



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCAS CAPPELLESSO CENCI

**ADUBAÇÃO NITROGENADA:
TAXA VARIÁVEL (ATV) VERSUS TAXA FIXA (ATF)**

BRASÍLIA - DF
2022

LUCAS CAPPELLESSO CENCI

**ADUBAÇÃO NITROGENADA:
TAXA VARIÁVEL (ATV) VERSUS TAXA FIXA (ATF)**

Trabalho de conclusão de curso de Agronomia apresentado para a Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Professor orientador: Everaldo Anastácio Pereira

BRASÍLIA - DF
2022

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

CC395a Cappelleso Cenci, Lucas
ADUBAÇÃO NITROGENADA: TAXA VARIÁVEL (ATV) VERSUS TAXA
FIXA (ATF) / Lucas Cappelleso Cenci; orientador Everaldo
Anastácio Pereira . -- Brasília, 2022.
29 p.

Monografia (Graduação - Agronomia) -- Universidade de
Brasília, 2022.

1. Adubação nitrogenada. 2. Adubação via taxa variável .
3. Tecnologia de aplicação de nitrogênio . 4. Sensoriamento
remoto . 5. Agricultura de precisão . I. Anastácio Pereira
, Everaldo , orient. II. Título.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática de um mesmo talhão.....	10
Figura 2 - NDVI gerado em ortofoto.....	13
Figura 3 - Mapa de ATV com recomendação de N gerado por imagem orbital.....	13
Figura 4 - Fluxograma de trabalho de uma ATV.....	14
Figura 5 - Mapeamento aéreo via satélite com indicadores de crescimento.....	17
Figura 6 - Ortofoto de pivô via drone reconhecimento de falhas de plantio.....	17
Figura 7 - Tabela comparativa de estudos de benefícios do uso de AP.....	19
Figura 8 - Tabela de dificuldades na adoção da ATV.....	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS	7
3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	7
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
4.1 A agricultura de precisão e a aplicação via taxa variável de fertilizantes (ATV)	9
4.2 Premissas de uma aplicação nitrogenada via ATV	11
4.3 As distinções entre os manejos: ATV versus ATF	14
4.3.1 Em questão das amostras	14
4.3.2 O mapeamento aéreo	16
4.3.3 Em aspectos ambientais	18
4.3.4 A diferença entre os aspectos financeiros	19
4.3.5 A sustentabilidade	21
4.3.6 As dificuldades	22
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

O Brasil vem se destacando no cenário mundial quando o tema gira em torno de produção e tecnologia agrícola. As grandes disposições física e climática do vasto território brasileiro, devem estar alinhadas com o melhor manejo e a correta utilização de tecnologias para criar condições benéficas e extraordinárias aos produtores para alcançar o potencial produtivo de suas lavouras.

A agricultura brasileira aponta para uma produção mais eficiente e com menor impacto ambiental, trazendo a modernização e inovação agrícola nos processos produtivos para o cotidiano (ARTUZO, 2015). Isso faz com que essas ferramentas sejam cada vez mais presentes e indispensáveis dentro e fora da porteira.

Diante disso, a busca e a oferta por novas tecnologias agrícolas vem aumentando a cada safra e é de grande importância estar ciente dos melhores manejos para agregar na produção de grãos brasileira.

Tendo em vista a alta dos preços de insumos (em especial os nitrogenados por serem estreitamente relacionados ao petróleo), faltas de matérias primas e a insegurança com a economia, os agricultores, que visam altas produtividades, têm a necessidade de manejar seus insumos da forma mais eficiente e precisa possível.

Assim sendo, a tecnologia de aplicação via taxa variável (ATV) de insumos nitrogenados vem crescendo em território brasileiro. Porém, ainda há uma hesitação por parte dos produtores de implementá-la em sua produção por não ter total conhecimento sobre o assunto. Isso traz um sentimento de insegurança em investir em uma nova tecnologia que atualizará uma etapa produtiva tão importante, a adubação.

Portanto, indaga-se: vale a pena implementar o manejo de aplicação via taxa variável de fertilizantes nitrogenados em cultura de grãos?

Então, o objetivo geral da presente pesquisa é de realizar uma revisão de literatura para entender sobre a eficiência e os resultados do manejo de ATV com fertilizantes nitrogenados para auxiliar no entendimento sobre sua viabilidade para a implementação ao produtor.

Para tanto, foram elaborados os seguintes objetivos específicos: conceituar a aplicação de nitrogênio via taxa variável e conceituar o manejo tradicional de aplicação de insumos sólidos; comentar sobre as tecnologias de monitoramento remoto, os métodos de análise foliar e de solo com interpolação de dados e

comentar sobre quais as tecnologias que o maquinário necessita ter para esse manejo; contrastar as práticas de manejo (taxa fixa e taxa variável) visando esclarecer os benefícios da taxa variável para justificar sua implementação para o produtor final.

Parte-se da hipótese de que se acredita que a utilização do manejo via ATV é atrativo e que seus resultados caminham para a afirmativa de que vale a pena investir nessa prática em áreas que buscam altos índices produtivos e buscam a melhor aplicação dos insumos nitrogenados. Similarmente, esse manejo auxilia na padronização da produção, além de incorporar diversas ferramentas de análise de dados dos talhões que enriquecem a quantidade de informações sobre os cultivos e dão maior visualização e segurança para tomadas de decisão.

Assim, para assegurar a apuração da hipótese, realiza-se uma pesquisa de finalidade básica estratégica, descritiva e exploratória, com abordagem quantitativa e realizada com fontes bibliográficas e documentais.

2 OBJETIVOS

Este trabalho, baseado em revisão de literatura, objetiva comparar o uso de taxa de aplicação variável de nitrogênio com aplicação por método convencional, com a finalidade de listar as diferenças e apontar os resultados para justificar a sua implementação em uma propriedade. Essa é uma temática que se encontra em algumas discussões entre produtores e profissionais da área agrícola com a intenção de entender se vale a pena investir nessa nova tecnologia de aplicação.

3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O entendimento sobre a necessidade de implementar, cada vez mais, novas tecnologias e manejos mais ajustados às problemáticas encontradas no cotidiano de um talhão produtivo é uma realidade, porém há uma hesitação nos profissionais em alterar suas práticas de manejo, que já são consolidadas e aprovadas por anos de trabalho, para procurar adentrar em novos conhecimentos e técnicas, com o objetivo de explorar outras conduções. Explica Artuzo (2016), que a agricultura é a atividade produtiva mais antiga que foi estabelecida em uma sociedade, porém há poucos estudos e isso faz com que o conhecimento seja restrito a respeito dos impactos

ocasionados pelas mudanças nos processos produtivos agrícolas, o que colabora para que parte dos agricultores permaneçam adotando métodos tradicionais. Outrossim, o desenvolvimento de novos processos é complexo, visto que há a crescente dificuldade e necessidade de criar novas tecnologias de rápida adaptação às exigências do mercado (FLORES *et al.*, 2015).

Devido ao cenário hodierno em que experienciamos, produtores brasileiros se depararam com altos preços que tornaram escassos insumos e valorizaram commodities, isso fez com que se extraísse, dessa agitação no mercado mundial, uma necessidade de implementar novos métodos, garantindo assim, uma expansão na eficiência de trabalho, do uso de insumos e de resultados.

