos aleatórios de forma a cobrir toda a área estudada, nas profundidades 0 – 20 cm (horizonte A), 20 – 40 cm (horizonte A/B) e 80 – 100 cm (horizonte B), com auxílio de um trado holandês.

O material foi devidamente acondicionado, identificado e transportado ao laboratório de análises de solo CAMPO, localizado em Paracatu-MG. Os elementos avaliados no solo foram: pH em KCL, pH em CaCl₂ e pH em H₂O, Matéria Orgânica (MOS), Carbono Orgânico Total (CO), K, P, S, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Acidez Potencial (H+Al), CTC efetiva (t), CTC total a pH 7,00, V%, Saturação por alumínio (m%), B, Cu, Fe, Mn e Zn.

Os elementos avaliados na folha e no grão foram: N, P; K, Ca, Mg, S, B, Zn, Mn e Cu. Baseado nos critérios propostos por Santos *et al.*, (2018) os solos identificados na área foram: Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Plintossolo Pétrico (FF).

5.4 Plantio, ciclo da cultura e colheita

Entre os meses de dezembro de 2021 a abril de 2022, a soja foi cultivada em sistema de plantio direto em sucessão com milho, sob irrigação via pivô central. As variedades semeadas na área foram: DESAFIO, cultivada sob Latossolo Vermelho, Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo, totalizando 108 ha, e CREDENZ, cultivada sob Plintossolo Pétrico, totalizando 12 ha.

Ambas as variedades foram semeadas no dia 12/12/2021, sendo a população da cultivar DESAFIO de 480.000 plantas ha⁻¹, e 320.000 plantas ha⁻¹ para a cultivar CREDENZ, com espaçamento de 50 cm. A colheita da cultivar CREDENZ foi realizada no dia 01/04/2022 e a DESAFIO no dia 04/04/2022.

5.5 Características das cultivares

A cultivar DESAFIO foi desenvolvida pela BRASMAX. Dentre as características, se destaca o alto potencial produtivo, ideal para ambientes de alta tecnologia, altamente responsiva à época de plantio e população e apresenta excelente sanidade foliar para mancha-alvo. Apresenta ciclo de 115 dias. Dentre as características agrônômicas, se destaca o peso de mil sementes (PMS) de 170 g e o hábito de crescimento indeterminado.

A cultivar CREDENZ foi desenvolvida pela BASF e apresenta a tecnologia INTACTA RR2 PRO. Apresenta ciclo precoce de 110 dias. Dentre as características, se destaca o alto teto produtivo e o peso de mil sementes (PMS) de 200 g, apresenta ótima arquitetura e uma ampla adaptação geográfica.

5.6 Tratos Culturais e índice pluviométrico

Os tratos culturais adotados estão apresentados na Tabela 1, com as especificações de insumos e produtos fitossanitários utilizados com suas respectivas dosagens.

Além dos tratos culturais realizados e representados na Tabela 1, foi realizada adubação de cobertura em taxa fixa de 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (KCl).

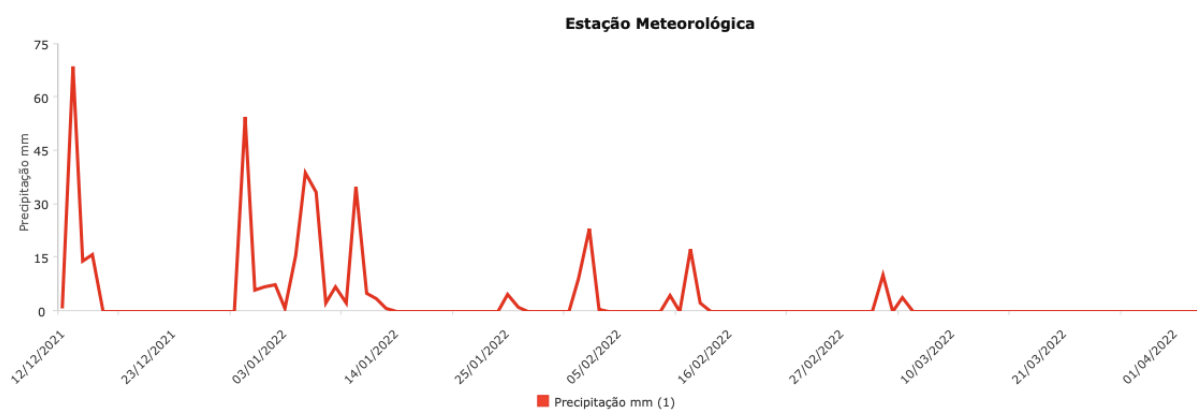
Tabela 1 – Insumos e produtos fitossanitários utilizados na cultura da soja irrigada em Unai-MG.

NOME	PRODUTO	DOSE	ÉPOCA DE APLICAÇÃO
CRUCIAL	Herbicida	4,0000 L ha ⁻¹	16/12/2021-17/12/2021
MACROGREEN EVOLUTION	Fertilizante	2,0000 L ha ⁻¹	16/12/2021-17/12/2021
POLIFLEX	Adjuvante	0,0500 L há ⁻¹	16/12/2021-17/12/2021
ASSIST	Adjuvante	0,5000 L ha ⁻¹	23/12/2021
FIGHTER	Adjuvante	0,0333 L ha ⁻¹	23/12/2021
KLORPAN 480 CE	Inseticida	1,5000 L ha ⁻¹	23/12/2021
PROCLAIM	Inseticida	0,1500 Kg ha ⁻¹	23/12/2021
SELECT 240 EC	Herbicida	0,7500 L ha ⁻¹	23/12/2021
ASGARD	Fungicida	1,0000 L ha ⁻¹	28/12/2021-29/12/2021
ASSIST	Adjuvante	0,5000 L ha ⁻¹	28/12/2021-29/12/2021
CRUCIAL	Herbicida	2,0000 L ha ⁻¹	28/12/2021-29/12/2021
FIGHTER	Adjuvante	0,0333 L ha ⁻¹	28/12/2021-29/12/2021
SUMIRODY 300	Inseticida	0,3500 L ha ⁻¹	28/12/2021-29/12/2021
ADESIL	Espalhante adesivo	0,0500 L ha ⁻¹	07/01/2022-08/01/2022
CONNECT	Inseticida	0,5000 L ha ⁻¹	07/01/2022-08/01/2022
FULLAND	Fertilizante	0,5000 L ha ⁻¹	07/01/2022-08/01/2022
ORKESTRA	Fungicida	0,3500 L ha ⁻¹	07/01/2022-08/01/2022
PREMIO	Inseticida	0,1000 L ha ⁻¹	07/01/2022-08/01/2022
BRILHANTE BR	Inseticida	2,0000 Kg ha ⁻¹	21/01/2022-24/01/2022
CARTAGO	Herbicida	0,6000 L ha ⁻¹	21/01/2022-24/01/2022
PROCLAIM	Inseticida	0,2000 Kg ha ⁻¹	25/01/2022

Fonte: AUTORES, 2023.

