

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ADELTO REGO DOS SANTOS

**ANÁLISE DO RENDIMENTO E CONSUMO DO DISTRIBUIDOR AUTOPROPELIDO
DE FERTILIZANTES**

CHAPADINHA – MA

2022

ADELTO REGO DOS SANTOS

**ANÁLISE DO RENDIMENTO E CONSUMO DO DISTRIBUIDOR AUTOPROPELIDO
DE FERTILIZANTES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Maranhão como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Dr. Marcus Willame Lopes Carvalho

Co-orientadora: Maiane Rodrigues do Nascimento

CHAPADINHA – MA

2022

ADELTO REGO DOS SANTOS

**ANÁLISE DO RENDIMENTO E CONSUMO DO DISTRIBUIDOR AUTOPROPELIDO
DE FERTILIZANTES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Defendido e aprovado em __/__/__, pela comissão examinadora constituída pelos professores:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcus Willame Lopes Carvalho
(Orientador) Universidade Federal do Maranhão

Prof. Me. José Roberto de Oliveira
Instituto Federal do Piauí

Prof. Dr. Eduardo Silva Dos Santos
Universidade Federal do Maranhão

Rego dos Santos, Adelto.

ANÁLISE DO RENDIMENTO E CONSUMO DO DISTRIBUIDOR
AUTOPROPELIDO DE FERTILIZANTES / Adelto Rego dos
Santos, Adelto Rego dos Santos. - 2022.

29 p.

Coorientador(a): Maiane Rodrigues do Nascimento.

Orientador(a): Marcus Willame Lopes Carvalho.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha, 2022.

1. Agricultura 4.0. 2. Maquinas Agrícolas. 3.
Telemetria. I. Lopes Carvalho, Marcus Willame. II. Rego
dos Santos, Adelto. III. Rodrigues do Nascimento, Maiane.
IV. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho, primeiramente, a Deus; aos meus pais (Francisco Ciriano e Maria das Graças), meus irmãos (Domingos, Neurimar, Adão, Eva, Alzerina), a todas as pessoas e amigos que me acompanharam neste período me dando todo apoio e suporte para conclusão de mais esta etapa em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, pelo apoio e suporte em toda esta minha jornada acadêmica no curso de Engenharia Agrícola no Campus de Chapadinha.

Agradeço a UFMA do Campus de Chapadinha e a todos os funcionários da mesma, por proporcionar um ambiente amigável e criativo que possibilitou uma maior aprendizagem. Agradeço a todos os professores do Campus!

Agradeço ao Meu Orientador Drº Marcus Willame Lopes Carvalho e minha Co-orientadora Maiane Rodrigues do Nascimento pelo incentivo.

Aos meus amigos de graduação Luís Eduardo, Camila Rodrigues, Elida Dayana, Wellington Cruz, Melissa Leite, Renata Gamboa, enfim todos que estiveram comigo na jornada. Sem dúvidas, a companhia de vocês fez com que essa experiência fosse a melhor possível, espero ter vocês na minha vida pra sempre.

Aos meus amigos que moraram comigo Matheus Rodrigues, Peterson Willian e Felipe Alvim por toda paciência que tiveram comigo, por todos os momentos agradáveis que passamos juntos e por todo apoio que eu tive de vocês, meu mais sincero obrigado!

RESUMO

Um dos grandes desafios futuros da agricultura é alimentar a população mundial que está em constante crescimento. As primeiras máquinas e implementos agrícolas não tinham tecnologia avançada, e com o passar dos anos começaram desenvolver novos maquinários com melhor rendimento operacional, com alta performance. O trabalho visa ter uma análise do consumo de combustíveis de um distribuidor de fertilizante a tração autopropelida, sob diferentes velocidades de deslocamento. O trabalho foi realizado em uma unidade de produção no município de Tabaporã-MT, as informações do consumo de combustíveis, rendimento da máquina, foram armazenadas e transmitidas, via telemetria, pelo *software SYNCRO* da máquina. Os dados foram processados pelo *software RStudio* versão 3.0.2.5594 para análises estatísticas. A velocidade de operação de maquinário agrícola influencia diversos aspectos, dentre eles o consumo de combustível e a capacidade operacional, influenciando a operação realizada, nesse caso na aplicação de fertilizantes granulado. E a faixa de menor valor de consumo da máquina e de maior rendimento por hectare foi de 20 Km.h⁻¹ a 24 Km.h⁻¹.

Palavras-chave: telemetria, agricultura 4.0, máquinas agrícolas

ABSTRACT

One of the great future challenges of agriculture is to feed the world's population, which is constantly growing. the first agricultural machines and implements did not have advanced technology, and over the years they began to develop new machinery with better operating performance, with high performance. The work aims to analyze the fuel consumption of a self-propelled broadcast fertilizer spreader, under different displacement speeds. The work was carried out in a production unit in the municipality of Tabaporã-MT, information on fuel consumption, machine performance, were stored and transmitted via telemetry by the machine's SYNCRO software. Data were processed by RStudio software version 3.0.2.5594 for statistical analysis. The operating speed of agricultural machinery influences several aspects, including fuel consumption and operational capacity, influencing the operation performed, in this case in the application of granulated fertilizers. And the range of lowest machine consumption and highest yield per hectare was from 20 Km.h⁻¹ to 24 Km.h⁻¹.