Ao trazer essa problemática de busca de novas ferramentas, vemos que o avanço tecnológico democratizou a agricultura de precisão (AP) por injetar no mercado variadas plataformas - de fácil acesso - de sensoriamento remoto e deixou, a disposição do produtor, ferramentas que auxiliam no monitoramento de suas áreas como: a aplicação de fertilizantes via taxa variável (ATV), a geração de mapas de análises atualizadas de cada talhão, câmeras orbitais para diagnóstico agrícola, fotointerpretação via drones, *softwares* de interpolação de dados para conjugação de informações que, posteriormente, esclarecem e aceleram as tomadas de decisões.

Com essa alta oferta de novos instrumentos, é visto que produtores têm, a sua disposição, boas opções para aprimorar a prática de adubação em suas safras, pois é de interesse buscar a máxima eficiência de utilização dos fertilizantes adquiridos para o ano, porém ainda não depositam confiança suficiente para investir nelas.

Contudo, tem-se como finalidade, nesta revisão, esclarecer os benefícios sobre a adubação de fontes nitrogenadas sólidas via taxa variável no Brasil em comparação com o método tradicional/convencional (aplicação de taxa fixa de nitrogênio baseada em valores médios de recomendação).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É de acentuada importância ter conhecimento sobre os benefícios, as mecânicas e as necessidades que a ATV exige. Em revisão, será abordado os principais pontos de funcionamento do manejo, os tópicos de vantagens agregadas da utilização da tecnologia e as principais diferenças entre as práticas em questionamento.

4.1 A agricultura de precisão e a aplicação via taxa variável de fertilizantes (ATV)

As inovações tecnológicas vem fazendo parte do cenário atual da agricultura brasileira, que caminha sempre em direção de melhorias para otimizar sua produção. A agricultura de precisão, de acordo com a revista Coleção Senar número 244 (2019), foi implementada no Brasil na década de 90 e é definida como um conjunto de ferramentas e tecnologias que auxiliam os profissionais do campo a gerenciar e monitorar seu sistema produtivo. Essas tecnologias consideram e detectam uma variabilidade de fatores como: estresse hídrico e nutricional, ataque de pragas, detecção de falhas de plantio, monitoramento de desenvolvimento vegetal, mapas de fertilidade com a finalidade de otimizar e aumentar sua produção.

Para a maioria das ferramentas que fazem parte da AP, o uso de GNSS (Sistemas Globais de Posicionamento por Satélite) são essenciais, pois, por se tratarem de grandes espaços físicos, há a necessidade de obter coordenadas geográficas para pontuar resultados e observações, fazendo com que esses dados sejam interpretados, com exatidão, pelos maquinários.

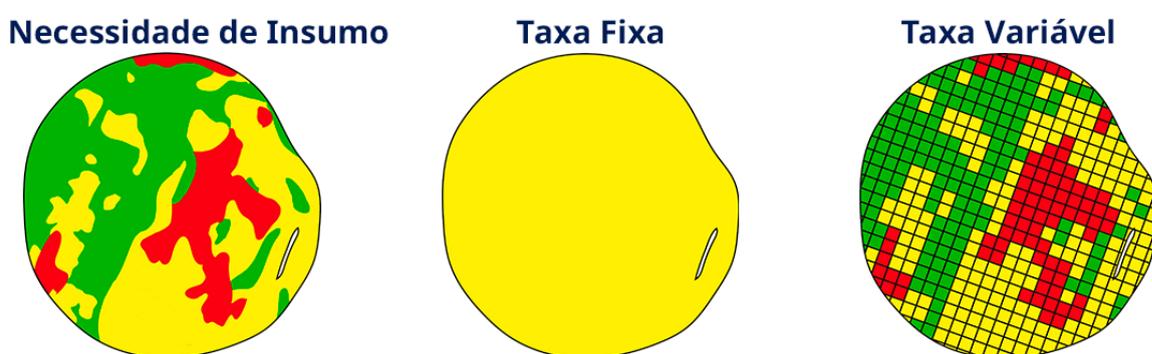
Ao adentrar no manejo de adubação, segundo Rezende (2011), a proporção de áreas que adotaram o manejo de amostragem georreferenciadas do solo e utilizaram da aplicação por taxa variável aumentou de forma impressionante nas safras de grãos no Brasil, e isso se dá por se tratar de um reflexo do avanço tecnológico.

A ATV é um método de aplicação que varia a dosagem do insumo que será aplicado, sendo controlado a partir da necessidade específica de cada ponto do talhão (ANSELM, 2012). Como exemplo didático de visualização, a figura 1 representa a ideia central de funcionamento da ATV em comparação com a ATF,

onde se é observando a necessidade real de um talhão, comparando lado a lado o manejo de ATF, com aplicação da mesma quantidade de insumos por toda a área, e a ATV, com a aplicação localizada respeitando as carências de cada gleba em questão.

“Este método funciona baseado no princípio que, ao invés de se aplicar uma taxa média fixa estipulada, a vazão do produto é ajustada conforme as mudanças nas necessidades locais.” (AUSTER TECNOLOGIA, 2019)

Figura 1 - Representação esquemática de um mesmo talhão



Fonte: Auster Tecnologia (2019)

A ATV traz uma tecnologia que desempenha uma importante função na otimização do uso de fertilizantes, em geral (KOENIG, 2015). Ressalta-se, no cenário atual, a importância da taxa variável para o melhor uso dos insumos nos campos, evitando desperdícios e otimizando resultados, apenas por adotar um manejo mais personalizado e realizando análises de vários meios (fotografias aéreas, análises de solo, histórico da área) e de variados quadrantes do talhão, levando em conta cada gleba da área estudada e não a considerar um resultado só, como na taxa fixa (ATF ou método tradicional).

Na atualidade, segundo Mueller (2012), para minimizar a intensificação dos impactos ambientais no campo, deve-se diminuir o uso ineficiente, desbalanceado e em excesso de fertilizantes na produção de grãos, e ao manejar esses recursos de maneira mais eficiente com o uso da taxa variável, resultará no aumento da produção e no decréscimo de insumos utilizados. É possível diminuir, globalmente, o uso ineficiente e excessivo de fertilizantes nitrogenados em 28% (11 milhões de toneladas) quando se é feito o manejo por ATV em todas as áreas produtivas,

mesmo com essa redução de nitrogênio, as produtividades continuariam as mesmas (MUELLER *et al.*, 2012).

“Adaptar a gestão do processo em tempo e espaço é fundamental para que insumos de produção sejam fornecidos conforme a necessidade” (ARTUZO *et al.*, 2016).

“A aplicação de fertilizantes é um processo essencial para a manutenção de níveis de nutrientes no solo e para a disponibilidade em quantidade que seja suficiente ao pleno desenvolvimento das culturas. No entanto, a aplicação destes produtos, por vezes químicos, sem critérios de racionalidade e eficiência, origina impactos ambientais e tem custos econômicos e energéticos (SERRANO *et al.*, 2014). Desta forma, a aplicação de fertilizantes baseada na tecnologia de ATV pressupõe o envolvimento de um trinômio: o operador, o trator agrícola como fonte de potência e o equipamento que distribui ou espalha o adubo a taxa variável. Assim sendo, otimizar a aplicação implica potencializar o desempenho de cada um destes elementos e do conjunto” (ARTUZO *et al.*, 2016, p. 6).

4.2 Premissas de uma aplicação nitrogenada via ATV

Dentro das tecnologias envolvidas no manejo da taxa variável, temos como principais: os sensores (como os embarcados em satélites e drones), que irão fazer as leituras dos locais e gerar as necessidades de adubação, os *softwares*, que processam todas as variáveis e traduzem para avaliação e o maquinário, que será responsável por ler os mapas, posicionar-se geograficamente e aplicar, de forma precisa, o fertilizante.