Ao longo do ciclo da cultura, entre os dias 12/12/2021 e 04/04/2022, houve um acúmulo de 388 mm de precipitação, os dados demonstrados no Gráfico 1 foram fornecidos pela empresa Icrop.

Gráfico 1 – Gráfico de Precipitação (mm) mês de dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril.



Fonte: ICROP: IRRIGAÇÃO DE ALTA PERFORMANCE, 2022.

5.7 Análise de extração foliar de nutrientes

Foram coletados 10 trifólios em cada linha, nas 5 repetições nos 3 tipos de Latossolos, para determinação da extração foliar dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e dos micronutrientes (B, Zn, Fe, Mn, Cu), pela cultura da soja, nas diferentes classes de solo: LV, LA e LVA, no dia 01/02/2022 no estágio fenológico R1-R2, em 3 linhas de 5 metros lineares. As amostras foram depositadas em sacos de papel, armazenadas em local refrigerado e encaminhadas para o laboratório.

5.8 Análise de exportação de nutrientes

No estágio fenológico R9, para determinar a exportação dos macronutrientes e dos micronutrientes pela cultura, nas classes de solo LV, LA e LVA, foram amostradas cinco plantas em uma linha central de cada parcela. As cinco plantas amostradas de cada parcela

foram trilhadas manualmente sendo os grãos resultantes, limpos e pesados em uma balança de precisão, para medir determinação do teor de umidade. A partir disso, os dados foram transformados em produtividade (kg ha^{-1}) e corrigidos para umidade de 13% b.u.

A massa de mil grão (MMG) foi obtida pela massa da contagem de mil grãos, corrigidos para umidade de 13% b.u. As mesmas amostras utilizadas para o peso de mil grãos, foram enviadas ao laboratório para determinar a exportação de nutrientes da variedade de soja.

5.9 Temperatura do solo

No dia 02/05/2022 às 13h, após a colheita mecanizada realizada pela fazenda, utilizando termômetro digital infravermelho com mira a laser ajustado para ambiente, foram verificadas as temperaturas do solo. Removendo a palhada deixada pela colhedora, o laser foi direcionado diretamente ao solo, em uma distância entre 10 e 20cm, verificando-se a temperatura em dez pontos por repetição.

5.10 Análise estatística

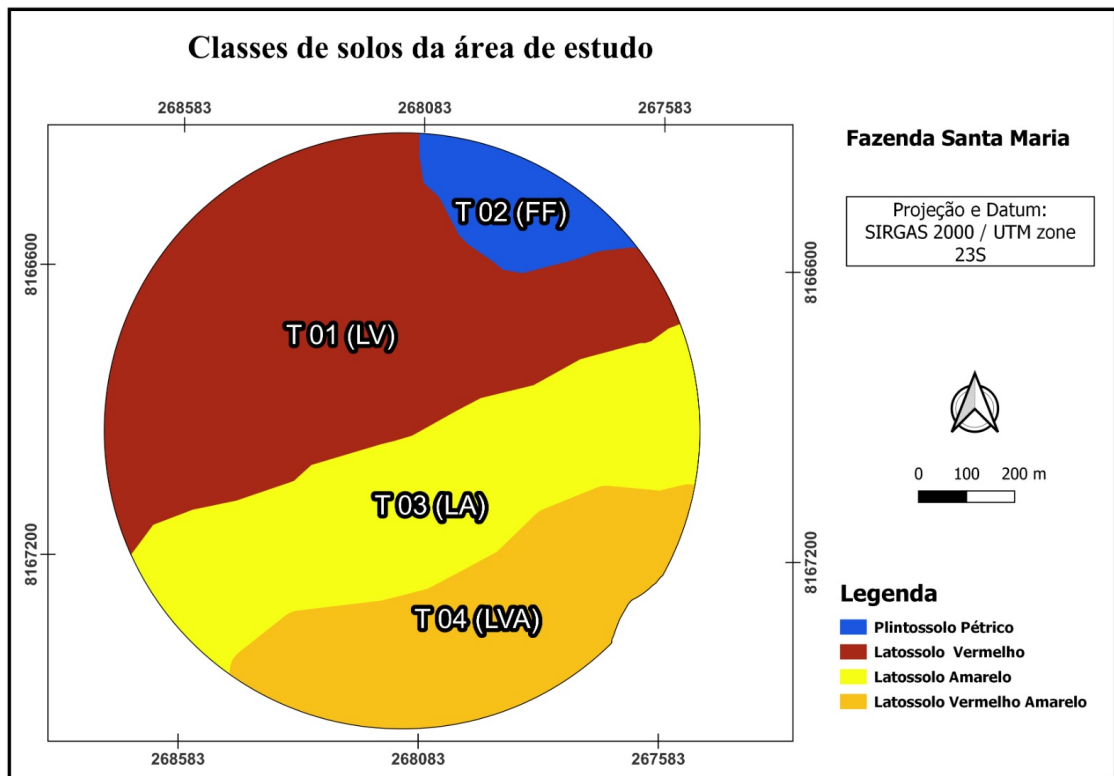
Análise descritiva foi inicialmente realizada para verificar o comportamento das variáveis de solo, folha, grão e produção. Em seguida, uma análise de variância foi realizada para essas variáveis pelo teste F. Quando significativas, as médias das variáveis nos tipos de solo foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do *software* estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2019).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Mapeamento de solos

Baseado no levantamento pedológico foram identificados quatro tipos de solos com grande variação morfológica, o que demonstra uma grande variabilidade no pivô onde foi realizado o experimento. A Figura 3, mostra os solos identificados na área de estudo, Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Amarelo (LA) e Plintossolo Pétrico (FF).

Figura 3 – Mapa de solos da área do estudo.