Keywords: telemetry, agriculture 4.0, agricultural machines

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Mapa de localização do município de Tabaporã – MT	11
Figura 02. Área de estudo com distribuidor de fertilizantes autopropelido Hercules 6.0	12
Figura 03. Painel de telemetria da máquina em estudo, Hercules 6.0	13
Figura 04. Relação entre rendimento de área operada e consumo de combustível em função da velocidade de operação da máquina	15
Figura 05. Relação entre rendimento de área operada e consumo de combustível médio por hora em função da velocidade de operação da máquina	16
Figura 06. Relação entre rendimento de área operada e consumo de combustível médio por hectare em função da velocidade de operação da máquina	17
Figura 07. Relação entre rotação do motor e consumo de combustível em função da velocidade de operação da máquina	18

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Comparação de médias entre as diferentes faixas de velocidades para área, consumo, consumo médio por hora, consumo médio por hectare e rotação média do motor 14

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	Objetivo Geral	6
2.1	Objetivos Específicos	6
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1	Importância das máquinas na agricultura	7
3.2	Distribuidor de fertilizantes em taxas variáveis	8
3.3	Agricultura de precisão e agricultura 4.0	9
3.4	Relação velocidade e desempenho	10
4	METODOLOGIA	11
4.1	Área de estudo	11
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
6	CONCLUSÃO	19
	REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios futuros da agricultura é alimentar a população mundial que está em constante crescimento. Estima-se que está deverá chegar em 2024 a 8 bilhões de pessoas e, em 2050, a 9,5 bilhões (ONU, 2012). O aumento da produtividade das culturas depende da interação de vários fatores como os inerentes ao solo, à planta, ao clima e ao manejo da produção. Outro grande desafio é o uso racional de recursos e insumos necessários para alcançar maiores produtividades de forma sustentável.

Segundo Crepaldi (2016), atualmente o custo da produção agrícola tem um preço bem elevado, para se ter uma boa produtividade é grande, deve se fazer um alto investimento, desde a compra de insumo de boa qualidade, regular máquina na época correta, e com peças de boa qualidade, é necessário o uso de sementes de um grau elevado de qualidade, adubação e defensivos agrícolas, os quais têm preços elevados. É fundamental plantar na época certa, para ter uma maior garantia na produção.

A evolução da mecanização agrícola deu um grande impulso na produção de grãos em todos os países. Assim, adotar técnicas de mecanização agrícola significa modernidade e eficiência compatíveis com a produtividade agropecuária (TEIXEIRA, 2018).

No contexto geral, aumento da tecnologia nas máquinas, houve uma grande variedade de equipamentos para a utilização na produção agrícola. Para a aquisição destes equipamentos agrícolas exigem saber algumas características importantes a serem levadas em consideração, como o tamanho da propriedade rural, tipo de cultura e até os implementos utilizados. Essas características indicam o produto mais adequado para cada operação (MASSEY FERGUSON, 2021)

As ferramentas de agricultura de precisão se inserem neste contexto como instrumento de gerenciamento possibilitando o acompanhamento detalhado das culturas, conhecendo e descobrindo detalhes das lavouras a cada ciclo de produção, visando não somente o aumento da produtividade, mas, também, manter a quantidade de insumos ou mesmo a produtividade, reduzindo a quantidade de insumos aplicados em determinada área (WERNER et al., 2007).

De acordo com Silveira et al. (2013), avaliação do desempenho de tratores agrícolas, em ensaios de campo, geram informações que possibilitam racionalizar o uso de insumos e maior economia de combustível. Para avaliar o desempenho operacional de tratores agrícolas são mensuradas força de tração, consumo horário de combustível, consumo específico, velocidade, patinação dos rodados entre outros.

Segundo Cortez et al. (2008) observaram que o uso de marchas de menores velocidades promove menor consumo de combustível devido à baixa potência exigida. O consumo específico

de combustível também é afetado pelas marchas, sendo que a marcha de menor velocidade apresenta maior consumo de combustível, devido ao maior tempo para realizar a operação em uma determinada área.

Para Bernardi et al. (2013) ao implementar técnicas de Agricultura de precisão proporciona-se como ferramentas ligadas ao desenvolvimento sustentável do setor agrícola, uma vez que além de ser um algoritmo racional de aplicação de insumos, possibilita também a maximização da área agrícola produtiva e aumento da produtividade, explorando com maior eficácia os recursos produtivos. Desta forma, com o uso e adoção destes procedimentos tecnológicos existentes haverá um direcionamento possibilitando recomendação de aplicação de insumos (corretivos, fertilizantes e defensivos) e uso de recursos naturais de forma mais eficiente, com perspectiva de elevado retorno econômico e baixo impacto ambiental.

Diante disso, trabalhos como estes são de suma importância para avaliação do consumo de combustível em maquinários agrícolas e determinação da velocidade de operação que proporcione maior rendimento e economia para o agricultor.

2 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho de um distribuidor autopropelido de fertilizantes em diferentes faixas de velocidade de operação.

2.1 Objetivos Específicos

- Realizar a análise do consumo e capacidade operacional da máquina;
- Realizar análise de desempenho da máquina por hectare.
- Determinar a faixa de velocidade ideal de operação da máquina Hercules 6.0 em relação ao consumo de combustível.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Importância das máquinas na agricultura

Ainda no século XVIII, a agricultura utilizava ferro e/ou madeira para fabricação dos instrumentos de forma artesanal, com tecnologia rudimentar. A partir da Revolução Industrial, o crescimento da população urbana e, conseqüentemente, a maior demanda por alimentos geraram a necessidade de aumentar a produtividade agrícola (FONSECA, 1990).

Por volta do século 18, as primeiras máquinas e implementos agrícolas começaram a ser construídos na Europa. O grande movimento de pessoas do campo para as cidades, conhecido como êxodo rural, teve grande influência da primeira Revolução Industrial, reduzindo a força de trabalho no campo e aumentando a demanda por produtos primários. Estes fatores levaram os agricultores a desenvolverem máquinas, ainda que rudimentares, para aumentar a produtividade do trabalho no campo. Tais máquinas eram compostas de plantadeiras, semeadeiras e ceifadeiras (VIAN e ANDRADE JÚNIOR, 2010).