Para aprimorar e desenvolver uma metodologia de relacionar os parâmetros do solo (matéria orgânica e N-mineral) com a expectativa de produtividade no milho, por exemplo, foi criado, através de características espectrais dos pigmentos foliares (em especial a clorofila), um meio de utilizar as plantas como indicadores de disponibilidade de nitrogênio no solo com o uso de sensores (medidores de clorofila, medidores de reflectância por meio de câmeras) (COELHO *et al.*, 2005).

O conteúdo de N nas plantas pode ser avaliado através de métodos indiretos. Um dos métodos mais simples consiste na observação do vigor da coloração verde das plantas e, por conseguinte, na verificação da ocorrência de clorose ou amarelamento das folhas, que indica a falta de N (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014, BRANDÃO *et al.*, 2008)

Com base nesse entendimento, há a possibilidade de usar dados de sensores remotos em níveis de campo, níveis aéreos e orbitais para fazer uma avaliação e estimar os níveis de N nas plantas, pois se sabe que a diminuição da concentração

desse pigmento clorofilado, ocasionado pela deficiência de N, causa interferência na reflectância espectral na região do visível (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014).

Em um estudo de Brandão (2009), avaliou-se um cultivo de trigo, submetido a várias concentrações de nitrogênio (0 Kg ha⁻¹; 70 Kg ha⁻¹; 170 Kg ha⁻¹ e 221 Kg ha⁻¹), os resultados foram que os maiores níveis de reflectância do espectro do visível se relacionava com os tratamentos submetidos aos menores níveis de adubação de N, e a adição de nitrogênio resulta na diminuição da reflectância espectral visível e aumento da reflectância espectral entre 700 nm (limite do visível) e 1300 nm (infravermelho).

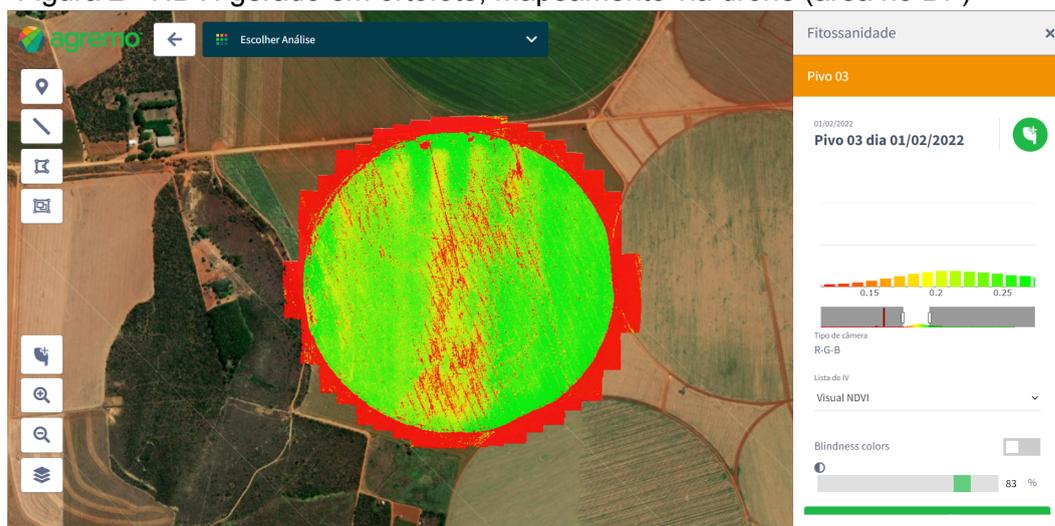
“A identificação da alteração da resposta espectral em relação a adubação nitrogenada se encontra entre as essas duas faixas do espectro, a faixa do visível por conta da degradação de pigmentos, especialmente a clorofila, caracterizando a baixa intensidade do verde ao olho humano, fazendo com que influencie na curva espectral de reflectância em plantas dispostas em diferentes doses de N, e a do infravermelho que tem efeito na reflectância por conta do aumento de biomassa em plantas bem nutridas, especialmente a nível de dossel.” (CILIA *et al.*, 2014; CAMPELO, 2018, apud ALBERT, 2020, p. 24).

Com o uso dessas ferramentas aéreas, que para o manejo da ATV são de grande ajuda e quase indispensáveis, o produtor identifica o talhão a ser sensorizado pelas aeronaves não tripuladas, ou pelos satélites em órbita, que colherão imagens da cultura para gerar índices como os de *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), índices de vegetação para apurar da sanidade da lavoura (observado na figura 2), a Diferença Normalizada do Vermelho Limítrofe (NDRE) e os índices de deficiência de N (a partir da análise da biomassa), que ajudam na visualização da saúde da cultura auxiliando a tomada de decisão e auxiliando na geração de recomendação de adubação.

Esses dados serão correlacionados com análises de solo, pois as indicações que os sensores evidenciam são as de quais plantas que necessitam de mais nitrogênio e quais que necessitam de menos. Com isso, as tecnologias fazem um excelente trabalho em manejar a distribuição de N no talhão (observado na figura 3), visto que identificam áreas onde demandam mais atenção, mas não revelam qual a necessidade quantitativa em kg/ha.

Em vista disso, análises de solo são elementos essenciais no manejo da ATV de N via sensoriamento, pois irão fornecer as reais necessidades e “traduzir” o que as imagens evidenciam.

Figura 2 - NDVI gerado em ortofoto, mapeamento via drone (área no DF)



Fonte: Lucas Cappellesso Cenci (2022).

Figura 3 - Mapa de ATV com recomendação de N gerado por imagem orbital (área no DF)

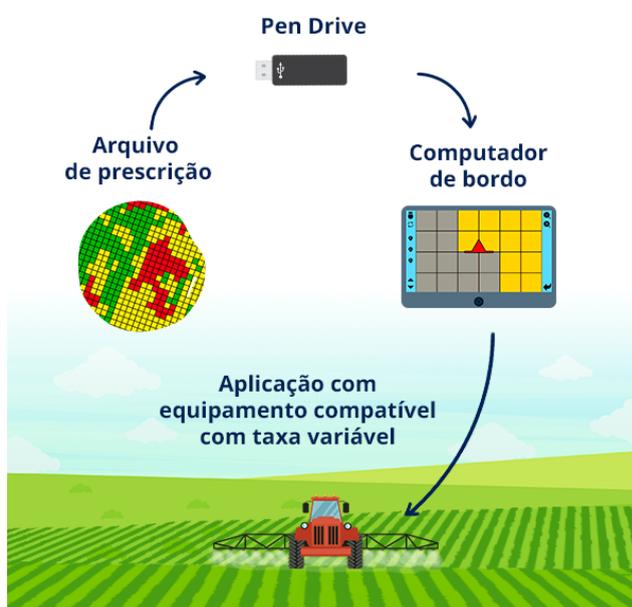


Fonte: Lucas Cappellesso Cenci (2022)

Após estudos, testes e calibrações de sensores óticos e *softwares* baseados em tecnologias de sensoriamento remoto (SR) e AP, foi-se apresentado a possibilidade prática de detecção do estado nutricional das plantas, em relação ao nitrogênio, baseado pela coloração foliar e reflectância de espectros (COELHO *et al.*, 2005). Desenvolveu-se sensores como os de dossel ou *active crop canopy sensors* (ACS) que possibilita a geração de resultados de necessidade de aplicação em tempo real, agilizando o manejo e o diagnóstico de N nas plantas para aplicação de fertilizantes nitrogenados em ATV (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014).