Fonte: LEMOS, 2022. Adaptado.

Os solos identificados como LVA, são profundos, moderadamente drenados, apresentam uniformidade em todo perfil (cor e textura) e estão localizados no terço inferior da paisagem. No terço médio associado ao Latossolo Vermelho-Amarelo encontra-se o LA, caracterizados pela cor amarela, classificados como solos imperfeitamente drenados e de textura uniformes em profundidade, comumente de textura argilosa a muito argilosa, com elevada disponibilidade hídrica (solo úmido), com presença abundante de mosqueado e plintita. Do

terço médio ao terço superior o Latossolo Vermelho (LV) é predominante. No terço superior da topossequência o solo apresenta cascalho (petroplintita) em superfície e em subsuperfície sendo classificado como Plintossolo Pétrico (FF). De posse dessas informações é possível “prever”, dentro de certos limites, um comportamento esperado desses solos e, assim entender o porquê de algumas culturas desenvolverem vigorosamente em determinados locais e menos em outros sob as mesmas condições edafoclimáticas e de manejo. Os Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Amarelos, geralmente, possuem, no horizonte Bw, camadas de petroplintitas que prejudicam a drenagem interna. Tal fato é particularmente verificado nos períodos chuvosos, onde os LVA ficam com saturação de água, tal como constatado por Campos *et al.*, (2010).

6.2 Avaliação química dos solos

O valor médio dos parâmetros químicos dos solos na camada de 0 – 20 cm estão disponíveis na Tabela 2. É possível observar que quase todas as manchas são compreendidas por solos que apresentam o caráter eutrófico ($V\% > 50\%$), sendo assim consideradas férteis, entretanto, a mancha compreendida pelo LVA apresentou o valor de ($V\% = 47$), relativamente próxima aos valores do caráter eutrófico.

Tabela 2 – Estudo da influência dos diferentes tipos de solo na camada de 0-20cm sobre propriedades químicas do solo no cultivadas variedades de soja DESAFIO® e CREDENZ®

Variável 00-20cm	Tipos de Solos				Valor de <i>P</i>
	Latossolo Vermelho	Plintossolo Pétrico	Latossolo Amarelo	Latossolo Vermelho- Amarelo	
pH H ₂ O	5,60 ab	5,77 ab	5,97 a	5,40 b	0,0067
pH CaCl ₂	5,12 ab	5,22 ab	5,57 a	4,80 b	0,0055
pH KCl	5,57 a	5,30 a	5,70 a	4,88 a	0,1256
MO (g kg ⁻¹)	2,94 ab	2,12 c	3,39 a	2,83 b	0,0000
CO (g kg ⁻¹)	1,70 ab	1,22 c	1,96 a	1,64 b	0,0000
K (mg dm ⁻³)	122,05 a	280,73 a	106,94 a	131,08 a	0,1587
P (mg dm ⁻³)	37,20 b	172,59 a	13,49 b	14,71 b	0,0001
S (mg dm ⁻³)	4,61 a	8,75 a	8,87 a	11,09 a	0,1941
Ca (cmol _c dm ⁻³)	4,00 a	4,41 a	3,62 ab	2,39 b	0,0028
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,52 a	1,53 a	1,12 ab	0,83 b	0,0044
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,10 a	0,10 a	0,10 a	0,12 a	0,4182
H ⁺ Al (cmol _c dm ⁻³)	2,92 ab	1,56 b	2,52 ab	4,02 a	0,0066
CTCe (cmol _c dm ⁻³)	5,94 a	6,76 a	5,11 ab	3,68 b	0,0030
CTCt (cmol _c dm ⁻³)	8,76 a	8,23 a	7,54 a	7,59 a	0,2455
V%	67,20 a	80,40 a	67,20 a	47,00 b	0,0012
m%	0,00 a	0,20 a	0,00 a	1,60 a	0,4545
B (mg.kg ⁻¹)	0,54 a	0,31 b	0,41 ab	0,48 a	0,0022
Cu (mg.kg ⁻¹)	1,00 b	1,27 b	1,86 a	1,04 b	0,0000
Fe (mg.kg ⁻¹)	15,56 b	38,98 a	16,91 b	16,42 b	0,0000
Mn (mg.kg ⁻¹)	14,70 ab	19,39 a	14,79 ab	7,60 b	0,0188
Zn (mg.kg ⁻¹)	5,30 ab	7,55 a	6,51 a	2,21 b	0,0076

*Médias seguidas por uma mesma letra na mesma linha não diferem entre si a um nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

As características químicas do perfil de solo têm forte relação com o enraizamento profundo, que por sua vez têm relação com a capacidade de absorção de água e sais minerais (FRANCHINI, 2008) e produtividade (LANDELL *et al.*, 2003). Em condições de “veranicos”

o solo seca de cima para baixo, e quanto maior for a relação entre o volume de solo com o volume de raízes, melhor será a capacidade das plantas de atravessarem essa condição de estresse. Nesse sentido, pode-se relacionar o enraizamento com a presença e/ou ausência de certos nutrientes, como o Ca^{2+} , B e P associados a promoção do crescimento de raízes e o Al^{3+} como o limitante.

O desenvolvimento e desempenho produtivo é limitado para plantas cultivadas em solos ácidos e sem adição de corretivos, pelo alumínio tóxico (Al^{3+}) e baixa saturação de nutrientes, como Ca^{2+} e Mg^{2+} . O Ca é de fundamental importância para a estabilidade estrutural e funcionalidade das membranas, sua ausência traz prejuízos funcionais e estruturais, as folhas novas apresentam aspecto clorótico e deformado (Malavolta *et al.*, 1997). Na soja ocasiona morte dos primórdios, por falta do elemento nos pontos de crescimento (SEDIYAMA, 2009). O Mg é o elemento central da molécula de clorofila e ativador enzimático (DO NASCIMENTO, 2009).

Os teores de Ca e Mg não foram distintos entre os solos LV, FF e LA, entretanto, o LVA foi o solo que apresentou baixos teores de Ca e Mg em relação ao LV e FF. Sendo o FF o solo que apresentou a maior média, isso porque, com a aplicação de calcário nestes solos, os teores de Ca e Mg são sobrestimados (PÁDUA JR, *et al.* 2019), aumentando as cargas elétricas na porção do solo consequentemente aumentando a CTC efetiva.

