



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETÁRIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

HUGO SÉRGIO RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO E INCREMENTO DA
PRODUTIVIDADE COM O USO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO**

URUTAÍ – GOIÁS, 2021.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO E INCREMENTO DA
PRODUTIVIDADE COM O USO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO**

HUGO SÉRGIO RIBEIRO

ORIENTADORA: Rônega Boa Sorte Vargas

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrícola, sob orientação da MsC. Rônega Boa Sorte Vargas.

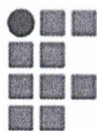
URUTAÍ – GOIÁS, 2021.

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Ribeiro , Hugo Sérgio
RR484a Avaliação da Fertilidade do Solo e Incremento da
Produtividade com uso da Agricultura de Precisão /
Hugo Sérgio Ribeiro ; orientadora Rônegia Boa Sorte
Vargas . -- Urutaí, 2021.
21 p.

Monografia (Graduação em Bacharel em Engenharia
Agrícola) -- Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí,
2021.

1. Agricultura de precisão. 2. Fertilidade . 3.
Produtividade . I. Vargas , Rônegia Boa Sorte ,
orient. II. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Hugo Sérgio Ribeiro

Matrícula: 2013101200640011

Título do Trabalho: Avaliação da Fertilidade do Solo e Incremento da Produtividade com o uso da Agricultura de Precisão

Restrições de Acesso ao DocumentoDocumento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 12/03/2021

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ NãoO documento pode vir a ser publicado como livro? ☒ Sim ☐ Não**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

Orizona, 10/03/2021.
Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS URUTAÍ
COORDENAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO / BACHARELADO EM
ENGENHARIA
AGRÍCOLA**

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) **três dias do mês de março de 2021**, às **19:00** horas, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: **Profa. Ma. Rônega Boa Sorte Vargas (orientadora)**, **Prof. Me. Victor Tomaz de Oliveira (membro)**, para examinar o Trabalho de Curso intitulado “**AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO E INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE COM O USO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO**” do(a) estudante **HUGO SÉRGIO RIBEIRO** do Curso de Engenharia Agrícola do IF Goiano – Campus Urutaí. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do(a) candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Prof. Ma. Rônega Boa Sorte Vargas

Prof. Me. Victor Tomaz de Oliveira

Me. José Antônio de Paula Oliveira

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO E INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE COM O USO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Hugo Sérgio Ribeiro ¹, Rônega Boa Sorte Vagas².

**¹Acadêmico de Engenharia Agrícola, Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí
(hugosergio1995@hotmail.com)**

**²Professora em Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus
Urutaí (ronega.boasorte@ifgoiano.edu.br)**

RESUMO

A Agricultura de Precisão tem contribuído para enfrentar o desafio de produzir alimentos de forma sustentável e atender às demandas mundiais, sendo capaz de extrair maiores produtividades em menores áreas. Neste estudo avaliou-se a influência da adoção da Agricultura de Precisão sob a homogeneização dos parâmetros químicos do solo que indicam fertilidade. Foi realizado o acompanhamento da área durante quatro anos da implantação desta tecnologia, observando as análises de solo e realizando a devida adubação segundo a recomendação. Os dados coletados durante os quatro anos de estudos foram analisados no software R, sob o teste de média de LSD à 5% de significância. Os resultados demonstraram que a adoção dessa tecnologia é responsável pelo aumento dos parâmetros químicos do solo e da produtividade.

Palavras-chaves: Agricultura de Precisão, fósforo, saturação por bases e aumento da produtividade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO.....	9
2.1 Objetivo geral.....	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
3. REVISÃO DE LITERATURA	10
3.1 Importância da reposição de nutrientes ao solo	10
3.2 Agricultura de Precisão (AP)	10
3.3 Utilização eficiente dos fertilizantes e corretivos do solo.....	11
3.4 Parâmetros de fertilidade do solo avaliados neste trabalho.....	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
6. CONCLUSÕES.....	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1. INTRODUÇÃO

A agricultura mundial tem o desafio de garantir a segurança alimentar, fornecendo alimentos, fibras e energia limpa de forma sustentável (MASSRUHÁ *et al.*, 2020). O Brasil ao longo das últimas décadas, vem se consolidando como um dos principais produtores de alimentos do mundo. Neste contexto, o avanço da tecnologia tem sido responsável pelos resultados obtidos no campo. Atualmente o Brasil é um dos principais produtores mundiais de soja, farelo de soja, açúcar, café, celulose, carne bovina e de frango (FAO, 2017).

Para enfrentar o desafio de produzir alimentos de forma sustentável e atender às demandas mundiais, a agricultura futura precisará aumentar a produtividade, extraindo o máximo de produtividade em menores áreas (BASSOI *et al.*, 2019). Diante de todos os desafios apresentados na agricultura, principalmente o de aumentar a produção sem ampliar área, torna-se necessário cada vez mais o uso intenso de novas tecnologias, o que permite trabalhar o solo de forma sustentável (MASSRUHÁ *et al.*, 2020).

O solo é um meio formado por componentes químicos, físicos e biológicos, sob influência das condições climáticas e das práticas de manejo adotadas (VARASCHINI, 2012). O manejo adotado pelo homem interfere diretamente nos componentes do solo, e nos permitem entender a evolução da fertilidade, e, também explicar os índices crescentes de produtividade obtidos nos últimos anos.

O interesse em avaliar a fertilidade do solo tem aumentado, por ser considerada aspecto fundamental na manutenção e na sustentabilidade dos sistemas agrícolas (VARASCHINI, 2012). Por isso, práticas como a Agricultura de Precisão (AP) visam maximizar a produtividade com a melhor utilização dos fertilizantes e corretivos agrícolas, além de potencializar o rendimento da cultura e também diminuir os custos de produção (VARASCHINI, 2012).

Desta forma, este estudo busca acompanhar a fertilidade do solo e explicar a interferência da adoção da AP, como sendo a responsável pela elevação da fertilidade obtida através das aplicações de corretivos utilizando a taxa variável.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste trabalho é analisar a evolução dos parâmetros químicos do solo que indicam fertilidade, buscando entender a interferência da adoção da Agricultura de Precisão, relacionando-o com o incremento da produtividade.

2.2 Objetivos específicos

- Discutir como a AP pode auxiliar no manejo da fertilidade do solo e na melhoria da eficiência do uso de nutrientes;
- Analisar a evolução dos níveis de fertilidade do solo;
- Analisar as semelhanças e diferenças estatísticas dos parâmetros químicos do solo durante 4 anos, amostrados sob a mesma grade amostral (Fig. 2);
- Fazer um paralelo entre a aplicação eficiente dos fertilizantes e o aumento da produtividade;
- Demonstrar a homogeneização da fertilidade do talhão, a partir da aplicação em taxa variável.