Seguidamente à geração dos mapas de aplicação, é necessário ter maquinários apropriados para receberem esses dados que, normalmente, são em formato *shapefile*, sendo aceito pela maioria dos computadores de bordo e sistemas de posicionamentos globais (GPS) dos maquinários. Segundo a revista Auster Tecnologia (Auster Tecnologia, 2019), após configurado o maquinário, o computador de bordo irá utilizar os dados GPS para localizar e consultar os mapas de prescrição para identificar qual a taxa que será aplicada naquele ponto do talhão. Uma vez feito isso, o computador envia sinais aos atuadores eletrônicos que se encarregam de regular a vazão do insumo.

Figura 4 - Fluxograma de trabalho de uma ATV



Fonte : Auster Tecnologia (2019)

4.3 As distinções entre os manejos: ATV versus ATF

O entendimento sobre a agricultura convencional e a agricultura de precisão, juntamente com seus elementos de manejos, são pontos importantes para ajudar na metodologia de comparação buscada.

4.3.1 Em questão das amostras

De início, no manejo convencional, é feita a coleta de amostras, em regiões aleatórias de solo, de dissemelhantes glebas do talhão e podendo ter diferentes

profundidades (0-20cm, 20-40cm). Essas amostras são enviadas para um laboratório com a finalidade de gerar uma análise geral do local e fornecer uma média de resultados que apontem os nutrientes e composições de solo que constituem a área. Calcula-se as necessidades de reposição e manutenção de cada nutriente apontado. Com esses resultados em mãos, um operador irá fazer a aplicação a lanço e/ou em sulcos (no plantio), utilizando de valores médios para toda a área, manejando o fertilizante na mesma quantidade para todo o talhão.

Na ATV, a coleta de amostras de solo pode ser feita da mesma maneira (com os mesmos números de amostras/subamostras) que no método tradicional ou, ao invés de coletar amostras aleatórias, serão feitas em grids pré determinados e georreferenciados por *softwares* específicos para maior acurácia de dados e melhor capacidade de interpolação de resultados.

A análise de solo é uma ferramenta que completa a ATV, e é muito importante para aumentar a acurácia dos resultados encontrados nas recomendações de fertilização, pois apesar de os diagnósticos feitos pelos sensores aéreos serem de enorme precisão, não se obtém as necessidades, em quantidades, dos nutrientes, também não é evidenciado o motivo dos quais diferentes níveis de reflectância são encontrados, podendo ser causados por problemas relacionados a fertilidade, nematóides, questões hídricas, fitossanidade. Portanto, não poderá ser descartada a importância e a necessidade de estar sempre presente no campo para avaliar, pessoalmente, as causas de diferentes resultados nos talhões. Os resultados do sensoriamento conseguem distinguir glebas com diferentes necessidades e agrupar secções com necessidades iguais, porém não são capazes de informar a necessidade de adubação nitrogenada para cada uma delas, os sensores ópticos apenas informam que foram encontradas um conjunto de “n” áreas com necessidades diferentes entre elas e que será preciso uma análise do solo e um estudo da previsão de produção, em t/ha, para conhecer a necessidade real de demanda de N. Com isso, será adicionada essa informação das análises nos *softwares* para que, assim, ele entenda quais são os valores que foram identificados e possa “legendar” os conjuntos de glebas de diferentes necessidades identificados, gerando os mapas de recomendação. Os índices de biomassa localizam onde estão as carências e as afluências, às análises do solo e a previsão de produção, resultam em um mapa que informa os locais de diferentes demandas, visto que, quanto mais

informações e subdivisões seu sistema produtivo tiver, mais preciso será seu manejo.

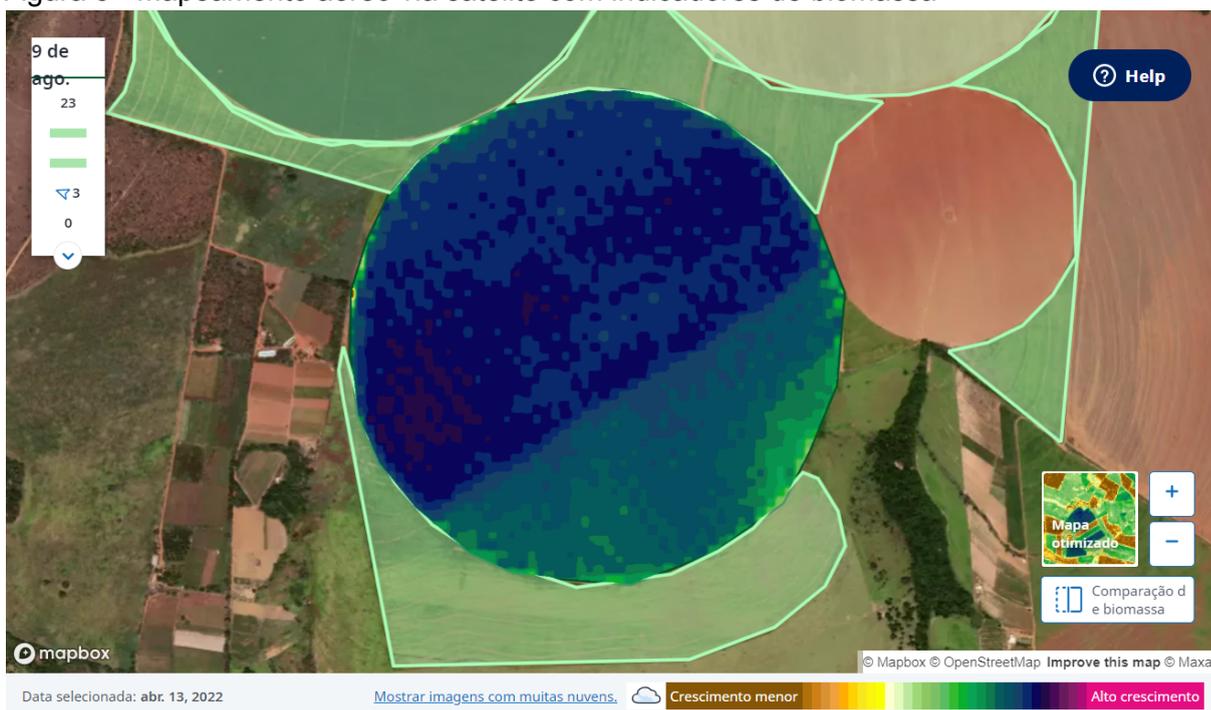
4.3.2 O mapeamento aéreo

O uso de imagens aéreas é uma das peculiaridades do sistema de ATV, esse mapeamento, que tem como resultado um ortomosaico do talhão, é um dos principais tópicos que compõem o manejo para torná-lo distinto da prática convencional.

Com o auxílio da interpretação de imagens do talhão, incorporado com o histórico da área e análises de solo, os *softwares* de AP e outros diferentes programas de indicadores gráficos, como os índices de vegetação e de respostas de N (como os índices de biomassa, observados na figura 5), irão criar os mapas de recomendação de adubação após várias análises e cálculos computacionais, localizando as áreas de menor e maior crescimento, falhas, região de cascalhos, infestação de plantas daninhas (observado na figura 6) e pragas. Essas informações ajudam na tomada de decisão e na observação mais detalhada dos talhões.