O V% menor no LVA em comparação aos demais solos é justificada no cálculo do V%, pois no cálculo o numerador da fórmula considera a soma de bases (SB) que é definida pela soma de $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}$, ou seja, dois (Ca e Mg) dos quatro nutrientes utilizados para o cálculo desta propriedade.

Ao elevar o pH do solo, a calagem também eleva sua atividade microbiana (EKENLER & TABATABAI, 2003; MIJANGOS *et al.*, 2010), o que, em curto prazo, pode promover a decomposição mais acelerada da MOS (YAO *et al.*, 2009) isso justifica os menores valores de MO encontrados no FF.

Houve diferenças entre os seguintes parâmetros: pH, MO e CO nos solos estudados, onde que o LA apresentou as maiores médias. Por ser um tipo de solo naturalmente mais “úmido” Esse maior conteúdo de água ajuda na decomposição da matéria orgânica, o que justifica os maiores valores no solo citado. Na Tabela 2 também é possível observar que os nutrientes Zn e Cu estão mais elevados no LA.

Por se tratar de um solo argiloso ou muito argiloso e com elevada coesão entre os agregados (Santos *et al.*, 2021) associado a presença de plintita e mosqueado em subsuperfície, a drenagem interna é lenta, ou seja, maior volume de água no perfil do solo, em alguns casos até o encharcamento. Nutrientes como Zn e Cu, que são absorvidos por difusão, possuem maior disponibilidade nesse tipo de solo. Visto que, o processo de difusão ocorre necessariamente em meio hidratado (MOREIRA, 2014). A absorção de Zn ocorre pelas raízes na forma divalente (Zn^{2+}), sobretudo em canais não seletivos (DEMIDCHIK *et al.*, 2002). Esse nutriente é importante na formação de sementes, na produção de clorofila, metabolismo do N e na formação dos grãos, este último tópico de fundamental importância, uma vez que, o peso de grãos está associado ao acúmulo de matéria seca. As deficiências de Cu são raramente encontradas em plantas, salvo em situação de excesso de MOS, como salientado por Abreu *et al.* (2001). De todos os micronutrientes, a deficiência de Cu é mais difícil de se diagnosticar, devido a interferência de outros nutrientes, como, P, Fe, Mo, Zn e S.

O maior teor de P foi observado no FF, tal fato pode estar relacionado ao tamanho das partículas desse tipo de solo, onde que, frações maiores que 2 mm, possuem baixa reatividade, que justifica doses sobrestimada de fertilizante, o que evidencia maior quantidade do nutriente. O principal mecanismo de transporte do P no solo é a difusão, dessa forma, espera-se que tal nutriente esteja maior em solos mais úmidos.

Embora o FF seja um solo com menor profundidade efetiva em relação aos demais solos estudados, o ano do experimento se caracterizou pela uniforme distribuição da precipitação pluviométrica durante todo o ciclo da cultura não sendo necessário a utilização de irrigação. Era possível perceber que o FF apresentava alto volume de umidade durante os períodos chuvosos. De acordo com Turner & Gilliam (1976) o maior suprimento de P para arroz ao aumento da difusão deste elemento em solos inundados. Os autores observaram acréscimos de até dez vezes no coeficiente de difusão de P quando os solos foram saturados em relação aos níveis de umidade mais baixos, sendo pouco pronunciados os aumentos de fluxo difusivo nos solos de textura mais fina e baixos teores de P.

A Tabela 3 apresenta os valores dos nutrientes encontrados na camada de 20 – 40 cm, onde é possível observar que o FF apresenta o maior teor de P, K, Ca, Mg e o maior valor de CTc efetiva e V% em profundidade. Solos que apresentam grande volume de partículas maiores que 2,0 mm, são propensos a doses sobrestimada de corretivo, em função desse tamanho de partícula não ser reativo. A título de exemplo um solo que apresenta (500 g/kg de cascalho), metade do volume não reage com o corretivo o que pode explicar os maiores teores de Ca e Mg e de adubos como no caso do P e K deste solo (PÁDUA JÚNIOR *et al.*, 2019).

Tabela 3 – Estudo da influência dos diferentes tipos de solo na camada de 20-40cm sobre propriedades químicas do solo no cultivo das variedades de soja DESAFIO® e CREDENZ®

Variável 20-40cm	Tipos de Solos				Valor de <i>P</i>
	Latossolo Vermelho	Plintossolo Pétrico	Latossolo Amarelo	Latossolo Vermelho- Amarelo	
pH H ₂ O	5,18 b	5,72 a	5,80 a	4,98 b	0,0001
pH CaCl ₂	4,76 b	5,27 a	5,31 a	4,47 b	0,0001
pH KCl	5,15 b	5,21 b	5,97 a	4,65 b	0,0001
P (mg dm ⁻³)	0,66 b	81,63 a	0,40 b	0,67 b	0,0005
K (mg dm ⁻³)	57,27 b	166,53 a	61,76 b	58,71 b	0,0015
S (mg dm ⁻³)	43,56 a	7,53 b	60,98 a	56,11 a	0,0012
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,20 b	3,47 a	1,08 b	1,08 b	0,0011
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,57 b	1,18 a	0,23 b	0,35 b	0,0009
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,10 a	0,10 a	0,10 a	0,11 a	0,4182
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	1,25 b	1,38 b	1,66 b	3,41 a	0,0000
CTCe (cmol _c dm ⁻³)	2,02 b	5,18 a	1,57 b	1,69 b	0,0008
CTCt (cmol _c dm ⁻³)	3,17 b	6,47 a	3,13 b	5,00 ab	0,0081
V%	59,20 b	76,80 a	49,40 b	31,40 c	0,0000
m%	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,0000
B (mg dm ⁻³)	0,35 a	0,26 ab	0,19 b	0,35 a	0,0059

*Médias seguidas por uma mesma letra na mesma linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na camada de 80-100 cm (Tabela 4) a classe do FF apresentou os maiores teores de P, K, Ca e B e valores de CTC efetiva e CTC a pH 7,0.

Baixos teores de Ca²⁺ e elevados valores de Al³⁺ são um dos principais gargalos na produtividade das culturas (RICHEY, 1980). Os nutrientes (B) e (P), quando estão abaixo dos níveis ideais ocasionam redução no crescimento radicular. Os FF são solos que apresentam certas dificuldades a mecanização e impedimento físico ao crescimento de raízes. No entanto, no FF os maiores teores de nutrientes devido ao menor volume de solo explorado pelos elementos químicos torna esta classe de solo com potencial produtivo em anos com boa distribuição de chuvas.