De acordo com Rasmussen (1983 apud Fonseca, 1990), todo o impulso para as grandes mudanças na agricultura e para a conversão de tração humana e tração animal para a força mecânica veio da guerra civil norte-americana.

Para Vian et al., (2013), os Estados Unidos tiveram o papel fundamental no desenvolvimento e no uso de tratores, grandes trilhadoras e “combines”, as colhedoras movidas a vapor, que executavam em um dia a colheita de 12 hectares de trigo e realizavam todas as operações necessárias até o ensacamento do grão. Na cidade de Dakota, por volta de 1880, as arações eram realizadas em grande escala, com dezenas de arados trabalhando simultaneamente e paralelamente. Esses arados eram montados sobre pequenos carros sobre duas rodas em que um homem direcionava quatro cavalos que geravam a tração para o cultivo de imensas áreas.

Vale observar que a mecanização não ficou limitada às grandes fazendas monocultoras, mas expandiu-se para outros agricultores. Essa tendência à mecanização firmou-se no começo do século XX. As vendas anuais de máquinas agrícolas dos Estados Unidos, incluindo as exportações, alcançaram 101 milhões de dólares, frente a 7 milhões de dólares ao ano, alcançados 50 anos antes (FONSECA, 1990).

No Brasil, o processo de produção doméstica de tratores teve início na década de 1920, ainda de forma discreta, quando o governo federal permitiu a instalação da Ford, em território nacional, para a montagem do trator Fordson, o qual era importado dos Estados Unidos (CASTILHOS et al., 2008). A partir desta iniciativa, novas empresas do ramo de máquinas e implementos agrícolas entraram em operação no Brasil entre as décadas de 1920 e 1940. Empresas nacionais, como a Baldas e filiais de grupos estrangeiros, como a International Harvester, são exemplos da expansão do setor nesse período (CASTILHOS et al., 2008).

A evolução do setor de máquinas e implementos para a agricultura, teve impacto direto na modificação das técnicas de produção, bem como a trajetória de oferta de produtos agrícolas, permitindo o acesso a práticas de produção mais eficientes na agricultura. O grande aumento da procura por mecanização e tecnologias cada vez mais avançadas, tornam-se fatores fundamentalmente importantes para o entendimento das atuais tendências deste setor (VIAN e ANDRADE JÚNIOR, 2010).

3.2 Agricultura de precisão e Agricultura 4.0

O termo agricultura de precisão, é definido como uma prática agrícola que utiliza tecnologia de informação no manejo da propriedade e leva em consideração a variabilidade espacial e temporal que podem interferir na produtividade, visando o gerenciamento detalhado de todo o sistema de produção agrícola, não somente nas aplicações de insumos ou de mapeamentos diversos, mas de todo os processos envolvidos na produção. Garantindo assim, a obtenção de um maior retorno econômico e menos impactos ao meio ambiente (BORGES et al., 2022).

Para Molin (2011) o ciclo da agricultura de precisão inicia-se pela geração de mapas de colheita, seguido por análises de solo em grade, interpretação de dados, em seguida, pela aplicação de insumos a taxa variada e pôr fim a utilização de técnicas constantes de monitoramento da lavoura, acrescentando no desenvolvimento agrícolas, e aumentando na produtividades.

A Agricultura 4.0 faz uso de métodos computacionais de alto desempenho, rede de sensores, comunicação máquina para máquina, conectividade entre dispositivos móveis, computação em nuvem, métodos e soluções analíticas que processam grandes volumes de dados e constroem sistemas de suporte à tomada de decisões. Essa tecnologia, contribui com o aumento da produtividade, da eficiência do uso de insumos, da redução de custos de mão de obra, melhoria da qualidade do trabalho e a segurança dos trabalhadores e diminuição dos impactos ao meio ambiente. Inclui a agricultura e pecuária de precisão, automação e robótica agrícola, além de técnicas de big data e a Internet das Coisas (MASSRUHÁ; LEITE, 2017; YAHYA, 2018).

A transformação mais importante consiste na capacidade de coletar mais dados e medições sobre a produção: qualidade do solo, níveis de irrigação, clima, presença de insetos e pragas. Esses dados são obtidos a partir de sensores embarcados em tratores e implementados diretamente no campo e no solo ou com o uso de drones ou imagens de satélite. A tecnologia é a base da agricultura 4.0, visto que um dos desafios do setor é a padronização tecnológica que garanta a compatibilidade dos equipamentos, requerendo capacidade dos agricultores de investimento em modernização (BONNEAU et al., 2017).

De acordo com Kerber (2016) os avanços decorrentes da adoção de técnicas relacionadas à agricultura de precisão foram de fundamental importância para o aperfeiçoamento e desenvolvimento da agricultura, principalmente em regiões brasileiras com solos considerados ácidos e de baixa fertilidade.

Os grandes avanços tecnológicos das atividades agrícolas, obtidos por investimentos neste setor contribuem para a melhoria da produção e ampliam a capacidade de inovação de toda a cadeia produtiva, favorecendo a competitividade do setor, por meio da especialização e de novas demandas tecnológicas (HENG, 2014; SIPSAS et. al., 2016; DRATH e HORCH, 2014).