3. REVISÃO DE LITERATURA

“Embora o manejo do solo tradicionalmente adotado pelos agricultores seja uniforme em uma determinada área ou gleba, a resposta a esse manejo será diferenciada em função do histórico da área e das diferentes práticas (erosões, compactações, erros anteriores na aplicação de insumos – sub fertilizações ou super fertilizações, histórico de colheitas e exportações de nutrientes, entre outros) (VARASCHINI, 2012).”

“A variabilidade na produtividade de uma cultura dentro do campo pode ser inerente do solo, clima ou induzida pelo manejo. Entre modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo causadas por práticas de manejo, estão a compactação do solo pelas máquinas agrícolas e a variabilidade no estande das culturas e nos teores de nutrientes no solo devido à aplicação desuniforme de sementes, fertilizantes ou corretivos (VARASCHINI, 2012)”

3.1 Importância da reposição de nutrientes ao solo

A fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis pela produtividade das áreas destinadas a produção de alimentos. Além dos nutrientes serem exportados para as plantas, eles se perdem naturalmente pela ação das chuvas. Esse processo é conhecido como lixiviação e acontece quando a água infiltra no solo e carrega os nutrientes, afastando-os da zona de absorção da raiz (EMBRAPA, 2010).

Quando esses fatores acontecem, a fertilidade se perde e leva ao empobrecimento do solo (VARASCHINI, 2012). Por isso, as quantidades de nutrientes necessários para a cultura devem ser observadas a partir das análises de solo (VARASCHINI, 2012).

3.2 Agricultura de Precisão (AP)

A Agricultura de Precisão (AP) apresenta-se como uma moderna ferramenta para auxiliar o produtor na definição das melhores estratégias de manejo a serem adotadas, visando aumentar a eficiência da atividade agrícola. Especificamente, no manejo do solo, a AP tem como principal conceito aplicar no local correto (espaço), no momento adequado (tempo), as quantidades de insumos necessários (quantidade) à produção agrícola, para áreas cada vez menores e mais homogêneas, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos o permitam (VARASCHINI, 2012).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), ao instituir a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP), definiu a Agricultura de Precisão como “um sistema de gerenciamento agrícola baseada na variação espacial e temporal da

unidade produtiva que visa o aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente” (EMBRAPA, 2012).

“Assim, a adoção de técnicas e tecnologias com maior precisão para o manejo adequado dos biomas, ecossistemas e agro ecossistemas pode reduzir o impacto ambiental das atividades agrícolas de maneira significativa, com o uso das terras segundo sua aptidão agrícola, com uma aplicação eficiente dos insumos utilizados” (VARASCHINI, 2012).

3.3 Utilização eficiente dos fertilizantes e corretivos do solo

Tradicionalmente o manejo do solo tem sido realizado utilizando as aplicações em taxa fixa, onde a amostragem composta é realizada em todo talhão, como se não houvesse variação no espaço. Esse manejo tem mostrado limitações quando consideramos o custo benefício, bem como apresentar a super fertilização ou sub fertilização da área.

Para que a recomendação e a utilização dos fertilizantes sejam eficientes, é necessário a adoção de ferramentas da AP, que conseguem medir a disponibilidade do solo e a necessidade da cultura em todo o espaço amostral, aplicando as doses de acordo com a necessidade da cultura (taxa variável) (SOLARI, 2016). Diferentemente da aplicação em taxa fixa, a aplicação em taxa variável, possibilita melhores produtividades pela eficiência do uso de nutrientes, com simultânea redução de poluição ambiental (BERNARDI, 2014).

3.4 Parâmetros de fertilidade do solo avaliados neste trabalho

O fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (GRANT *et al.*, 2011). É também componente estrutural. As limitações na disponibilidade de fósforo no solo, pode resultar em restrições no início do desenvolvimento vegetal da cultura, o que afetará até posteriormente, podendo não ser recuperável (GRANT *et al.*, 2011).

Apesar do efeito dominante no suprimento de P nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura, é importante que seu fornecimento continue também nas fases posteriores (GRANT *et al.*, 2011). Por isso, é de suma importância a correção e a manutenção do fósforo no solo, que deverá estar disponível durante todo o ciclo da cultura.

A saturação por bases é um indicativo das condições gerais da fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos (RONQUIM, 2012). “Os solos podem ser classificados de acordo com sua saturação, sendo elas: solos eutróficos (férteis), V%

igual ou acima de 50%; solos distróficos (pouco férteis) V% abaixo de 50% (RONQUIM, 2012)”.

Um índice baixo de saturação por bases, significa que há pequenas quantidades de cálcio, magnésio e potássio, saturando as cargas negativas dos colóides, na qual a maioria está sendo neutralizada pelo hidrogênio e pelo alumínio, que são nutrientes tóxicos às plantas (RONQUIM, 2012). A maioria das culturas apresenta melhores produtividades em solos entre 50 e 80% (EMBRAPA, 2012).

As argilas minerais, as substâncias húmicas, os óxidos de ferro e o alumínio possuem superfície de troca e são os principais colóides responsáveis pela capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos (RONQUIM, 2010). A CTC representa a quantidade total de cátions (cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio e alumínio) retidos à superfície desses materiais.

Se a maior parte da CTC do solo estiver ocupada por cátions essenciais (cálcio, magnésio e potássio), pode-se dizer que esse é um solo adequado para a nutrição das plantas, por outro lado, se a CTC estiver ocupada por cátions tóxicos como hidrogênio e alumínio, este será um solo pobre (RONQUIM, 2010).

O Cálcio é um elemento essencial primário, que é disponibilizado pela utilização do calcário, que além de disponibilizar cálcio também é responsável pela elevação do pH. Klaus (2007) considera que o Ca é um nutriente importante para as plantas e que a remoção pelas culturas e a lixiviação gera a acidificação do solo. Além disso, o Ca melhora a estrutura, a permeabilidade e a infiltração de água no solo, bem como auxilia a planta a suportar o estresse pela salinidade dos solos (KLAUS, 2007).