Tabela 4 – Estudo da influência dos diferentes tipos de solo na camada de 80-100cm sobre propriedades químicas do solo no cultivo das variedades de soja DESAFIO®

Variável 80-100cm	Tipos de Solos				Valor de <i>P</i>
	Latossolo Vermelho	Plintossolo Pétrico	Latossolo Amarelo	Latossolo Vermelho- Amarelo	
pH H ₂ O	5,78 ab	5,78 ab	6,26 a	5,22 b	0,0001
pH CaCl ₂	5,15 ab	5,23 ab	5,78 a	4,51 b	0,0045
pH KCl	5,95 b	5,11 c	6,65 a	5,68 bc	0,0026
P (mg dm ⁻³)	0,30 b	70,54 a	0,31 b	0,55 b	0,0000
K (mg dm ⁻³)	16,69 c	187,75 a	59,44 b	30,81 bc	0,0000
S (mg dm ⁻³)	38,42 a	6,82 b	4,97 b	30,14 a	0,0000
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,14 b	2,76 a	0,64 b	0,96 b	0,0000
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,52 ab	0,89 a	0,11 b	0,44 b	0,0007
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,10 a	0,10 a	0,10 a	0,10 a	1,0000
H ⁺ Al (cmol _c dm ⁻³)	2,37 a	1,94 ab	0,46 c	1,11 bc	0,0000
CTCe (cmol _c dm ⁻³)	1,80 b	4,77 a	1,01 b	1,59 b	0,0000
CTCt (cmol _c dm ⁻³)	3,78 b	6,02 a	1,37 c	2,99 b	0,0000
V%	32,80 b	66,00 a	63,00 a	59,75 a	0,0054
m%	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,0000
B (mg.kg ⁻¹)	0,11 b	0,23 a	0,12 b	0,13b	0,0093

*Médias seguidas por uma mesma letra na mesma linha não diferem entre si a um nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Lumbreras *et al.* (2015), afirmaram que a classe de solo (FF) apresenta grande quantidade de cascalho laterítico e petroplintita, que impedem fortemente a retenção de água e por conseguinte menor disponibilidade hídrica, ademais, colaboram para menores rendimentos agrícolas. Quanto maior for a concentração de petroplintita e cascalho, menor será a quantidade de água disponível (AD) e maior será a dificuldade do enraizamento da cultura (Pádua Junior *et al.*, 2019).

A presença de concreções (petroplintita) e a natureza ácida pelo ambiente de formação, são características indesejáveis do ponto de vista agrônomo (AZEVEDO; BUENO, 2017), mas não são fatores que impedem o uso dessa ordem de solo (FF) para o cultivo de espécies de interesse econômico, como soja, milho e feijão (NIKKEL; LIMA, 2017). Entretanto tal classe de solo requer cuidados especiais em relação ao manejo e a quantidade de plantas.

Após vários anos de cultivo o efeito residual dos fertilizantes e insumos empregados na agricultura, tem tornado os FF produtivos.

A principal fonte de B para os solos do cerrado é o material orgânico decomposto (FERNANDES, 2012), dessa maneira, solos com maior temperatura, seja pela ausência de cobertura vegetal ou pela presença de petroplintitas (concreções ferruginosas), tendem a ter menor quantidade de B em função da rápida decomposição e mineralização. De tal forma que, o sistema de cultivo onde ocorre intenso revolvimento do solo tende a aumentar a lixiviação do nutriente e por consequência reduzir a disponibilidade no sistema. Pode-se observar também que seu teor aumenta na camada de 80-100cm, ou seja, o nutriente foi lixiviado.

Na Tabela 5, o resultado médio da análise de extração da cultivar de soja DESAFIO® cultivada na área de estudo.

Tabela 5 – Quantidade de nutrientes nas folhas da cultura da soja, variedade de soja DESAFIO®, após análise de extração foliar de nutrientes

Variável	Tipos de Solos			Valor de <i>P</i>
	Latossolo Vermelho	Latossolo Amarelo	Latossolo Vermelho-Amarelo	
N (g kg ⁻¹)	51,71 ab	63,83 a	41,07 b	0,0226
P (g kg ⁻¹)	5,29 a	4,61 a	4,22 a	0,0679
K (g kg ⁻¹)	21,98 ab	22,73 a	20,70 b	0,0063
Ca (g kg ⁻¹)	10,57 a	10,02 a	9,28 a	0,0697
Mg (g kg ⁻¹)	4,19 a	3,49 b	3,37 b	0,0007
S (g kg ⁻¹)	3,72 a	3,47 a	3,47 a	0,0976
B (mg kg ⁻¹)	41,36 a	41,12 a	36,00 b	0,0075
Zn (mg kg ⁻¹)	49,60 a	58,60 a	46,60 a	0,3184
Fe (mg kg ⁻¹)	140,40 a	181,00 a	133,80 a	0,3841
Mn (mg kg ⁻¹)	44,40 a	41,40 a	36,00 a	0,3283
Cu (mg kg ⁻¹)	7,85 a	8,93 a	8,99 a	0,0360

*Médias seguidas por uma mesma letra na mesma linha não diferem entre si a um nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Ao analisar os resultados é possível fazer duas comparações, entre nível crítico econômico (NCE) e nível crítico fisiológico (NCF). O primeiro se refere à relação a qual o nível

do nutriente é um fator limitante da produtividade e superior ao ponto que o uso de fertilizante não é mais econômico, tal ponto pode variar de acordo com a relação do preço do produto colhido pelo preço do fertilizante Malavolta & Cruz (1971). Sendo assim, o nível crítico (NCF) se refere ao ponto que o nutriente participa ao máximo do processo metabólico, a exemplo constituição da clorofila e desempenho fotossintético (Malavolta *et al.*, 1997). No entanto, o NCF, pode ser comumente estabelecido como ponto em que tal processo metabólico, seja ele qualquer, é reduzido ou impedido de ocorrer. Houve relativas variações nos teores dos nutrientes no tecido foliar, para o (N) as folhas coletadas no LA apresentaram maiores teores, seguido pela mancha de LV como intermediário, o menor valor foi encontrado na mancha de LVA. Houve maior extração dos nutrientes Mg da soja cultivada no LV, maior teor de K na soja cultivada no LA e maior extração de B na soja cultivada nas classes dos LV e LA.