3.3 Distribuidor de fertilizantes em taxas variáveis

Segundo Dallmeyer e Schlosser 1999, a adoção da agricultura de precisão visa solucionar os principais problemas levantados em sua lavoura, através de mapas de produtividade, fertilidade, deficiência hídrica, etc. Uma das soluções dos problemas de baixa fertilidade, consiste na aplicação de fertilizantes a taxa variável atuando diretamente sobre as variações espaciais e temporais da lavouras. Para isto, são montados dispositivos em máquinas de aplicação que comandam as decisões de variação da aplicação, processando os dados dos sensores (TDP, velocidade, posição no campo etc) e os dados inseridos pelo usuário aplicando-se, portanto, a dose necessária.

Essa tecnologia segue o principal conceito da agricultura de precisão, que é a aplicação no lugar certo, na hora certa e na quantidade do produto a ser aplicado para produção, que vem se fazendo em áreas cada vez menores, sempre utilizando a tecnologia a seu favor e custos que permitam fazer esse trabalho (DODERMANN e PING, 2004).

Uma das ferramentas mais utilizadas da agricultura de precisão é a aplicação da taxa variável, que segundo Saraiva et al. (1998), estão divididos entre espalhadores de sementes, espalhadores de fertilizantes, pulverizadores de pesticidas e espalhadores de calcário.

Um dos problemas relacionados aos aplicadores a lavoura segundo Delafosse e Bogliani (1989) é a maior concentração de produto no centro geométrico da máquina. Por esta razão deve-se efetuar o levantamento do perfil transversal através de ensaios; por meio desse perfil, pode-se determinar a porcentagem adequada de sobreposição que resulta em uma aplicação homogênea.

3.4 Relação velocidade e desempenho

De acordo com Montanha et al., (2011) vários métodos podem ser utilizados no estudo do desempenho de máquinas agrícolas. Dentre eles o método direto se utiliza de instrumentos e monitoramentos das máquinas, que permitem a determinação dos fatores que otimizam os seus desempenhos, tais como capacidade operacional, eficiência e consumo de combustível (CORDEIRO, 2000).

O conceito de custos, na agricultura, compreende todos os gastos relacionados de forma direta ou indireta, como, por exemplo, os custos de semente, colaboradores, insumos químicos, depreciação das máquinas, implementos e estruturas, combustíveis, manutenção, entre outros. Todos os gastos são considerados desde a preparação até colheita. A apuração dos custos é feita

por parte da contabilidade, onde são analisados o comportamento dos custos e outros fatores necessários à produção do produto final (MARION, 2014).

Mialhe (1996), afirma ainda, que a mensuração da quantidade de combustível consumida, corresponde um dos aspectos mais importantes da avaliação do rendimento de um motor, ou seja, do seu desempenho. O consumo de combustível pode ser expresso de duas maneiras: em relação ao tempo ($L.h^{-1}$; $kg.h^{-1}$, etc) e em relação ao trabalho mecânico desenvolvido (consumo específico = $g cv.h^{-1}$; $g kW.h^{-1}$, etc). O consumo horário geralmente é obtido por leitura direta de instrumentos de mensuração que podem ser expressas em termos ponderais ($kg.h^{-1}$) ou volumétrico ($L.h^{-1}$).

Porém, um dos principais problemas encontrados na utilização desta tecnologias consiste na falta de conhecimento sobre o desempenho dessas máquinas. Em virtude disso, esses equipamentos são utilizados fora das recomendações, contribuindo para um maior consumo de combustível e conseqüentemente, na elevação dos custos de produção (NASCIMENTO et al., 2016).

Jasper et al., (2017) avaliando o desempenho do trator de 157 Kw na condição manual e automático de gerenciamento de marchas observaram que o gerenciamento automático de marchas desempenhou maior velocidade de deslocamento, maior potencia e rendimento da barra de tração e menor consumo de combustível quando comparado ao sistema manual.

Barros et al., (2015) avaliando um sistema de aplicação de fertilizantes a taxa variável adaptado à cultura cafeeira em Minas Gerais, observaram que as variações de doses e velocidades não interferiram na precisão de aplicação do sistema, validando o uso do controlador em diferentes condições de campo.

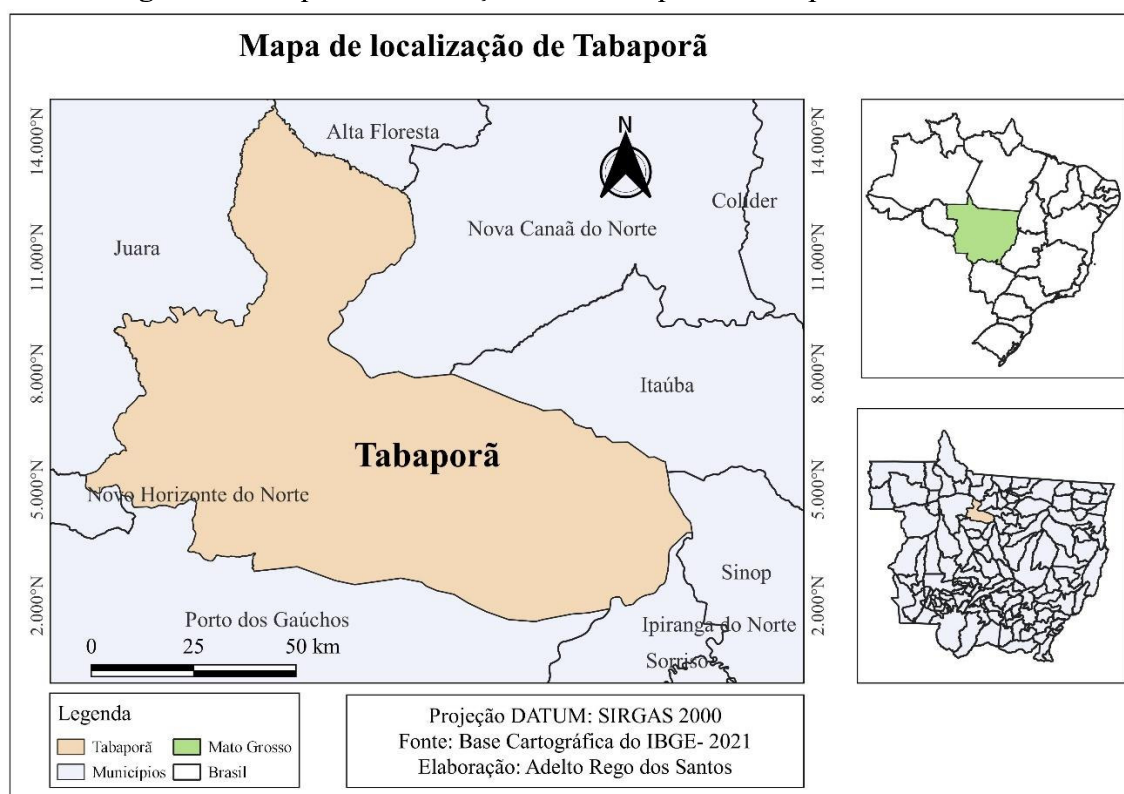
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado em uma fazenda localizada no município de Tabaporã, (MT) no mês de março de 2022. A propriedade está localizada entre os paralelos 10° e 12° e meridianos 57° e 58°, no Noroeste do Estado do Mato Grosso, mostra na figura 01, com latitude 11° 45' 25" e Longitude 57° 22' 10".