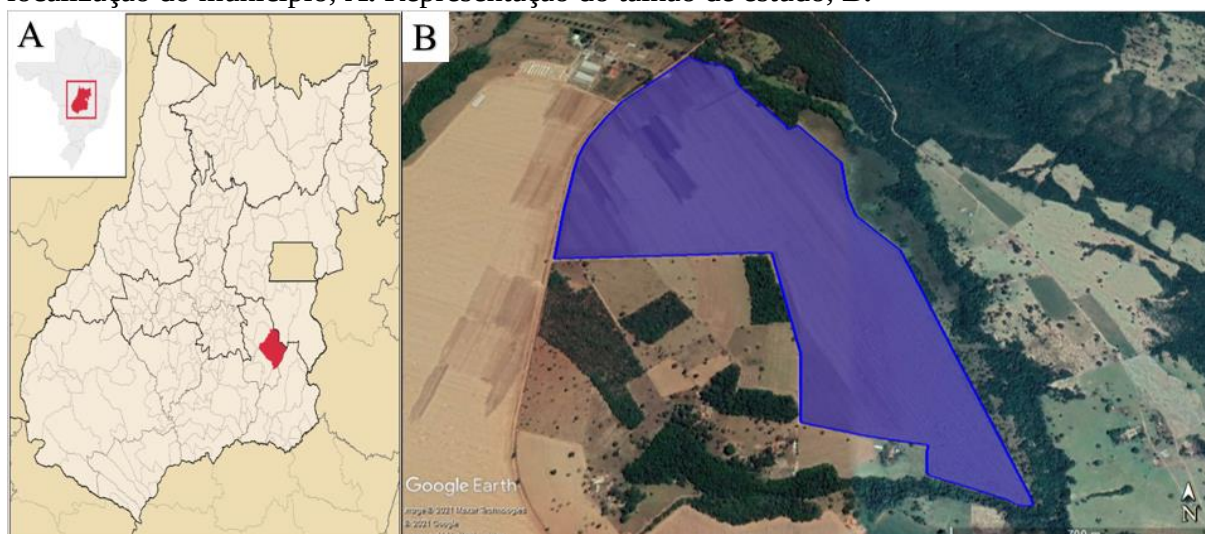
O magnésio (Mg) é um macronutriente secundário utilizado pelas plantas e sua principal função é ser o átomo central da molécula de clorofila, que é responsável pela absorção de luz e transferência de energia na fotossíntese (MULTIPRIME, 2021). O magnésio também auxilia no acúmulo de sacarose das folhas, ampliando o acréscimo de açúcar nos tecidos de reserva. Segundo MELO (2010) o Mg é um elemento móvel na planta, por isso os sintomas de deficiência aparecem nas folhas maduras. Os teores podem ser supridos pela distribuição de calcário e gesso agrícola.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização do talhão

O presente estudo foi realizado em área total de 87,5 hectares, para caracterização da área neste estudo, este talhão foi denominado de Lado Direito. Localizado na Rodovia Orizona à Maniratuba, km 28 no município de Orizona – GO, 16° 52' 52" Sul, 48° 7' 12" Oeste, na região Sudoeste Goiano, com altitude média de 850m como demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Imagens ilustrativas sobre a localização da área de estudo. Representação da localização do município, **A**. Representação do talhão de estudo, **B**.

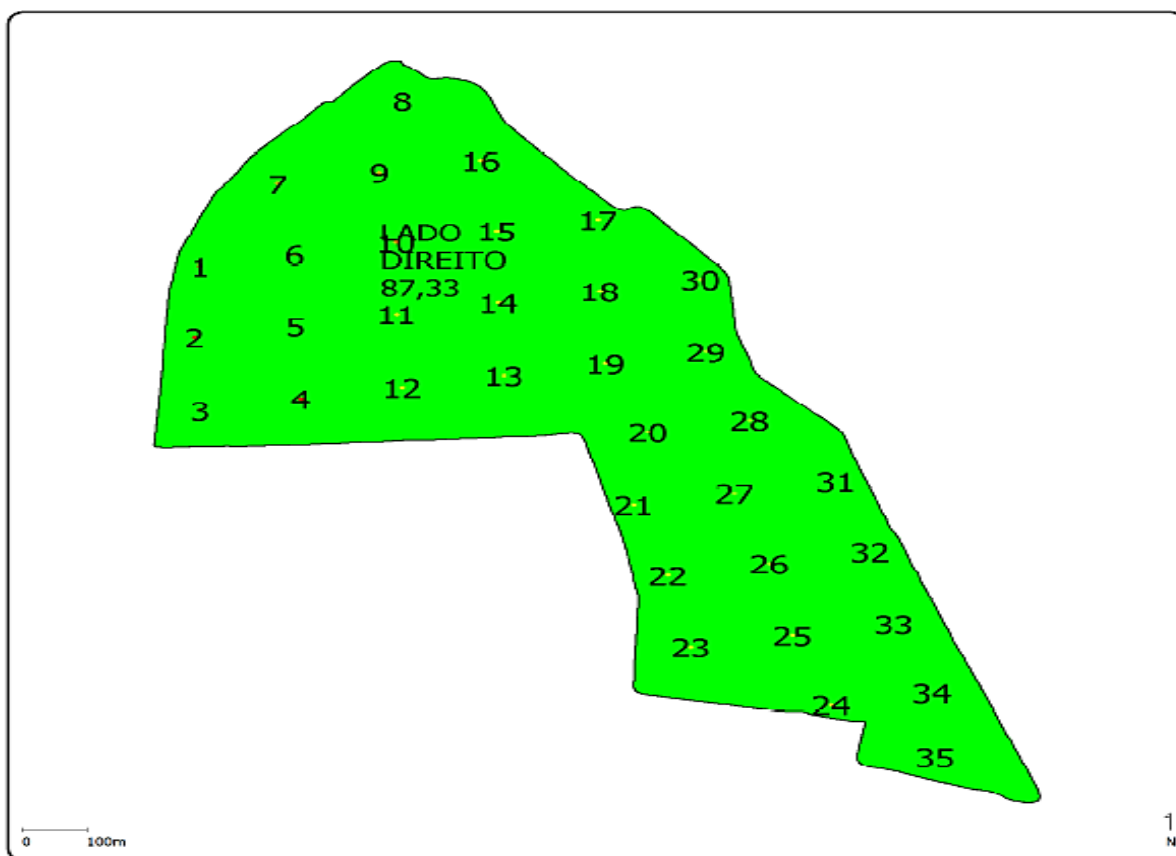


Fonte: Google Earth (2020).

4.2 Metodologia de amostragem e de aplicação dos fertilizantes e corretivos

Para realização da amostragem foi necessário a elaboração de um mapa georreferenciado, para inserção do grid, que é responsável por posicionar sobre uma área, uma quantidade de pontos amostrais equidistantes entre si (que neste trabalho foi de 2,5 ha) dando assim o ponto exato de coleta (Fig. 2). O talhão possui uma área total de 87,5 ha, assim foram coletados 35 pontos, no qual cada ponto representa uma amostra de solo composta de 10 a 15 sub-amostras, coletada no perfil de 0 – 20 superficiais do solo.