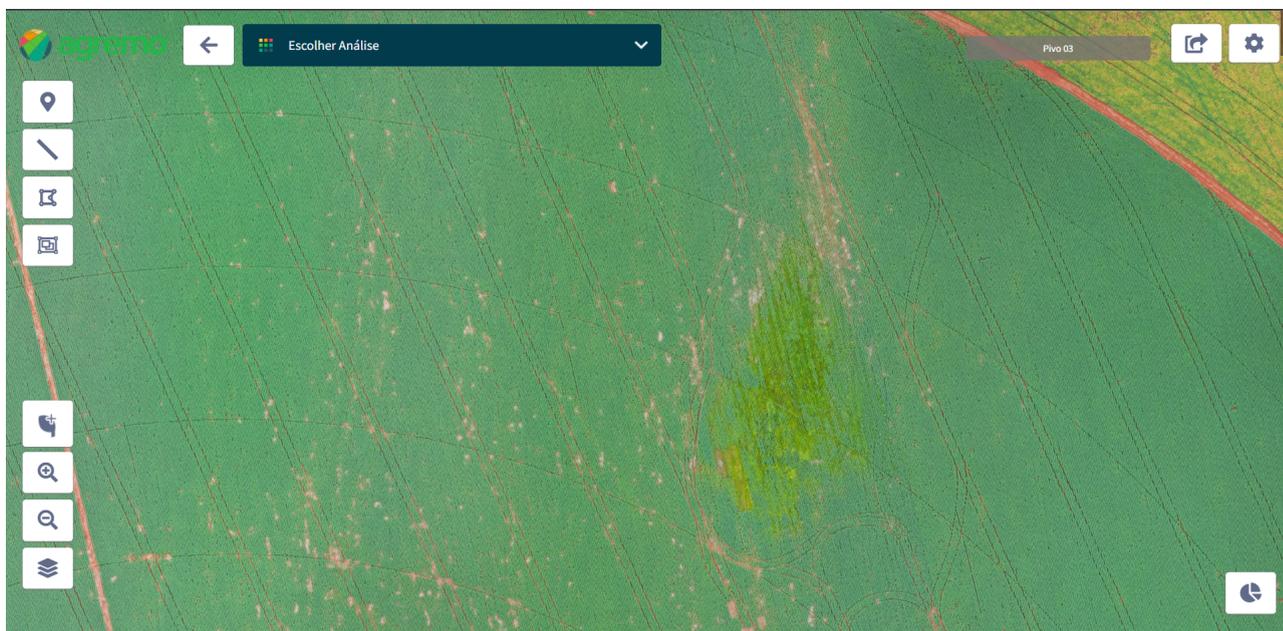
Tanto drones ou veículos aéreos não tripulados (VANTs) quanto satélites que embarcam os sensores para o mapeamento, são capazes de gerar os dados de identificação e localizar no campo as diferentes proporções de necessidades.

Figura 5 - Mapeamento aéreo via satélite com indicadores de biomassa



Fonte: Lucas Cappelleso Cenci - Atfarm Yara, (2022).

Figura 6 - Ortofoto via drone - reconhecimento de falhas de plantio e infestação de plantas daninhas



Fonte: Lucas Cappelleso Cenci (2022).

4.3.3 Em aspectos ambientais

As inovações tecnológicas, a produção e produtividade agrícola e a qualidade do meio ambiente estão estreitamente ligados no processo de crescimento agrícola (ANTLE *et al.*, 1993). Artuzo (2015) também comenta que a agricultura de precisão tem o objetivo de aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, reduzir os custos de produção e o impacto ambiental da agricultura, haja vista que a AP tem como consequência o aumento de produção e a proteção do meio ambiente, por preservar os recursos do solo e da água em função do uso racional de insumos. Com isso, Berry *et al.*, (2003) desenvolveram a ideia de "conservação de precisão", definida como a utilização de tecnologias e AP, através da variabilidade espacial e temporal, para alcançar os objetivos de conservação.

“A lógica de adaptar a gestão em tempo e espaço para que insumos de produção sejam fornecidos conforme necessidade é uma realidade. No entanto, a justificativa principal do produtor para o emprego da AP seria melhorar o desempenho das culturas (KITCHEN *et al.*, 2002), enquanto um dos seus objetivos é a melhoria do ambiente (VANDENHEUVEL, 1996). Estes não devem ser vistos como objetivos mutuamente exclusivos (BERRY *et al.*, 2003)” (apud ARTUZO, 2015, p.44).

A produção agrícola deve ser compatível com a rentabilidade, caso contrário a produção não será aprovada e nem sustentável em uma economia de mercado livre (BERRY *et al.*, 2003).

Em algumas literaturas, a habilidade para aumentar a qualidade ambiental é citada correntemente como uma motivação para a implementação da AP (NATIONAL RESEARCH COUNCIL., 1997). Larson *et al.*, (1997) e Engel e Gaultney (1990) fazem citação na redução do uso de químicos na agricultura, para trazer maior eficiência dos nutrientes, aumentando a eficiência dos insumos distribuídos e melhor proteger do solo contra as degradações, tudo isso sendo benefícios em potencial para reduzir o impacto ambiental com o uso da AP. A figura 7 ilustra uma tabela com os resultados, em resumo, de estudos relatados na literatura referentes aos benefícios da AP em relação ao meio ambiente.

Figura 7 - Tabela comparativa de estudos de benefícios do uso de tecnologias de AP relatados na literatura

Tecnologias	Publicações	Benefícios (%)		
		Positivo	Neutro	Negativo
Taxa variável de aplicação de N	27	63	22	15
Taxa variável de aplicação de P e K	7	71	0	29
Taxa variável de aplicação de herbicidas e inseticidas	7	86	0	14
Taxa variável de aplicação de calcário com base no pH do solo	4	75	25	0
Taxa variável com sistema de GPS	3	100	0	0
Taxa variável de irrigação	2	50	50	0
Variação de densidade semeadura	6	83	0	17
Taxa variável com sistema de monitor de colheita	7	43	43	14
Taxa variável de aplicação de N, P, K	24	75	17	8
Aplicação a taxa variável de insumos com base em sensores de solo	5	20	40	40
Outras tecnologias de AP	14	77	23	0
Total - AP combinada com aplicação a taxas variáveis de insumos	106	63	27	11

Fonte: Coelho (2005)

“A avaliação do impacto da AP na questão ambiental é difícil e de alto custo para ser quantificado, como destacado por Coelho (2005). Entretanto, algumas áreas podem ser avaliadas verificando o uso de fertilizantes, no qual a sua redução, ocasionada pela AP, tenderá a reduzir o impacto ambiental (PIERCE e NOWAK, 1999)” (apud ARTUZO, 2015, p.45).

A tabela ilustra que em 27 publicações na literatura sobre a aplicação de nitrogênio a taxas variáveis em 63% delas indicam resultados positivos, 22% neutros e apenas 15% negativos em questões ambientais na agricultura.

4.3.4 A diferença entre os aspectos financeiros

A viabilidade econômica da aplicação de nitrogênio a taxa variável foi estudada em Iowa, nos EUA por Babcock e Pautsch (1998) em cultivo de milho, e foi demonstrado aumentos modestos nas produtividades, que foram de 3,75 US\$ ha⁻¹ até 18,35 US\$ ha⁻¹ (POSADA, 2016). Lambert e Lowenberg-DeBoer em 2000 também constataram a viabilidade econômica da técnica nos EUA com base em 108 casos, esse estudo apontou que 63% destes casos resultaram em benefícios

positivos pela adoção da ATV, 26% deram resultados incertos e apenas 11% deram resultados negativos (POSADA, 2016).