Segundo a classificação de Koppen, Tabaporã apresenta um clima tropical chuvoso, com uma estação seca bem definida, de maio a setembro. Na época das águas, o município registra precipitação média anual de 2.500mm, volume hídrico ótimo para a agricultura, e a temperatura média anual do local é de 24° C (CLIMATE-DATA.Org, 2015).

Figura 01. Mapa de localização do município de Tabaporã - MT



Fonte: Autor, 2022

Para o experimento, foi utilizado o Hércules 6.0, um distribuidor de fertilizantes autopropelido da marca Stara, com um motor eletrônico MWM de 220 CV Turbo, com capacidade de carga de até 6.000 Kg, que permite fazer a distribuição em uma largura de aproximadamente 36 metros e possui um sistema de agricultura de precisão denominado TOPPER 5500 (Figura 02).

Figura 02. Área de estudo com distribuidor de fertilizantes autopropelido Hercules 6 .0



Fonte: Alvim, 2022

A operação agrícola escolhida para o desenvolvimento do trabalho foi a adubação nitrogenada de cobertura com ureia, para isso, aguardou-se o calendário de aplicações da Fazenda Próspera que disponibilizou o produto utilizado no experimento.

As variáveis analisadas foram o consumo médio em litros por hectare, consumo em litros por hora e a área de operação com máquina em funcionamento por um período de 30 min/ hora para cada faixa de velocidade e rotação do motor por minuto (RPM). As informações de desempenho da máquina autopropelido foram coletadas por meio do sistema de telemetria Conecta e Syncro presente na máquina. Essas informações são passadas via sincronização com o sistema de telemetria da máquina, para a central localizado na sede da fazenda. No qual, é feito acompanhamento e monitoramento das máquinas realizando aplicação do fertilizante., conforme mostra na figura 03.

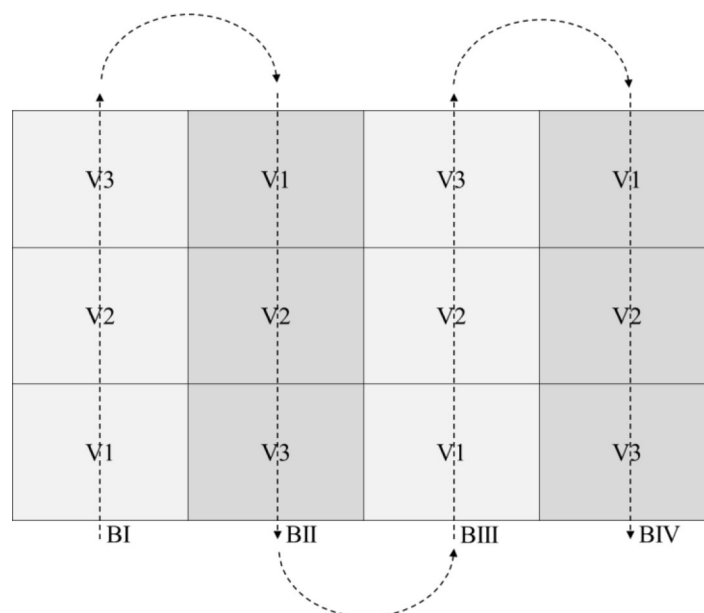
Figura 03. Painel de telemetria da máquina em estudo, Hercules 6.0



Fonte: Alvim, 2022

Três faixas de velocidades foram designadas, sendo assim a primeira faixa V1 de 12 a 16 km h⁻¹, a V2 de 16 a 20 km h⁻¹ e a V3 de 20 a 24 km h⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos, as três faixas de velocidade com quatro repetições cada, totalizando 12 unidades experimentais Figura 04. Após a análise de variância (ANOVA), as médias das amostras foram submetidas ao teste TUKEI considerando o nível de 5% de significância. Para realizar a análise estatística foi utilizado o software R versão 3.0.2.5594.

FIGURA 04. Coqui do experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5 RESULTADOS E DISCURSSÕES

Observou-se na Tabela 01, que a maioria dos parâmetros avaliados não diferiram estatisticamente entre si, com exceção da área de aplicação, que aumentou conforme houve aumento da velocidade de operação, sendo que a faixa de velocidade de 10 a 16 km h⁻¹ apresentou menor Capacidade operacional (ha/h). área por hectare, enquanto para a velocidade de 20 a 24 km h⁻¹ apresentou o maior rendimento por área.