Figura 2 – Grade amostral utilizada para a obtenção das amostras



Fonte: TERRA AGRONEGOCIOS (2020).

As amostras foram coletadas com o auxílio de uma furadeira com broca específica para coleta de solo e copo coletor, posteriormente foram colocadas em embalagens específicas, previamente identificadas, e, enviadas ao Laboratório. A empresa Terra Agronegócio é franquiada da Gestão em Agronegócio e Agricultura de Precisão (GEAAP) que é responsável pelas análises, após as coletas.

Após os resultados das análises, os dados são interpretados através de um software de precisão para agricultura, denominado SMS®, desenvolvido pelo grupo Ag Leader. Este é responsável por interpolar os dados de cada ponto de amostragem e gerar o mapa de fertilidade. A partir deste mapa, é construído o mapa de aplicação em taxa variável. Os mapas são transferidos para o sistema da máquina, responsável pela aplicação, que atua diretamente sobre as variações espaciais e temporais, comandando as decisões de variação da aplicação, processando os dados dos sensores e os dados inseridos pelo usuário aplicando-se, portanto, a dose necessária.

4.3 Parâmetros avaliados

Neste projeto, avaliamos os parâmetros químicos do solo, que podem indicar o nível de fertilidade do talhão: fósforo (P), saturação por bases (V%), capacidade de troca de cátions (CTC), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). Os estudos destes parâmetros foram feitos durante quatro safras, sendo essas 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021.

4.4 Descrição dos anos de amostragens e metodologias de distribuição adotadas

Na Tabela 1, ilustramos as metodologias de distribuição que foram adotadas durante o período de avaliação. No primeiro ano (2017/2018), as coletas foram feitas antes da semeadura da soja, os resultados obtidos eram oriundos da agricultura convencional (AC) que era adotada, ou seja, distribuição em taxa fixa.

A partir do primeiro ano de acompanhamento deste talhão, passou-se a utilizar a AP, tendo base a aplicação em taxa variável para a distribuição de fertilizantes nessa área. Durante os 4 anos de acompanhamento, a soja foi a cultura base do estudo, que é cultivada no talhão Lado Direito.

4.5 Elaboração dos mapas de aplicação

Após as coletas, as amostras foram enviadas ao Laboratório (GEAAP) em Uberlândia, que é responsável pelas análises. A partir dos resultados das análises de solo, utilizando os critérios de avaliação e critérios de interpretação, foram elaborados os mapas de aplicação com suas referidas quantidades de corretivos a serem utilizadas.

4.6 Metodologia estatística utilizada para interpretação dos dados

Após a coleta dos dados referente às 35 amostras, repetidas durante os 4 anos de estudo, os resultados dos parâmetros químicos do solo (Fósforo, Cálcio, Saturação por Base e Capacidade de Troca Catiônica) foram tabulados no Excel e posteriormente foram analisados no software R Statistics sob o teste de média LSD à 5% de significância.

Primeiramente realizamos o teste F preliminar para saber qual teste de média utilizar, ao realizarmos esse procedimento, foi possível observar que o melhor teste que se encaixava nos padrões dos dados é LSD.

O teste de Fisher (LSD) é um método utilizado para comparar todos pares de médias dos dados amostrais. Esse método controla a taxa de erro ao nível de significância 0,05. O teste compara os dados, dois a dois, mas não controla a taxa de erro experimental. O procedimento

de Fisher consiste em realizar testes t múltiplos, cada um ao nível de significância 0,05, somente se o teste F preliminar é significativo ao nível de 0,05 (CUNHA, 2018).

Para os dados de produtividade da soja, foi realizado uma média anual (sc/ha) de todo o talhão e posteriormente estes foram tabulados também no Excel e construído um gráfico, para facilitar a visualização e interpretação durante as quatro safras de acompanhamento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para facilitar a interpretação do comportamento da fertilidade do solo, bem como entender o rendimento obtido com a cultura de grãos, é importante conhecer a evolução histórica dos níveis de fertilidade, e buscar explicar esta evolução. Na Tabela 1, buscamos compreender como os parâmetros químicos do solo estão sendo influenciados após a adoção da Agricultura de Precisão no talhão de estudo.

Tabela 1 – Análise estatística dos parâmetros químicos: Fósforo (P), Saturação do solo (V%), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Cálcio (Ca), durante quatro safras no talhão de estudo.

Parâmetro	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	CV (%)	P-valor
P (mg/dm ³)	47,00 b	62,7 b	69,56 a	70,35 a	37,43	0,77
V (%)	64,27 b	60,22 b	67,82 b	71,76 a	8,96	0,31
CTC (mmol/dm ³)	62,93 b	65,60 b	63,10 b	70,15 a	10,91	0,036
Ca (mmol/dm ³)	24,93 c	27,72 b	27,99 b	30,66 a	19,26	0,044
Mg (mmol/dm ³)	19,82 a	13,05 b	21,15 a	19,79 a	15,53	0,075

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si estatisticamente pelo teste LSD à 5% de probabilidade por ano.

Ao analisarmos os parâmetros químicos durante os quatro anos de adoção da metodologia, podemos observar que para o Fósforo (P) os anos 1/2 e 3/4 são estatisticamente iguais entre si. Podemos observar que os anos 3 e 4 obtiveram melhores médias quando comparados aos anos 1 e 2, notando que a manutenção da disponibilidade de fósforo tem sido realizada, o que pode interferir diretamente na produtividade que está ilustrada no Gráfico 1.

Ao analisarmos a saturação por bases (V%), pode-se observar uma queda entre o ano 1 e o ano 2, porém, não houve diferença estatística. Já quando comparamos de forma geral, podemos notar que houve um incremento satisfatório no ano 4, pois o valor se diferenciou estatisticamente dos demais. O V% é um indicativo das condições gerais da fertilidade do solo. Quando observamos a tabela, podemos concluir que o solo do talhão é considerado fértil conforme especificado na literatura consultada, citada na revisão bibliográfica.

Ao analisarmos a Tabela 1 podemos inferir que com o passar dos anos, houve acréscimo da capacidade do solo em reter os cátions (cálcio, magnésio e potássio) que devem estar prontamente disponíveis para a planta. Quando comparamos estatisticamente todos os anos, o ano 4 foi o que apresentou um maior acréscimo.

Conforme ilustrado na Tabela 1, podemos ver que o índice de Cálcio aumentou durante os anos. Estatisticamente, o ano 1 apresentou menor média, diferindo dos outros anos, onde o

ano 2 e 3 obtiveram médias semelhantes quando analisados, e o ano 4 foi o que apresentou melhor resultado, obtendo média superior a 30mmol/dm³.