Yang, Everitt e Bradford (2001) comprovaram o aumento da produtividade de sorgo e a diminuição do uso de nitrogênio e fósforo, também foi observado uma alta rentabilidade e sustentabilidade ambiental usando essas menores quantidades de N (KILIAN; HURLEY; MALZER, 2001). Porém, para Lowenberg-Deboer (1996), a AP nem sempre irá apresentar rentabilidade positiva a curto prazo, especialmente em culturas de grãos como soja, milho e sorgo, mas irá apresentar maior retorno se aplicada em produtos de maior valor agregado, como na produção de sementes.

“Analisando economicamente duas propriedades no estado do RS, com e sem utilização da ATV, Amado et al. (2006) destacaram que na primeira propriedade, a aplicação de fertilizantes à ATV permitiu que houvesse uma racionalização no uso dos fertilizantes com redução na ordem de 53% na quantidade aplicada, em relação aquela em que o produtor tradicionalmente aplicava à taxa fixa, sendo que este resultado foi obtido a partir do terceiro ano de adoção da tecnologia” (ARTUZO, 2015, p. 48).

O resultado final do estudo de Amado et al. (2006), para esta propriedade incluindo os custos de operação e de fertilizante, foi de uma economia de R\$ 5.537,00 quando utilizado o manejo da ATV. Em outra propriedade, essa diferença monetária entre o custo do fertilizante e a ATV comparado ao manejo da taxa fixa ficou na casa dos 25% menor, isso representa uma economia de R\$ 2.400,00. Por outro ângulo, o custo de operação da ATV foi de R\$ 2.835,00 a mais em relação à ATF. Com isso, o resultado final do trabalho evidenciou que esse custo de produção da ATV terminou ligeiramente superior, R\$ 435,00, em relação a ATF e, desta forma, os autores concluíram que nas duas propriedades a aplicação da taxa variável proporcionou uma excelente capacidade de redução na quantidade de insumos, a longo prazo, conseqüentemente nos custos de produção. (ARTUZO, 2015)

Werner (2007), também analisou os resultados comparativos entre a agricultura convencional com uso da taxa fixa e a agricultura de precisão com o uso da taxa variável e afirmou que, o tempo de retorno do investimento as tecnologias agregadas na AP para o manejo da ATV seria de 2,9 safras, o que afirma a viabilidade do manejo por aumentar a margem líquida e a lucratividade e por reduzir o custo de produção (WERNER, 2007). “Quanto maior o número de safras adotando a ATV, mais perceptivos são os benefícios da ferramenta (ARTUZO, 2015, pg. 74)”

Fiorin e outros pesquisadores, em 2011, também conduziram um trabalho em sete propriedades rurais no RS e verificaram que, em média, a adoção da ATV apresentou um saldo produtivo positivo e superior à forma convencional (FIORIN et al., 2011).

Robertson, Lyle e Bowden (2008) alcançaram ganhos desde 5 dólares por ha até 44 dólares por ha em 199 propriedades produtoras de cereais no ocidente australiano utilizando a aplicação via taxa variável.

“...o retorno da ATV na primeira e segunda safra é negativo, mesmo que o preço da saca da soja esteja cotado no valor máximo. Em compensação, no momento que o produtor adota a ATV por três safras ou mais, o retorno vai aumentando, e passa a ser positivo, mesmo com a cotação do preço da soja estando no valor mínimo.”(ARTUZO, 2015, pg. 87)

Conforme Molin (2001), os resultados econômicos apontam que a aplicação da ATV não pode ser generalizada e demanda um estudo mais aprofundado para o processo de tomada de decisão, para o processo de aplicação de insumos e para o processo de interpretação de resultados financeiros. Com isso, espera-se desenvolver mais estudos e testes que entreguem informações necessárias ao agricultor, ajudando a estimular o interesse na adoção da ATV e reconhecê-la como uma ferramenta adicional no processo de manejo.

4.3.5 A sustentabilidade

Segundo a American Society of Agronomy (1989), foi definido “Agricultura Sustentável como aquela que, em longo prazo, melhora a qualidade ambiental e a qualidade de vida para os agricultores e a sociedade, além de fornecer as necessidades básicas de alimentos e fibras para os humanos e é economicamente viável”. Existem diversas metodologias que visam reduzir os impactos negativos no ambiente, dentro dessas metodologias existe a avaliação de energia, que visa estabelecer os fluxos energéticos, identificando a demanda e eficiência refletida pelo ganho líquido e pela relação de insumos produzidos/utilizados. Com isso, todas as entradas e saídas são quantificadas em fluxos de energia e essa quantificação leva a resultados que indicam a eficiência do uso de fontes não retornáveis e a sustentabilidade do sistema agrícola (BUENO; CAMPOS; CAMPOS, 2000; HETZ et

al., 1994, SIQUEIRA; GAMERO; BOLLER, 1999; SILVA; ROMANELLI; REICHARDT, 2010; ROMANELLI; MILAN, 2010).

Em um estudo de Colaço et al. (2012), a aplicação de N em ATV manifestou um superior desempenho na eficiência de uso de energia do que as práticas convencionais para duas áreas de trigo no estado do Paraná. Esses resultados apresentaram uma redução de 28% (1,8 MJ kg⁻¹) para a primeira área e 11% (0,6 MJ kg⁻¹) para a segunda área na energia incorporada e apresentou resultados maiores na rentabilidade energética, visto que evidenciou 41% e 12% de EROI (do inglês, Retorno de Investimento de Energia) para cada área, respectivamente.

“Estudos indicaram uma alta rentabilidade e sustentabilidade ambiental usando menor quantidade de nitrogênio na aplicação em taxa variável” (KILIAN; HURLEY; MALZER, 2001).

4.3.6 As dificuldades

Mesmo as novas tecnologias trazendo muitos benefícios e dinamizando o cotidiano dos produtores, há algumas problemáticas que foram relatadas por produtores em um estudo de Artuzo (2015), onde se teve como resultado a figura 8 (Tabela de dificuldades na adoção da ATV), evidenciando o custo inicial da modernização, a falta de pessoal qualificado, falta de informações sobre a tecnologia e alto custo dos prestadores de serviços como as principais dificuldades.

Tey e Brindal tiveram esse mesmo resultado e concluíram que o avanço na adoção de tecnologias depende prioritariamente de pessoal qualificado para trabalhar com eletrônica, *softwares*, mecânica, além de serem capazes de enxergar a produção agrícola de uma nova forma (TEY, BRINDAL, 2012).

Conclui Artuzo (2015) que, “... a qualificação pessoal torna-se uma dificuldade no momento de aderir à ferramenta de ATV”.