Tabela 1. Comparação de médias entre as diferentes faixas de velocidades para área, consumo (L), consumo médio por hora (CONSUMO MED), consumo médio por hectare (CONSUMO MED/HECTARE) e rotação média do motor (RPM).

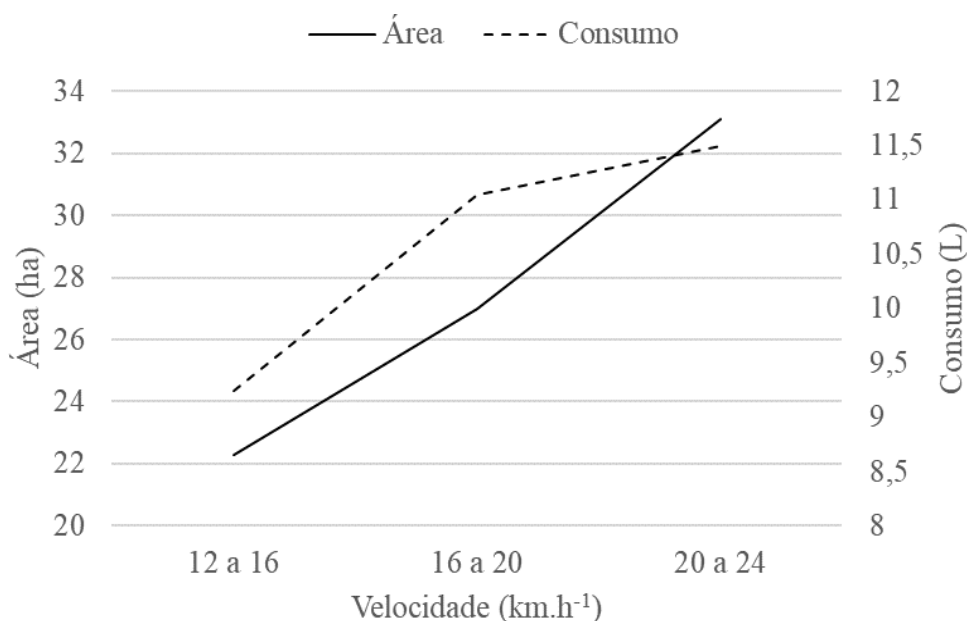
VELOCIDADE (km h ⁻¹)	ÁREA (HECTARE)	CONSUMO (L)	CONSUMO MED (L/HORA)	CONSUMO MED/HECTARE (L)	RPM (MED)
10 a 16	22,99 c	9,2395 a	16,8694 a	0,4017 a	1972,785 a
16 a 20	26,99 b	11,0473 a	21,2063 a	0,4109 a	2012,973 a
20 a 24	33,08 a	11,4988 a	22,2457 a	0,3465 a	2062,468 a
CV (%)	5,1	16,4	16	13,07	3,4

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Analisando os outros parâmetros avaliados, apesar de não apresentarem diferença significativa, é possível observar tendências de redução do consumo de combustíveis com o aumento da velocidade. Na figura 05, foi analisada a área adubada em relação ao consumo de combustível em litros para as diferentes faixas de velocidade de trabalho. Foi possível observar que quanto maior a velocidade, maior era o aumento de área adubada e consumo de combustível. Porém, quando a velocidade atinge a faixa de 16 e 20 km h⁻¹, observa-se uma tendência de redução do consumo de combustível, enquanto a área permanece em constante crescimento. Após atingir a velocidade de 20 km h⁻¹, nota-se que é possível adubar uma maior quantidade de área por um menor gasto de combustível na operação.

Segundo Maran (2015), cabe ressaltar que a redução da rotação do motor permitiu que ele trabalhasse em condição próxima à faixa de torque máxima, contribuindo para a diminuição do consumo de combustível, devido à maior força disponibilizada pelo mesmo nesta faixa de rotação e pela menor perda de energia interna, devido ao menor atrito interno entre as suas peças móveis nesta faixa de rotação.

Figura 05. Relação entre rendimento de área operada e consumo de combustível em função da velocidade de operação da máquina