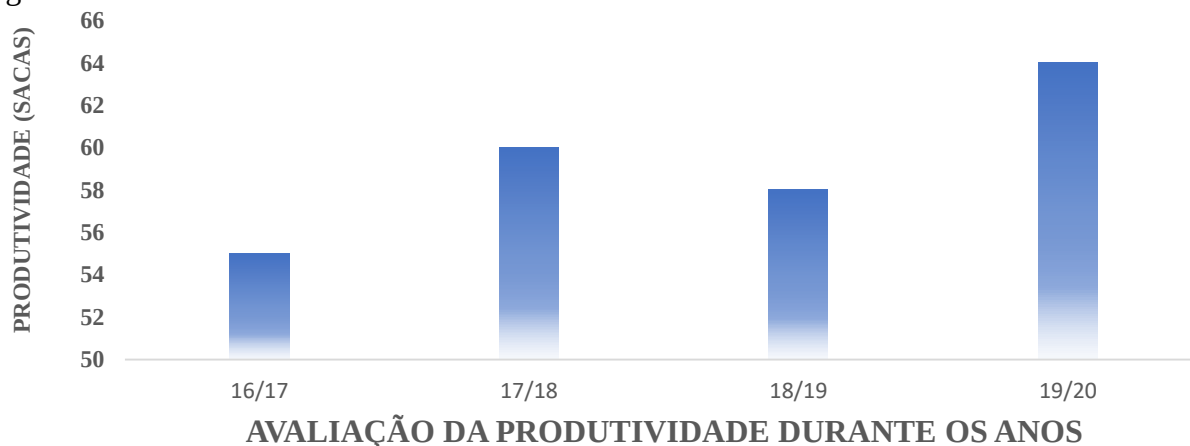
Avaliando o parâmetro Magnésio (Mg), nota-se que não houve uma grande evolução entre o ano 1 e o ano 4, estatisticamente apenas o ano 2 obteve uma menor média diferindo dos demais anos avaliados. O elemento se manteve estável e disponível no solo durante os 4 anos de estudo.

Vale destacar que a utilização de fertilizantes é importante para o estabelecimento da cultura e sua manutenção, possuindo interferência direta e positiva na produtividade (ARTUZO *et al.*, 2015; JOHNSTON, 1998). Por isso, é de suma importância o acompanhamento da disponibilidade de nutrientes no solo e a distribuição correta dos fertilizantes agrícolas. Sendo assim, torna-se fundamental a adoção de tecnologias que proporcionem a racionalidade no uso de fertilizantes (ARTUZO *et al.*, 2015).

O Gráfico 1 ilustra a produtividade durante os 4 anos de avaliação da adoção da AP no talhão Lado Direito. O resultado da produtividade, está diretamente ligada à disponibilidade dos nutrientes no solo e à extração realizada pela cultura para a produção. Mas, somente a fertilidade não é indicativo confiável para relacionar a produtividade, ainda há outros parâmetros extrínsecos, como o clima, que pode influenciar diretamente na colheita e na produtividade dos grãos.

Quando fazemos um paralelo entre os parâmetros químicos do solo e à produtividade, podemos notar que houve comprovação entre os dados, havendo acréscimo significativo entre o ano 1, quando foi implantada a tecnologia e o ano 4, último ano de estudo.

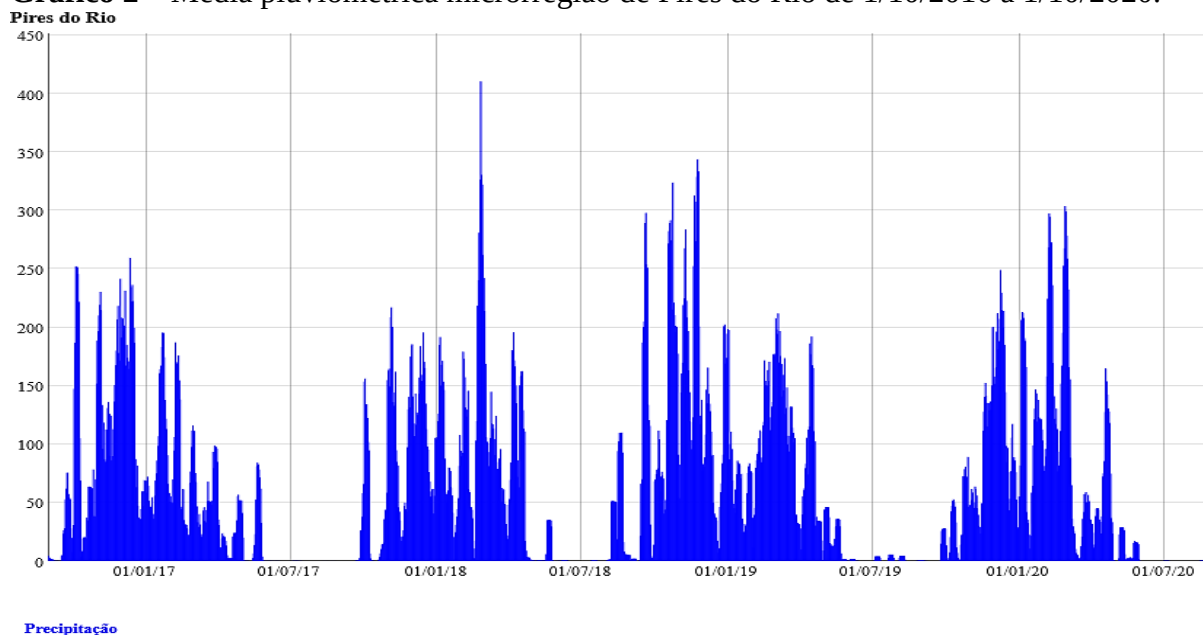
Gráfico 1 – Produtividade do talhão Lado Direito durante os anos de avaliação da adoção da Agricultura de Precisão



Fonte: RIBEIRO (2020)