6.3 Exportação de nutrientes da soja em diferentes solos

A seguir na Tabela 6, os resultados das análises de exportação realizadas em cada classe de solo. Para os nutrientes (N), (P), (K^+), (Mg^{2+}), (S), (Fe^{2+}), (Mn^{3+}) e (Zn) não houve diferença estatística.

Tabela 6 – Estudo da influência dos diferentes tipos de solo sobre propriedades químicas e características do grão da variedade de soja DESAFIO®

Variável	Tipos de Solos			Valor de <i>P</i>
	Latossolo Vermelho	Latossolo Amarelo	Latossolo Vermelho-Amarelo	
N (g.kg ⁻¹)	38,77 a	44,94 a	41,00 a	0,1135
P (g.kg ⁻¹)	4,88 a	4,63 a	5,13 a	0,3797
K (g.kg ⁻¹)	15,93 a	16,60 a	17,51 a	0,2651
Ca (g.kg ⁻¹)	2,93 a	3,22 a	2,98 a	0,1695
Mg (g.kg ⁻¹)	2,52 a	2,49 a	2,46 a	0,8979
S (g.kg ⁻¹)	2,71 a	2,86 a	2,47 a	0,0776
B (mg.kg ⁻¹)	23,92 a	21,44 ab	19,28 b	0,0044
Zn (mg.kg ⁻¹)	36,80 a	37,40 a	37,20 a	0,9741
Fe (mg.kg ⁻¹)	119,80 a	124,80 a	123,40 a	0,7762
Mn (mg.kg ⁻¹)	18,40 a	18,60 a	18,00 a	0,9524
Cu (mg.kg ⁻¹)	12,07 b	12,56 b	15,16 a	0,0009

*Médias seguidas por uma mesma letra na mesma linha não diferem entre si a um nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Apenas os nutrientes B e Cu foram exportados pela cultura da soja em diferentes teores de acordo com a classe de solo estudado. O maior teor de B nos grãos da soja cultivada no LV se deve o maior teor de nutrientes presentes nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

A cultura da soja exportou o maior teor de Cu nos grãos cultivada no LVA quando comparado aos demais solos estudados. Este maior teor de Cu exportado pode ser justificado pela interação/disponibilidade do elemento com a MO do solo. Por outro lado, apesar de todos os solos permitirem a maior extração do Cu (Tabela 4) somente a soja cultivada no LVA exportou mais o elemento.

Na Tabela 7, a variável temperatura do solo não foi distinta entre os solos LA e LVA, entretanto, o FF e o LV apresentaram diferença estatística, sendo o FF o solo que apresentou maiores temperaturas do solo. A maior temperatura no FF pode ser justificada pela presença de concreções ferruginosas que apresentam maiores temperaturas, que por sua vez ocasiona aceleração na decomposição do material vegetal. O que permite inferir que haja

menores valores de MO e CO, fato que pode ser constatado na Tabela 1, onde que os resultados apontam menores valores para os parâmetros citados no presente solo.

A volatilização do nutriente Boro também pode ocorrer em solos com altas temperaturas, entretanto, a precipitação pluviométrica foi bem distribuída durante todo o ciclo da cultura, o que pode explicar o maior teor de B em subsuperfície no FF quando comparado aos demais solos.

Tabela 7 – Estudo da temperatura do solo

Variável	Tipos de Solos				Valor de P
	Latossolo Vermelho	Plintossolo Pétrico	Latossolo Amarelo	Latossolo Vermelho-Amarelo	
Temperatura	36,19 b	37,26 a	36,63 ab	36,58 ab	0,0054

*Médias seguidas por uma mesma letra na mesma linha não diferem entre si a um nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

A fase de enchimento de grãos da cultura da soja inicia-se em R5, período que é possível notar vagem com grãos com pelo menos 3 mm indo até o estágio de granação plena, R6. A planta atinge o crescimento máximo entre R5 e R6, juntamente com o auge da fixação biológica de nitrogênio e ocorre um rápido acúmulo de carboidratos e nutrientes, que são translocados de folhas, haste e ramos. A necessidade hídrica da soja aumenta com o avanço do desenvolvimento, chega ao auge na fase de floração-enchimento, onde a demanda é de 7 a 8 mm/dia (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

O peso de mil grãos (PMG) apesar de ser uma característica genética, pode ser influenciado pelas condições edafoclimáticas e de manejo. Um bom manejo nutricional tem influência positiva no PMG, pelo fato de algumas substâncias osmorreguladoras atuarem aumentando a eficiência do enchimento de grãos, dos quais pode-se destacar o (N), (B) e o (Mg^{2+}), além do (S) nutriente envolvido na produção de proteínas e importante no aumento do PMG.

Na Tabela 8, os valores de PMG apresentaram diferença estatística, sendo o LA a classe de solo que apresentou os maiores valores de PMG. A produtividade de grãos foi obtida na colheita das plantas em 8 m de cinco linhas centrais em cada parcela, totalizando uma área amostral de 20m². Não apresentando diferença estatística entre as classes de solo, porém o LV apresentou a maior média. Não foi realizada análise estatística incluindo a classe de solo FF, pois neste solo foi semeada outra variedade.