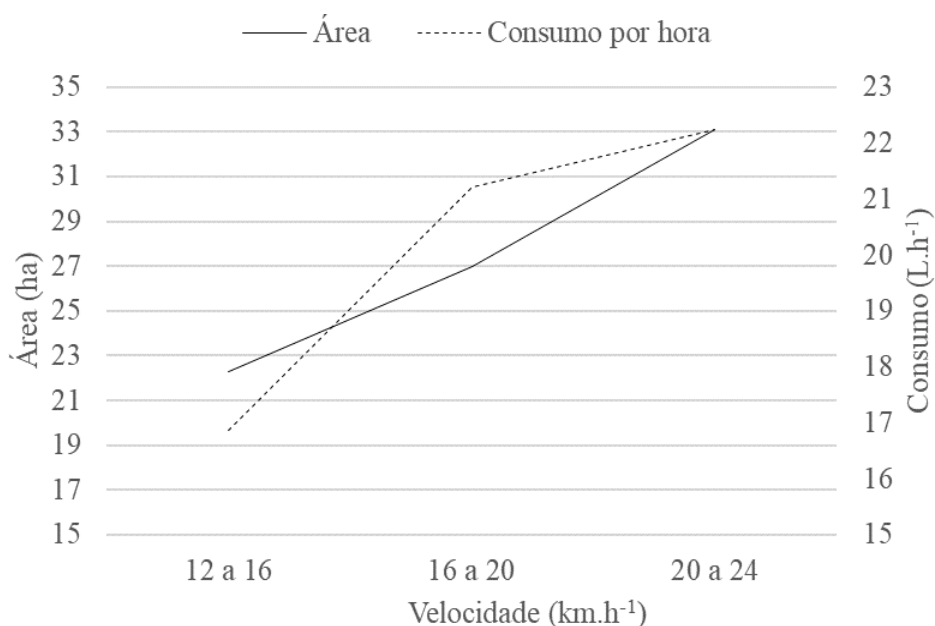


Fonte: Autor,2022

Essa mesma tendência pode ser observada na Figura 06, quando se relaciona velocidade com o consumo de combustível por hora. Assim como no consumo por litro, quando a máquina alcançou a faixa de velocidade de 16 a 20 Km.h⁻¹, observa-se a mesma tendência de redução no consumo por hora de trabalho. Na velocidade de 20 a 24 Km h⁻¹, é notório um melhor rendimento operacional, uma vez que o consumo é reduzido com aumento da velocidade.

Nesta condição do experimento, é possível afirmar que com o aumento da velocidade, houve um melhor rendimento de área adubada e um menor consumo de combustível. A redução no consumo de combustível operacional (L.h⁻¹) com aumento da velocidade também foi observado por Furlani et al. (2009), de acordo com os autores, apesar do aumento da velocidade de operação, essa redução é compensada pela maior rapidez para trabalhar um hectare; sendo assim, esse consumo acaba sendo menor na maior velocidade.

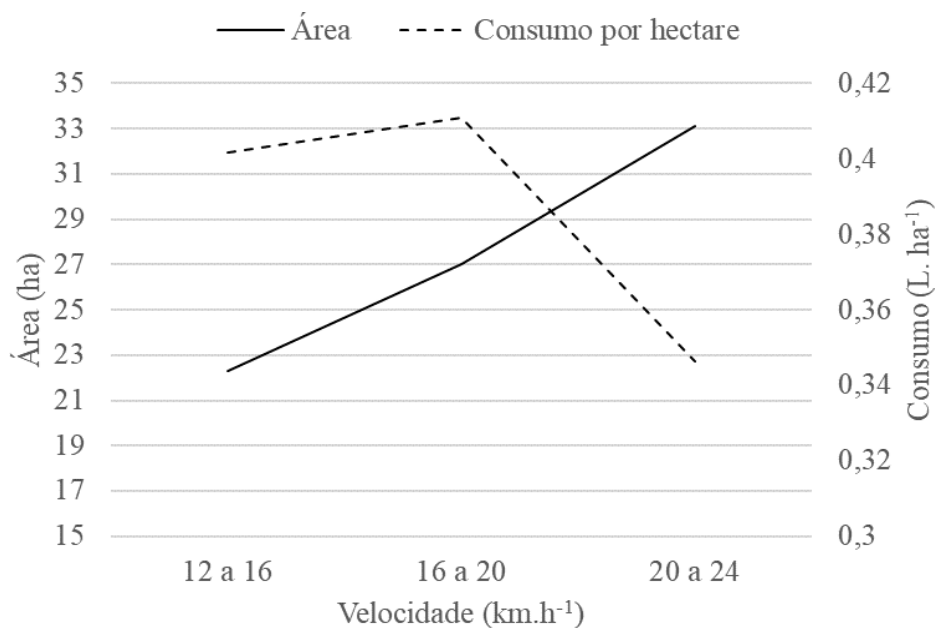
Figura 06. Relação entre rendimento de área operada e consumo de combustível médio por hora em função da velocidade de operação da máquina



Fonte: Autor, 2022

Essa tendência é bem mais expressiva quando se relaciona área e consumo por hectare (Figura 07). Observa-se que nas faixas de velocidade de 12 a 16 km.h⁻¹ e de 16 a 20 km h⁻¹. Houve um maior consumo de combustível por hectares. Ao atingir a faixa de velocidade de 20 a 24 km h⁻¹ observa-se que houve uma redução expressiva no consumo por hectare, ou seja, quanto menor é velocidades de trabalho da máquina maior será o consumo de combustível. Estes resultados corroboram com os observados por Queiroz et al., (2017), avaliando o consumo operacional (L.ha⁻¹) em diferentes marchas, sendo que o consumo operacional foi maior na marcha que corresponde à menor velocidade, consequentemente o tempo de operação em uma mesma área na menor velocidade será maior, resultando em maior consumo de combustível por área trabalhada.

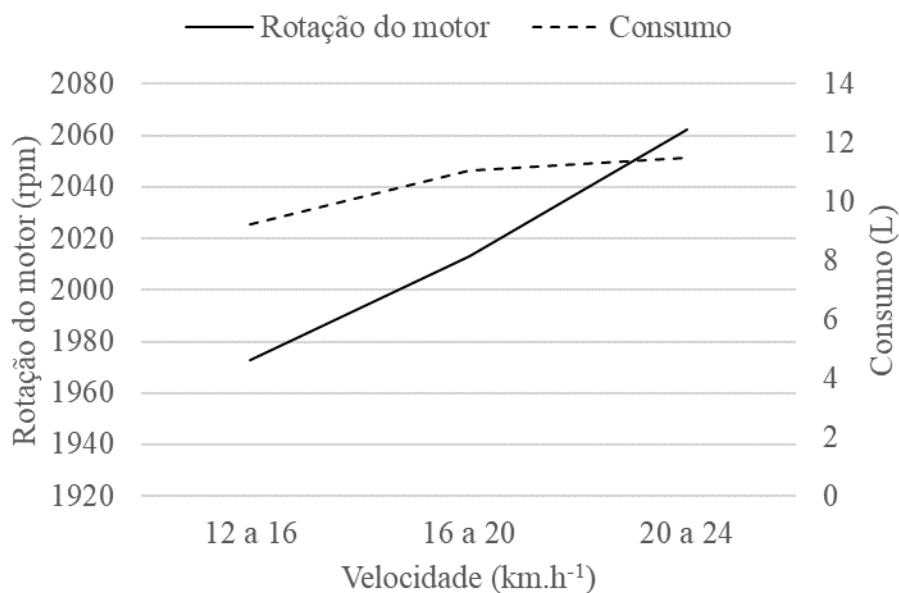
Figura 07. Relação entre rendimento de área operada e consumo de combustível médio por hectare em função da velocidade de operação da máquina