Figura 8 - Tabela de dificuldades na adoção da ATV

Problemas	1	2	3	4	5	T	ME	DP
Custos das tecnologias de ATV	0	0	16	41	24	81	4,10	0,700
Falta de financiamento	10	51	13	7	0	81	2,21	0,770
Falta de pessoal qualificado	0	0	3	42	36	81	4,41	0,565
Falta de informação sobre a tecnologia de ATV	0	0	0	39	42	81	4,52	0,503
Falta de prestadores de serviços	24	48	9	0	0	81	1,81	0,615
Custo elevado dos prestadores de serviço	0	5	9	45	22	81	4,04	0,798
Dificuldade operacional	0	68	0	13	0	81	2,32	0,739
Falta de recurso para adquirir um sistema completo de AP	1	56	5	19	0	81	2,52	0,868
Nem sempre o sistema gera lucro	6	57	3	15	0	81	2,33	0,866

Nota: Escala de 1 a 5, onde 1 = discordo muito e 5 = concordo muito. T= total; ME = média da escala; DP = desvio padrão.

Fonte: Artuzo (2015)

Segundo Artuzo (2015), a expansão da tecnologia da ATV fica limitada, tendo em vista que os prestadores de serviços dessa área trabalham com uma quantidade mínima de hectares como exigência. A dificuldade da contratação de mão de obra especializada para lidar com os softwares e custos altos na aquisição de maquinários foram lembrados pelos produtores como fatores que limitam o crescimento da taxa variável.

Conforme os autores Monin et al. (2006), é importante comentar que não é possível afirmar que a adubação via ATV utilizando formulados, como o NPK, são eficientes, pelo fato de apresentar pluralidade de quantidades em um mesmo insumo. Isso indica que, na aplicação via taxa variável é recomendado trabalhar com aplicações individualizadas dos nutrientes que compõem o fertilizante, para que assim seja possível aplicar cada nutriente em sua dosagem correta, e com isso reduzindo a quantidade de insumos compatíveis com o manejo da ATV.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se iniciou o trabalho de pesquisa, constatou-se que havia uma grande dúvida entre os produtores de grãos e profissionais sobre a temática da aplicação via taxa variável de nitrogênio. A maioria não tinha conhecimento de como era a operação de aplicação, como funcionava as tecnologias de mapeamento, se era seguro, se iriam trazer resultados positivos em comparação com o manejo de

taxa fixa, já empregado a muitos anos, para as safras e quais os passos necessários para que se fosse possível implementar a ATV em sua cadeia produtiva.

Por isso, é importante estudar sobre a comparação entre os manejos de adubação nitrogenada, examinando a ATV e a ATF em assuntos relevantes às indagações dos produtores e evidenciando os benefícios, a mecânica, os custos e as dificuldades para que produtores e profissionais tenham o conhecimento dessa nova opção de manejo diante do cenário atual da agricultura, onde se busca por tecnologias e formas de otimizar a produção de grãos para o mercado.

Diante disso, a pesquisa teve como objetivo geral analisar a eficiência e os resultados do manejo de ATV com fertilizantes nitrogenados para solucionar o questionamento de sua viabilidade na sua implementação pelo produtor. Constata-se que o objetivo geral foi atingido, haja vista que o trabalho conseguiu esclarecer as principais características que compõem a aplicação por taxa variável, suas tecnologias, seus pontos positivos e suas dificuldades que resultaram na validação da redução de custos e aumento da precisão operacional.

O primeiro objetivo específico do trabalho foi o de conceituar a aplicação de nitrogênio via taxa variável e pontuar algumas das diferenças entre ela e a taxa fixa.

O segundo objetivo específico previa comentar sobre as tecnologias de monitoramento remoto, os métodos de análise foliar e de solo com interpolação de dados e comentar sobre quais os maquinários aptos para esse manejo.

Ambos os objetivos foram atendidos, haja vista que foram comentados - de início - a definição da ATV, suas principais características como a utilização de câmeras infravermelhas ou sensores a campo tipo dossel, a geração de mapas de fertilidade a partir dessas imagens, o trabalho de identificação de necessidades de adubação via *softwares*, o maquinários com GPS e tecnologia embarcada que possibilite a mudança de vazão de fertilizante em trabalho.

O terceiro objetivo específico estudado foi o de comparar as práticas de manejo visando esclarecer os benefícios da taxa variável para justificar sua implementação para o produtor final. Também foi atendida pelo fato do trabalho abordar, em capítulos, o manejo operacional completo e os resultados da operação, como: as amostras de solo, os métodos e mecânica dos mapeamentos aéreos, os benefícios ambientais, o investimento inicial e o retorno financeiro positivo previsto depois de 2,9 safras, a sustentabilidade que, em estudos trouxe 41% de retorno de

investimento de energia e as maiores dificuldades encontradas na adoção do manejo em contraste com seus benefícios.

Apesar de seus lados negativos (como o custo inicial da tecnologia, a falta de pessoal qualificado, falta de informação sobre a ATV e o custo elevado dos prestadores de serviço) o retorno que a taxa variável de N traz em questões ambientais, sustentáveis e, principalmente, econômicas viabilizam sua implementação em áreas de produtores de grãos que buscam investir na agricultura de precisão e visam aumentar seus lucros.

O trabalho partiu da hipótese de que se acredita que a utilização do manejo de N via ATV é atrativo e seus resultados mostram que vale a pena investir nessa prática em áreas que buscam altos índices produtivos com um manejo mais eficiente de seus fertilizantes nitrogenados. Esse manejo auxilia na padronização da produção, reduz - em 3 safras - a quantidade de N aplicado, além de incorporar diversas ferramentas de análise dos talhões que enriquecem a quantidade de informações sobre os cultivos, dando maior visualização e segurança para tomadas de decisões.

Ao longo do trabalho de pesquisa, foi-se confirmada a hipótese inicial, onde na maioria dos vários experimentos foram colhidos resultados positivos em variadas culturas. Concluiu-se que a ATV de N traz diversas ferramentas de monitoramento de áreas que auxiliam o produtor na tomada de decisão e na análise mais cuidadosa de seus talhões.

Portanto, em resposta ao problema de pesquisa, “Vale a pena implementar o manejo de aplicação via taxa variável para fertilizantes nitrogenados ?”.

A resposta será sim se o produtor conseguir trabalhar com tecnologias, ter pessoal capaz de auxiliar no processos de monitoramento e ter interesse em investir na redução futura de insumos, levando em conta que as principais dificuldades da implementação são a parte de capacitação de pessoal e de investimento inicial.

O produtor que tiver o perfil da nova era de trabalhadores rurais (com mais contato com iniciativas tecnológicas do dia a dia) e ter sua produção focada em altas produtividades e fazer o uso de equipamentos modernos em sua fazenda terá em sua mão uma ferramenta que lhe trará muitos benefícios financeiros, tecnológicos, operacionais e ambientais pois terá tudo o que é preciso para um manejo bem feito.

Por outro lado, se um produtor não possui conhecimentos sobre tecnologia e carece de pessoal com experiência e não contém maquinário apropriado para

realizar a ATV, acredita-se que será uma aquisição muito trabalhosa e custosa para que a atividade seja atrativa para o proprietário.

Por conseguinte, a viabilidade da ATV se dá em casos de que o produtor já seja, ou tenha capacidade de ser bem estruturado, com equipe capacitada e tenha foco em investimentos na agricultura de precisão, pois é um manejo que depende muito de conhecimento, estar atualizando informações diariamente em épocas de aplicação e ter maquinários com tecnologia embarcada capaz de trabalhar de acordo com o recomendado para que se tenha sucesso de aplicação e realize uma atividade que assegure todos os benefícios que a ATV tem em capacidade.

Com a metodologia da pesquisa imposta, foi-se encontrando algumas pesquisas e estudos que trouxeram muitas respostas e foram primordiais para o andamento deste trabalho, porém ainda é um tema que demanda de mais estudos com informações mais recentes e coerentes com a evolução tecnológica presente no momento desta dissertação.