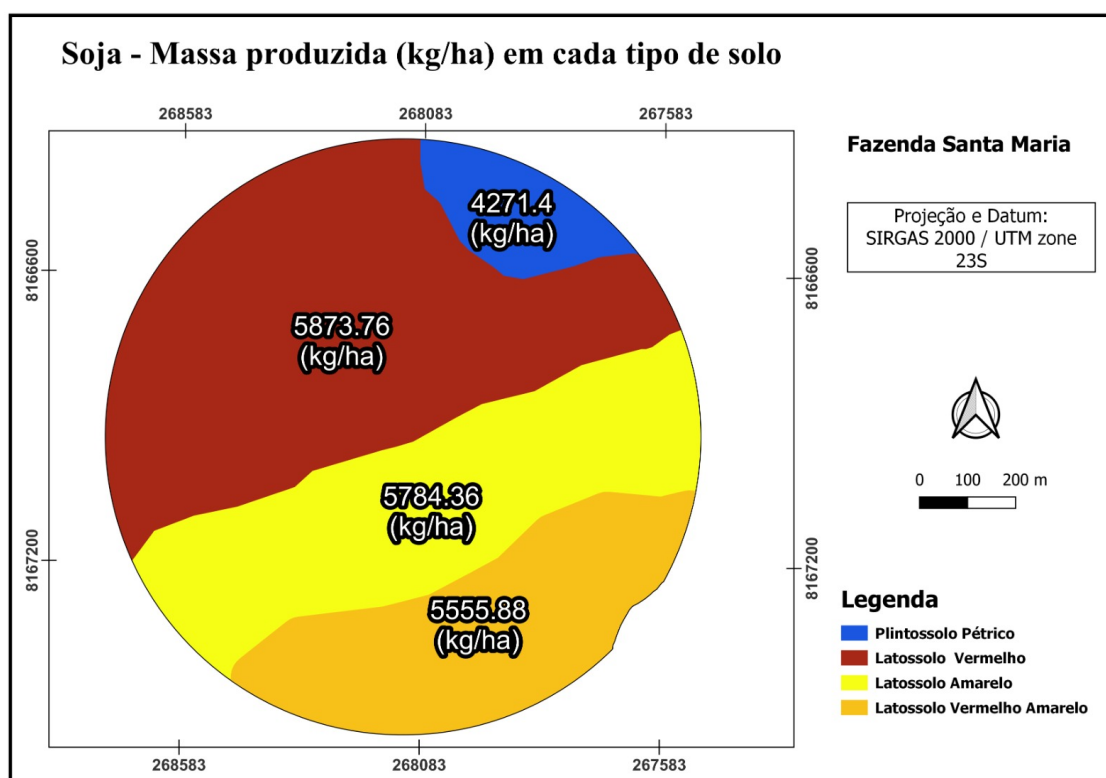
Tabela 8 – Estudo da influência dos diferentes tipos de solo sobre o peso de mil grãos – PMG e a Produtividade

Variável	Tipos de Solos			Valor de <i>P</i>
	Latossolo Vermelho	Latossolo Amarelo	Latossolo Vermelho-Amarelo	
PMG	182,15 a	189,62 a	171,45 b	0,0011
Produtividade	5873,76 a	5784,36 a	5555,88 a	0,8903

*Médias seguidas por uma mesma letra na mesma linha não diferem entre si a um nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Em função da variabilidade dos solos encontrados na área em questão, houve oscilações na produtividade dos solos, a Figura 4, apresenta a produtividade geral por mancha de solo em (Kg/ha).

Figura 4 – Produtividade por classe de solo.



Fonte: LEMOS, 2022. Adaptado.

Com base na Figura 4, as produtividades por manchas de solo, foram respectivamente 97,89 sc/ha no LV, 96,4 sc/ha no LA, 92,6 no LVA e 71,2 sc/ha no FF. Apresentando a seguinte ordem de produtividade LV>LA>LVA>FF.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de plintita e petroplintita na composição da fração sólida do FF sobre estimou os teores de P, K, Ca e os valor de CTC efetiva nas camadas de 20-40 e 80-100 cm;

A presença de concreções ferruginosas no FF permitiu maior acúmulo de B na camada de 80-100 cm do solo;

Houve diferenças na extração e na exportação de nutrientes pela variedade Desafio nos diferentes tipos de solos;

A ordem de extração e exportação foi respectivamente – LA>LV>LVA e LA>LVA>LV;

Não houve diferença na produtividade da variedade DESAFIO entre os três latossolos estudados em anos de boa distribuição de precipitação pluviométrica.

REFERÊNCIAS

ANTONIAZZI, L. *et al.* Tecnologias na agricultura brasileira e potenciais para cooperação com a África: contribuição para diálogos julho. **Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais - ICONE**, p. 1-62, 2013. Disponível em: [http://agroicone.com.br/\\$res/arquivos/pdf/140718093644_Tecnologias%20na%20Agricultura%20Brasileira%20e%20Potencial%20de%20Cooperacao%20c%20Africa%20-%20alta.pdf](http://agroicone.com.br/$res/arquivos/pdf/140718093644_Tecnologias%20na%20Agricultura%20Brasileira%20e%20Potencial%20de%20Cooperacao%20c%20Africa%20-%20alta.pdf). Acesso em: 15 maio 2022.

BARCELLOS, J. O. J *et al.* **A empresa rural do século XXI no contexto do agronegócio brasileiro**. 2010. Disponível em: http://www.ufrgs.br/nespro/sysdownloads/arquivos/outros/A_EMP_RURAL_DO_SECULO_XXI.pdf. Acesso em: 15 maio 2022.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern soybean varieties. **Agronomy Journal**, v.107, n. 2, p. 563-573, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj14.0435>. Acesso em: 20 maio 2023.

BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A. **Absorção de nutrientes pela soja**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1977.

CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. **Inventário Florestal de Minas Gerais: monitoramento da flora nativa 2005-2007**. 2. ed. Lavras, MG: Editora UFLA, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos, Safra 2022/23. 9º Levantamento, 2023**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>. Acesso em: 01 jun. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Portal Informações Agropecuárias: Soja**, 2021. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>. Acesso em: 01 jun. 2022.

DO NASCIMENTO, R. *et al.* Crescimento e teores de clorofila e carotenóides em três cultivares de soja em função da adubação com magnésio. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 364-369, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226745020.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2023.

DOS SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil**. [Londrina], 2014.

EKENLER, M.; TABATABAI, M. A. Effects of liming and tillage systems on microbial biomass and glycosidases in soils. **Biology and Fertility of Soils**, v.39, p.51-61, 2003. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00374-003-0664-8>. Acesso em: 20 maio 2023.

EVENHUIS, B.; WAARD, P. W. F. Principles and practices in plant analysis. **FAO solos Bula**, v. 38, n. 1, p. 152-63, 1980.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. **Embrapa**, p. 1-9, 2007.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de Solos de Minas Gerais: legenda expandida**. [Belo Horizonte], 2010.

FERNANDES, A. L. *et al.* Fontes de boro na produção do cafeeiro em solo de Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1-8, 2012. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3669>. Acesso em: 02 jun. 2023.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-35, 2019. Disponível em: <http://biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>. Acesso em: 17 jun. 2023.