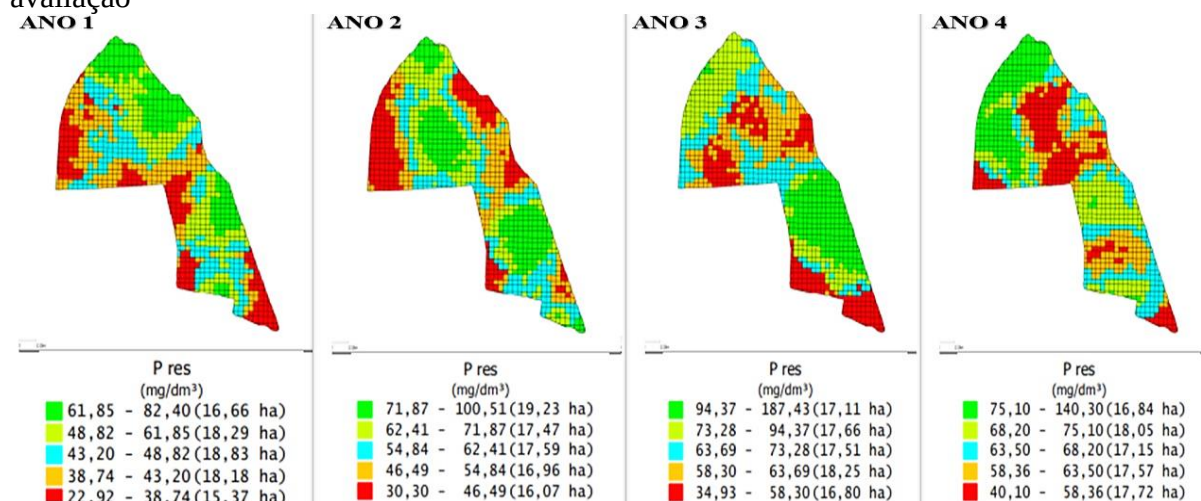
No entanto, percebe-se uma queda de produtividade do ano 2 para o ano 3 (safra 17/18 para 18/19), como citado anteriormente, existem outros fatores que estão diretamente relacionados com a produtividade e um deles de suma importância é o índice pluviométrico. A partir de um estudo com histórico de precipitação, percebeu-se que no ano 3 as culturas sofreram com intempéries, passando por um maior período de seca (veranico) em sua fase de reprodução, como consta no gráfico 2.

Gráfico 2 – Média pluviométrica microrregião de Pires do Rio de 1/10/2016 a 1/10/2020.



Fonte: AGRITEMPO (2021).

Figura 3 – Acompanhamento e evolução do fósforo (P) no solo durante os quatro anos de avaliação

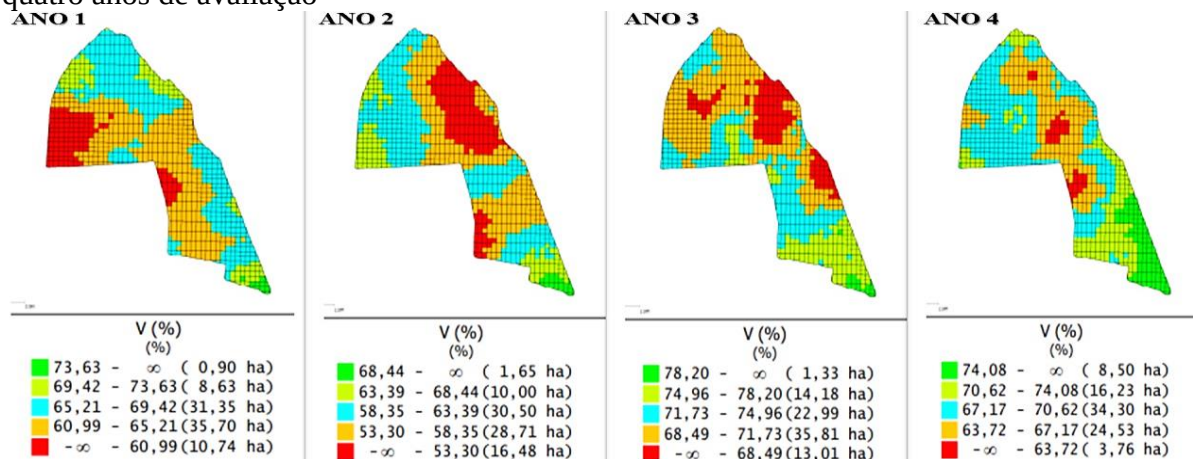


Fonte: TERRA AGRONEGOCIOS (2020).

Fazendo um paralelo entre as figuras e a tabela, podemos notar que houve um acréscimo geral das médias durante os anos conforme demonstra a legenda da imagem, onde os valores

mínimos e máximos do ano 1 para o ano 4 obtiveram uma grande evolução, permitindo uma melhor e maior eficiência da distribuição do fósforo em todo o talhão. A cor verde escura apresenta maior valor e a vermelha menor valor de fósforo. O que pode indicar que a disponibilidade do fósforo foi mais homogênea em todo o talhão, o que contribuindo para uma maior produtividade.

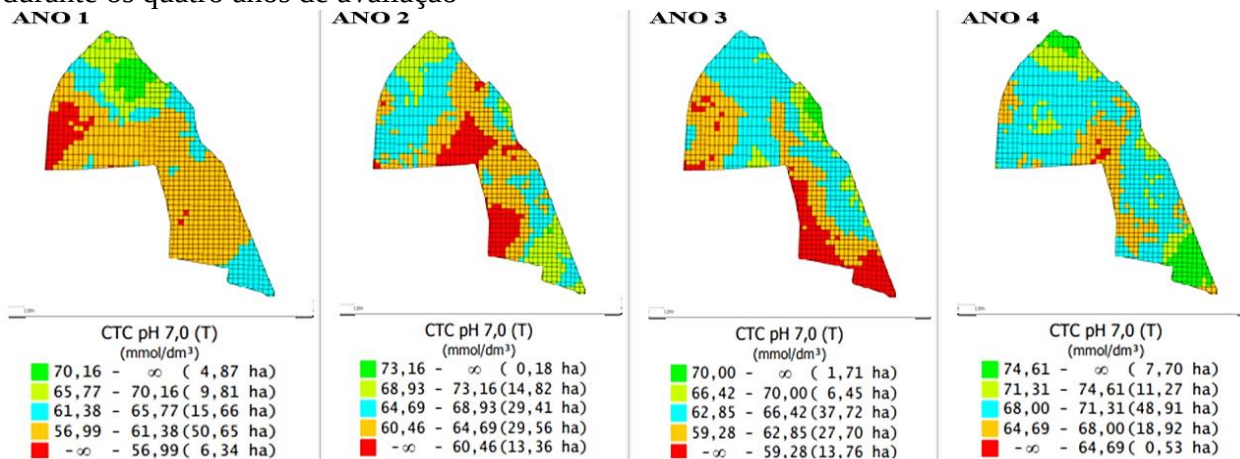
Figura 4 – Acompanhamento e evolução da saturação por bases (V%) no solo durante os quatro anos de avaliação



Fonte: TERRA AGRONEGOCIOS (2020).