Não obstante, os resultados encontrados na literatura foram satisfatórios e convincentes para o sucesso desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

Agricultura de precisão: Conceitos / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2019. 28 p; il. 21 cm (Coleção Senar, 244)

ALBERT, A.M. Índice de vegetação obtidos com câmera multiespectral relacionados com adubação nitrogenada e produtividade no milho. Instituto Federal Goiano, Rio Verde, GO. 2020.

ANSELMINI, A. A. Adoção da agricultura de precisão no Rio Grande do Sul. (2012). 105 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ANTLE, J. M. et al. Technological innovation, agricultural productivity, and environmental quality. *Agricultural and environmental resource economics*, New York, USA, v.2, n3 p. 175-220, 1993. ISSN 0195076516.

ARTUZO, F. D. Análise da eficiência técnica e econômica da agricultura de precisão a taxa variável de fertilizantes na cultura da soja no RS. - Porto Alegre, RS. 2015.

ARTUZO, F. D.; SOARES, C.; WEISS, C. R. Inovação de processo: O impacto ambiental e econômico da adoção da agricultura de precisão. *Revista Espacios*, 2016.

AUSTER TECNOLOGIA. Entenda as Tecnologias de Taxa Variável/ Revista Auster Tecnologia. 21 de agosto de 2019. Disponível em:

<https://www.austertecnologia.com/single-post/entenda-taxa-variavel>. 2019-2022

BERNARDI, A.C.C. *et al.*. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2014. Pg. 58 a 73.

BERRY, J. K. *et al.* Precision conservation for environmental sustainability. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, USA, v. 58, n. 6, p. 332-339, Nov-Dec 2003. ISSN 0022-4561

BIESDORF, E. M.; TEIXEIRA, M. F. F.; DIETRICH, O. H.; PIMENTEL, L. D.; ARAUJO, C. Métodos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em solo de cerrado. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 44–50, jan./mar. 2016

BUENO, O.C.; CAMPOS, A.T.; CAMPOS, A.T. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: AVANCES EN INGENIERÍA AGRÍCOLA, 2000, Buenos Aires. Resumen... Buenos Aires: Facultad de Agronomía, 2000. p. 477-482.

COELHO, A. M.; INAMASU, R. Y. Uso de Sensores para o Conhecimento de Padrões do Estado Nutricional do Milho para o Manejo Localizado de Nitrogênio. Embrapa, 2005.

COLAÇO, A.F.; POVH, F.P.; MOLIN, J.P.; ROMANELLI, T.L. Energy assessment for variable rate nitrogen application. CIGR Journal, Gainesville, v. 14, n. 3, p. 85-90, 2012.

FIORIN, J. E. *et al.* Viabilidade Técnica e Econômica da Agricultura de Precisão no Sistema Cooperativo do Rio Grande do Sul. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 16., 2011, Cruz Alta. Anais. Cruz Alta, 2011.

FLORES, R. L. *et al.* Open Computer Aided Innovation to promote innovation in process engineering. Chemical Engineering Research and Design. 2015.

HENIN, U. How to Calculate Nitrogen Fertilizers for Variable-Rate Application: OneSoil/ Blog Disponível em:

<https://blog.onesoil.ai/en/how-to-calculate-nitrogen-fertilizers-with-onesoil#:~:text=Farmers%20use%20variable%20rate%20application,each%20part%20of%20the%20field>. 2018-2022.

HETZ, E.J.; VILLEGAS, H.B.; RIQUELME, J.S.; CELIS, J.H. Utilización de energía en la producción de raps, bajo cuatro sistemas de labranza, en la Provincia de Ñuble. Agro Sur, Valdivia, v. 22, n. 1, p. 1-6, 1994.

- KILIAN, B.; HURLEY, T.M.; MALZER, G. Economic aspects of precision agriculture: an economic assessment of different site-specific N-fertilization approaches. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., 2001 Montpellier. Proceedings... Montpellier: Agro Montpellier, 2001. p. 521–532.
- KITCHEN N.R ,D. F. Hughes,K. A. Sudduth,S. J. Birrell. Comparison of Variable Rate to Single Rate Nitrogen Fertilizer Application: Corn Production and Residual Soil NO₃-N, 1995.
- KOENIG, K. et al. (2015).Comparative classification analysis of post-harvest growth detection from terrestrial LiDAR point clouds in precision agriculture. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 104, p. 112-125.
- MOLIN, J.P. Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade. Piracicaba: Fundação Biblioteca Nacional, 2001. 83p
- MOLIN, J. P. MASCARIN, L. S., VIEIRA JÚNIOR, P. A. Avaliação de Intervenções em Unidades de Aplicação Localizada de Fertilizantes e de Populações de Milho. SBEA - Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia e Ciências Exatas FCAV/UNESP, 2006.
- MUELLER, N. D., Gerber, J. S., Johnston, M., Ray, D. K., Ramankutty, N., & Foley, J. A. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, 490(7419), 254–257. doi:10.1038/nature11420, 2012.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management. Washington: National Academy Press, 1997.
- PIRES, J. L. F.; CORASSA, G. M.; RAMBO, A. C.; KERBER, L.; PASINATO, A.; DALMAGO, G. A.; SILVA JUNIOR, J. P. da; SANTI, A.; SANTI, A. L.; GUARIENTI, E. M.; CUNHA, G. R. da; STRIEDER, M. L.; FOCHESSATTO, E. Aplicação de nitrogênio a taxa variável em cultura de trigo: estudo de caso na Unidade Piloto de Agricultura de Precisão de Não-Me-Toque, RS, Embrapa, 2014. Pg. 287 a 294.
- POSADA, L. V. Viabilidade energética e econômica da aplicação de fertilizantes em taxa variável. - Piracicaba, SP. 2016
- REZENDE. Reflexões sobre adubação nitrogenada a taxa variável. *Revista Plantio Direto*. P. 15 - 18. Maio/Junho de 2011.
- ROBERTSON, M.J.; LYLE, G.; BOWDEN, J.W. Within-field variability of wheat yield and economic implications for spatially variable nutrient management. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 105, p. 211-220, 2008.
- ROMANELLI, T.L.; MILAN, M. Energy performance of a production system of eucalyptus. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 896-903, 2010a.

SHIRATSUCHI, L. S. O avanço dos drones. Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E), 2014.

SHIRATSUCHI, L. S.; BRANDÃO, Z. N., VICENTE, L. E., VICTORIA, D. D. C.; DUCATI, J. R.; de OLIVEIRA, R. P.; & VILELA, M. D. F. Sensoriamento remoto: conceitos básicos e aplicações na agricultura de precisão. Embrapa Territorial-Capítulo em livro científico (ALICE), 2014.

SILVA, A.N.; ROMANELLI, T.L.; REICHARDT, K. Energy flow in castor bean (*Ricinus communis* L.) production systems. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 67, n. 6, p. 737-742, 2010.

SIQUEIRA, R.; GAMERO, C.A.; BOLLER, W. Balanço de energia na implantação e manejo de plantas de cobertura do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 80-89, 1999.

TEY, Y.S.; BRINDAL M. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precision Agriculture*, Adelaide, v. 3, p. 713–730, 2012.

WERNER, V. Análise econômica e experiência comparativa entre agricultura de precisão e tradicional. 2007. 134p. 2007. Tese (Doutorado em Mecanização Agrícola) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2007.