FILLIPI, D.; TIERCHR, T. Extração ou exportação de nutrientes pelas plantas 2019. Disponível em: <https://maissoja.com.br/extracao-ou-exportacao-de-nutrientes-pelas-plantas/>. Acesso em: 05 fev. 2022.

FLANNERY, R. L. The use of maximum research in soybean production. In: MUNSON, R.D. **The physiology, biochemistry, nutrition and bioengineering of soybeans: implications for future management**. Norcross: PPI/PPIC, p. 160-74, 1989.

FLOSS, E. L.; FLOSS, L. G. Maximizando a produtividade da soja. **Tecnologias Aplicadas para o Manejo Rentável e Eficiente da Cultura da Soja**, p. 227-550, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Amanda-Martins->

11/publication/363885268_Fertilidade_do_solo_e_nutricao_para_cultura_da_soja/links/63335a0913096c2907d43c95/Fertilidade-do-solo-e-nutricao-para-cultura-da-soja.pdf#page=228. Acesso em: 20 jun. 2023.

FLOSS, L. G. Marcha de absorção, extração e exportação de nutrientes pela cultura da soja. **Relatório de pesquisa**. Passo Fundo: Grupo Floss, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisas**: Censo Agropecuário. [Rio de Janeiro], 2014. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=CA&z=t&o=11>. Acesso em: 15 maio 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agropecuária**. [Rio de Janeiro], 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>. Acesso em: 01 jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de dados estatísticos**. [Rio de Janeiro], 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br%3E/>. Acesso em: 01 jun. 2022.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; ALVAREZ, V. V. H. Interpretação de resultados de análise foliar. **Embrapa**, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/252841/1/DOC200574.pdf>. Acesso em: 27 maio 2023.

LEMONS, W. R. T. **Rendimento da Cultura do Trigo em Diferentes Classes de Solos Cultivado Sob Sistema Irrigado em Água Fria de Goiás**. 2022. 32p. (Graduação em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Unaí, Minas Gerais, 2022.

LEPSCH, I. F. 19 lições de pedologia. **Oficina de textos**, 2021.

LUMBRERAS, J. F. *et al.* Potencialidades e limitações ao uso agrícola de solos do Matopiba. **Embrapa Solos - Artigo em anais de congresso**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, v. 35, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1036024>. Acesso em: 08 jun. 2023.

MALAVOLTA, E.; CRUZ, V. F. da. A meaning for foliar diagnosis. In: SAMISH, R. **Recent advances in plant nutrition**. New York: Gordon & Breach Science, v. 1, p. 1-13, 1971. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19721901596>. Acesso em: 01 jun. 2023.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional da plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba, SP: Editora POTAFOS, 1997.

MAPA de solos do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. Mapa color, escala 1: 5.000.000. 1 CD-ROM.

MOREIRA, C. Difusão Simples. **Revista de Ciência Elementar**, v. 2, n. 2, p. 144, 2014. Disponível em:

https://web.archive.org/web/20220227070059id_/https://rce.casadasciencias.org/rceapp/static/docs/artigos/2014-144.pdf. Acesso em: 12 jun. 2023.

MOURA, L. do C. *et al.* A aptidão agrícola das terras do município de Machado/MG e a cafeicultura. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 17, n. 28, p. 141-162, 2007. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/3569>. Acesso em: 05 maio 2023.

MUNSELL soil color charts. New Windsor: Kollmorgen Instruments-Macbeth Division, 1994.

NAIME, U. J. *et al.* Avaliação da aptidão agrícola das terras da Zona Campos das Vertentes-MG. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, p. 1-58, 2006.

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

NAIME, U. J. *et al.* Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da região geoeconômica de Brasília - Minas Gerais. **Embrapa**, v. 1, p. 140, 1998.

NASCIMENTO, P. C. do; GIASSON, E.; INDA JÚNIOR, A. V. **Aptidão de uso dos solos e meio ambiente**. In: AZEVEDO, A. C. de; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. de A. Fórum Solos & ambiente. Santa Maria: Pallotti, p. 41-57, 2004.

NIKKEL, M.; LIMA, S. O. Distribuição espacial da matéria orgânica do solo sob o uso de diferentes pivôs centrais. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 3, p. 56-64, 2017. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/17867>. Acesso em: 02 maio 2023.

PÁDUA JÚNIOR, A. L.; ANDRADE, A. M.; MORAES, M. F. Ambientes de produção para culturas na região do Cerrado. In: FLORES, R. A. *et al.* **Nutrição e Adubação de Grandes Culturas na Região do Cerrado**. SBCS, 2019.

PAPA, R. A. *et al.* Qualidade de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos sob vegetação nativa de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 564-71, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/nhK3wr9Nr3j5pfmNpvdvfyB/?lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2023.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. 2. ed. São Paulo, SP: Editora Castro, 2004.

PROCHNOW, L. I; ROSSI, F. **Análise de solo e recomendação de calagem e adubação. Capacitação Técnica Profissional**. p. 1-175, 2009.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação. **Embrapa Solos**, p. 1-36, 1999.

SANTOS, F. C. dos *et al.* Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.

5, p. 2015-25, 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/CntrPDkBryjS9frSFnkb65k/?format=html>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SEBRAE MINAS. **Diagnóstico do Município de Unaí**. Belo Horizonte, 1999. 172 p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenaz, v. 1, 2009.

SEIXAS, C. D. S. *et al.* **Tecnologias de produção de soja**. 2020.

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, R. E.; UBERTI, A. A. A. Avaliação da aptidão agrícola das terras como subsídio ao assentamento de famílias rurais, utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 34, n. 6, p. 1977-1990, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/VxwNtDnnCh4MxzSjRVkRPwB/?lang=pt>. Acesso em: 17 jun. 2023.

SILVA, V. A. **Mapa de solos, conhecimento de campo, inventário florestal e zoneamento ecológico-econômico como base para a aptidão agrícola das terras em Minas Gerais elaborada em SIG**. 101 f. (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/14050/Tese_Vladimir%20Antonio%20Silva%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 01 ago. 2022.

UNAÍ. In: Wikipédia, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2023. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Una%C3%AD&oldid=65017283>. Acesso em: 2 jan. 2023.

YAMADA, T. Adubação da soja para alta produtividade: implantação de programa de monitoramento nutricional. Piracicaba: Potafós. **Informações Agronômicas**, n. 86, p.1-7, 1999.