Comparando a saturação por bases (V%), os valores obtidos na tabela, a produtividade atingida, e a evolução nos índices mínimos e máximos da legenda dos mapas, podemos notar que durante os anos, houve uma padronização melhor do talhão, onde as cores verde escuro, verde claro e azul, respectivamente, representam os maiores valores de V%, que é indicativo de fertilidade dos solos. Através disto, conseguimos ilustrar bem a evolução do V% durante os quatro anos de avaliação da utilização da Agricultura de Precisão.

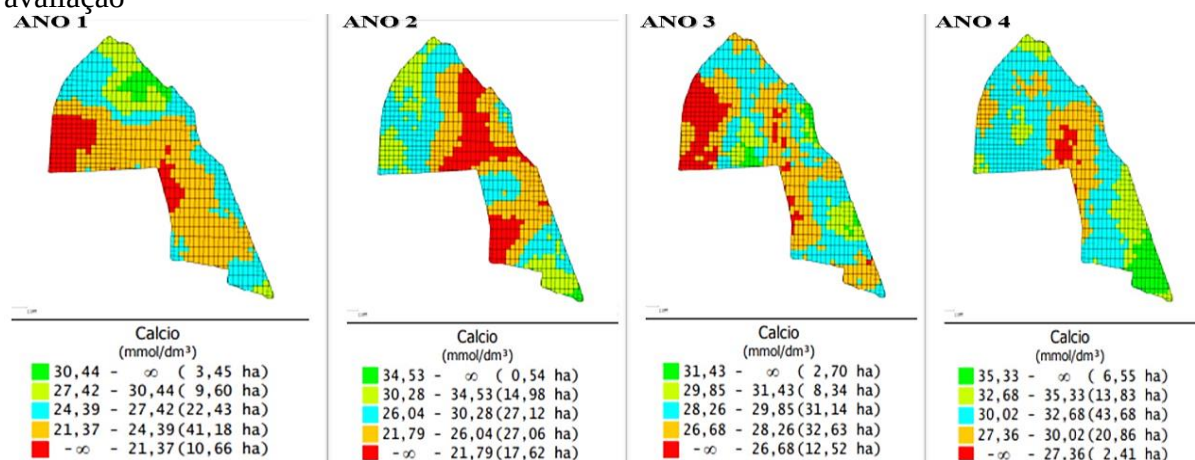
Figura 5 – Acompanhamento e evolução da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) no solo durante os quatro anos de avaliação



Fonte: TERRA AGRONEGOCIOS (2020).

Ao analisarmos a figura 5, podemos notar uma evolução semelhante as demais figuras ilustradas anteriormente. Com o passar dos anos, foi possível padronizar e aumentar a CTC em todo o talhão, percebendo uma padronização de cores em todo o talhão no ano 4, onde a cor vermelha ilustra menores valores de CTC e as demais cores ilustram maiores valores, nota –se também a evolução do valor mínimo de 56,99 (mmol/dm³) no ano 1 para 64,69 (mmol/dm³) no ano 4 indicando que há uma maior capacidade de troca catiônica, o solo apresenta maior disponibilidade dos nutrientes presentes.

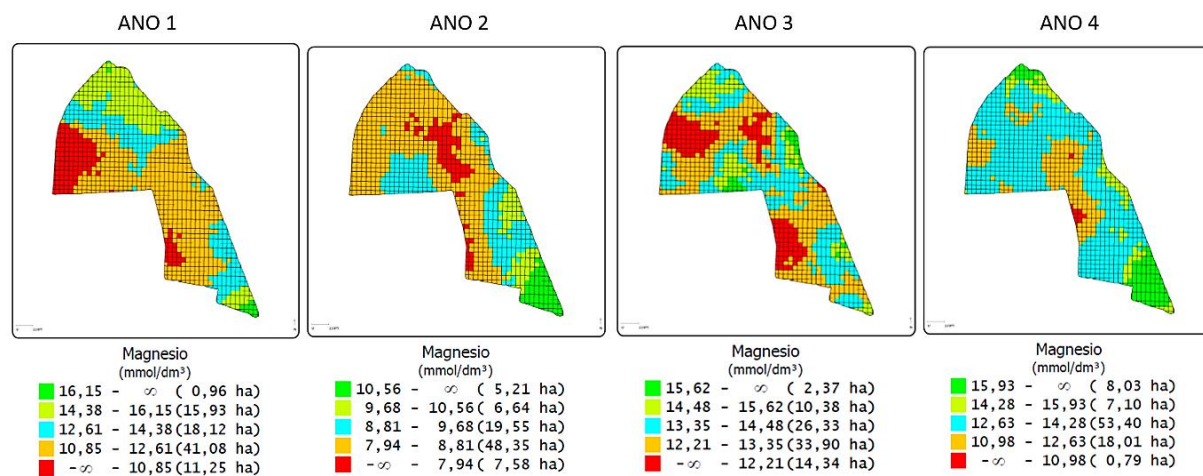
Figura 6 – Acompanhamento e evolução do Cálcio (Ca) no solo durante os quatro anos de avaliação



Fonte: TERRA AGRONEGOCIOS (2020).

Na figura 6, a disponibilidade e o comportamento do Ca no solo, quando comparamos os quatro anos de adoção da Agricultura de Precisão. O comportamento do Ca foi parecido com os demais parâmetros avaliados, onde conseguimos uma melhor padronização e aumento de médias mínimas e máximas demonstradas na legenda, aumentando a disponibilidade dos nutrientes em todo o talhão.

Figura 7 – Acompanhamento e evolução do Magnésio (Mg) no solo durante os quatro anos de avaliação



Ao analisar a figura 7, observa-se que os índices de Magnésio no solo não sofreram grande evolução como demonstrado na legenda dos mapas, mas sim com relação a distribuição uniforme por todo o talhão, notando uma grande evolução entre o ano 1 para o ano 4.

As imagens ilustradas anteriormente, corrobora com os dados apresentados na Tabela 1 e com o Gráfico 1, que foi plotado anteriormente. Indicando que a adoção da Agricultura de Precisão resulta em uma melhor padronização dos nutrientes em todo o talhão, o que colabora diretamente com a uniformidade da produção em todo o talhão de estudo.

6. CONCLUSÕES

A Agricultura de Precisão é uma ferramenta que auxilia, entre outros aspectos, na distribuição e no uso eficiente dos fertilizantes e corretivos, que podem ser responsáveis pelo aumento da produtividade e diminuição de custos. Diante do que foi avaliado e analisado durante este estudo, podemos considerar que houve uma evolução dos níveis de fertilidade dos parâmetros avaliados, acompanhada da homogeneização do talhão e aumento da produtividade.

Podemos concluir que as ferramentas de mecanização dos sistemas de produção tornaram-se fundamentais para o alcance da eficiência de trabalho e acréscimo de produtividade. Acredita-se ainda, que com o acompanhamento ano após ano do talhão e a partir da homogeneização dos níveis de fertilidade, será possível trabalhar somente a reposição dos nutrientes exportados pela cultura, resultando em redução nas doses de fertilizantes, contribuindo para a redução dos impactos ambientais, conferindo assim, uma agricultura sustentável e eficiente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRITEMPO. Sistema de monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Grafico/index.jsp?siglaUF=GO>, acesso em: 07/03/2021

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SILVA, L. X. da. Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. R. Tecnol. Soc. Curitiba, v. 13, n. 29, p. 146-161, set./dez. 2017. Disponível em: Acesso em: 28/11/2020.

BASSOI, L. H.; OLDONI, H.; MARTINS, R. L. SANTOS, T. T. Automatic grape bunch detection in vineyards based on affordable 3D phenotyping using a consumer webcam. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 11., 2017, Campinas. Ciência de dados na era da agricultura digital: anais. Campinas: Editora da Unicamp: Embrapa Informática Agropecuária, 2017. p. 89-98. SBI Agro 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1083291/1/AutomatcgrapeSBIAgro.pdf>. Acesso em: 28/11/2020.

BERNARDI, A. C. de C. et al. Aplicação de Fertilizantes a Taxas Variáveis. In: Agricultura de Precisão para o Manejo da Fertilidade do Solo em Sistema Plantio Direto. MACHADO, P. L. O. de A. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014.

BERNARDI, A.C.C *et al.* Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014. P.596.

BERNARDI, A.C.C *et al.* Estratégias de comunicação em agricultura de precisão. Perspectivas em Ciências da Informação, Belo Horizonte, v.20, n.1, p.189-200, jan./mar., 2015.

BERNARDI, A.C.C. *et al.* Variabilidade espacial de parâmetros físico-químicas do solo e biofísicos de superfície em cultivo do sorgo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.18, v.6, p. 623-630, 2014.

BRAMLEY, R. G. V. Lessons from nearly 20 years of Precision Agriculture research, development, and adoption as a guide to its appropriate application. Crop & Pasture Science, v. 60, n. 3, p. 197-217, 2009.

CASSEL, D. K.; UPCHURCH, D. R.; ANDERSON, S. H. Using regionalized variables to estimate field variability of corn yield for four tillage regimes. Soil Science Society of America Journal, v. 52, n.1, p. 222-8, 1988.

CUNHA, L.S. Testes de comparações múltiplas. Universidade Estadual de Londrina, 2018. Disponível em:

[http://www.uel.br/pessoal/lscunha/pages/arquivos/uel/Especializa%C3%A7%C3%A3o/Aula%203%20-%20TesteCM\(1\).pdf](http://www.uel.br/pessoal/lscunha/pages/arquivos/uel/Especializa%C3%A7%C3%A3o/Aula%203%20-%20TesteCM(1).pdf), acesso em: 07/03/2021

EMBRAPA. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. 26 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8). ISSN 1806-3322, 2010.

FAO. Good Agricultural Practice – GAP. 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i6677e.pdf>. Acesso em: 28/11/2020.

FAO. The future of food and agriculture: trends and challenges. Rome, 2017. 163 p

FAO. The place of urban and peri-urban agriculture in national food security programmes. 2011. 60 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i2177e/i2177e00.pdf>. Acesso em: 28/11/2020.

GRANT, C.A; FLATE, D.N; TOMASIEWICZ, D.J; SHEPPARD, S.C; A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/iabrazil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/\\$FILE/Page1-5-95.pdf](http://www.ipni.net/publication/iabrazil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/$FILE/Page1-5-95.pdf), Acesso: 18/12/2020.

JOHNSTON, A. E. A importância dos fertilizantes para o manejo e nutrição de plantas. In: JOHNSTON, A. E.; SYERS, J. K. Gestão de nutrientes para a produção agrícola sustentável na Ásia. Wallingford: CAB International, 1998, p.35-50.

KLAUS, Blankenau. Yara International, Alemanha, email: klaus.blankenau@yara.com (apresentado por João Eduardo S. Maças, Yara Brasil, Porto Alegre, RS, 2007).

MASSRUHÁ, M.A.A; LEITE, G. C. Revolução digital no setor agribusiness pode gerar controvérsias jurídicas. Consultor Jurídico, set. 2016. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2016-set-15/guilherme-leite-questoes-juridicas-revolucao-digital-agribusiness>. Acesso em: 28/11/2020.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LIMA, H. P. de; EVANGELISTA, S. R. M.; PINTO, G. E. M. Uma proposta de plataforma de software para integração e interoperabilidade de serviços Web - Webagritec: estudo de caso. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. 23 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 19). Disponível

em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11850/1/bp19.pdf>. Acesso em: 28/11/2020.

MELO, G.W.B. Nutrientes importantes para as plantas. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2010.

MULTIPRIME. Importância do magnésio para as plantas. Disponível em: <https://www.multiprime.com.br/post/importancia-do-magnesio-para-plantas>. Acesso em: 07/03/2021.

OLIVEIRA, J.R. Amostragem de solo em Agricultura de Precisão. Revista Agropecuária, 2020. Disponível em: <http://www.revistaagropecuaria.com.br/2011/10/18/amostragem-de-solo-em-agriculturadeprecisao/#:~:text=A%20agricultura%20de%20precis%C3%A3o%20compreende,em%20taxa%20vari%C3%A1vel%2C%20ou%20seja>, acesso em 01/12/2020

RAVEN, P.H. Biologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007, p.830.

ROBERT, P. C. Agricultura de Precisão: Um desafio para o manejo nutricional de culturas. Plant and Soil, v. 247, n. 1, p. 143-149, 2002.

SEARCY, S.W. Agricultura de Precisão: Uma nova abordagem para o manejo de culturas. Serviços de Extensão Agrícola do Texas. The Texas A&M University System, 1997. p.4. Disponível na Internet. <http://agpublications.tamu.edu/pubs/eengine/l5177.pdf> Acesso em: 28/11/2020.

SILVA, C. B.; VALE, S. M. L. R.; PINTO, F. A. C.; MÜLLER, C. A. S. The economic feasibility of precision agriculture in Mato Grosso do Sul State, Brazil: a case study. Precision Agriculture, v. 8, n. 6, p. 255-265, 2007.

SOLARI, F. Developing a crop-based strategy for on-the-go nitrogen management in irrigated cornfields. Thesis (PhD in Agronomy) – University of Nebraska, Lincoln, 2006. 157 p.

VARASCHINI, A.A.C. Avaliação da fertilidade do solo na Agricultura de Precisão. Departamento de Estudos Agrários, 2012.