Fonte: Autor, 2022

Ao relacionar as faixas de velocidade com a rotação do motor, observou-se que com o aumento da velocidade foi proporcionado aumento na rotação do motor e consequentemente aumento no consumo de combustível até a velocidade de 16 a 20 km.h⁻¹, seguida por uma leve estabilização. (Figura 8).

Figura 08. Relação entre rotação do motor e consumo de combustível em função da velocidade de operação da máquina



Fonte: Autor, 2022

Destaca-se que os trabalhos utilizando um distribuidor autopropelido de fertilizantes ainda são escassos, o que dificultou na discussão dos resultados encontrados neste experimento, evidenciando a importância da realização deste trabalho. Além disso, a realização de estudos que avaliam o consumo e rendimentos das máquinas agrícolas, são de fundamental importância pois trazem informações relevantes para determinação dos custos operacionais, conforme Lopes (2000). Nota-se, também, a importância da realização de estudos complementares que disc avaliar a eficiência de aplicação do fertilizante nas diferentes faixas de velocidade.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, pode-se verificar que a faixa de velocidade que proporcionou um melhor rendimento operacional do distribuidor de fertilizante autopropelido Hercules 6.0, a lancha foi na velocidade de 20 a 24 km h⁻¹.

Apesar da ausência de diferença significativa entre as faixas de velocidade observa-se que em baixas velocidade há uma redução no rendimento da máquina em virtude do aumento do consumo de combustível, sendo assim não é viável trabalhar em velocidades menores que de 20 km h⁻¹.

REFERÊNCIAS

- BACHA, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2012.
- BARROS, J. R. M. **Fundamentos de uma nova política agrícola**. Brasília: Ministério da Agricultura/CFP, 1983. 39 p. (Coleção Análise e Pesquisa, v. 26)
- BARROS, M. M., VOLPATO, C. E. S., DA SILVA, F. C., PALMA, M. A. Z., & SPAGNOLO, R. T. Avaliação de um sistema de aplicação de fertilizantes a taxa variável adaptado à cultura cafeeira. *Coffee Science*, v. 10, n. 2, p. 223-232, 2015.
- BASSANI, R. **Análise econômica da operação de preparo de solo para a cultura do arroz usando dois conjuntos trator-grade**. 2021. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS
- BERNARDI, A.C.C.; INAMASU, R.Y. **Adoção de Agricultura de Precisão no Brasil**. Brasília - DF: BERNARDI ET AL., 2013, p. 559 - 577.
- BONNEAU, V.; COPIGNEAUX, B.; PROBST, L.; PEDERSEN, B. Industry 4.0 in agriculture: **Focus on IoT aspects**. European Comission, 2017
- BORGES, L. C., DOS REIS NASCIMENTO, A., & MORGADO, C. M. A. Agricultura de precisão: ferramenta de gestão na rentabilidade e produtividade de grãos. *Scientific Electronic Archives*, v. 15, n. 3, 2022.
- CLIMATE-DATA.Org – **Dados Climáticos para Cidades Mundiais**. Clima: Tabaporã. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/33901/>>. Acesso em: 12 julho 2022.
- CONCEIÇÃO, J.C.P.R; CONCEIÇÃO, P.H. Z. **Agricultura: evolução e importância para a balança comercial brasileira**. Texto para Discussão, 2014.
- CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. Efeito residual do preparo do solo e velocidade de deslocamento na operação de semeadura da *Crotalaria juncea*. **Scientia Agraria, Curitiba**, v.9, n.3, p.357- 362, 2008.
- CREPALDI, S., A. Contabilidade rural: uma abordagem decisoria. 8. ed. São Paulo: **Atlas**, 2016.
- DALLMEYER, A. U.; SCHLOSSER, J. F. **Mecanización para la agricultura de precisión**. In: Blu, R. O.; Molina, L. F. (org.). **Agricultura de precisión – introducción al manejo sitio-específico**, 1999. Chillán: INIA e Cargill Chile, 1999, cap.3, 128p
- DEERE, J. **Annual Report**. 1999-2008
- DODERMANN, A.; PING, J.L. **Geostatistical integration of yield monitor data and remote sensing improves yield maps**. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, n.1, p.285-297, 2004
- FONSECA, M. D. G. D. **Concorrência e progresso técnico na indústria de máquinas para agricultura: um estudo sobre trajetórias tecnológicas**. 1990. 268 (Doutorado). Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo.
- FURLANI, C. E; PAVAN JÚNIOR, Á; LOPES, A; SILVA, R. P; GROTTA, D. C; CORTEZ, J.

W. Desempenho operacional de semeadura-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade. Engenharia Agrícola, v. 27, p. 456-462, 2007.

HENG, S. Industry 4.0: **Huge potential for value creation waiting to be tapped**. 2014. Deutsche Bank Research, 2014.

JASPER, S. P., BUENO, L. D. S. R., LASKOSKI, M., LANGHINOTTI, C. W., & PARIZE, G. L. Desempenho do trator de 157KW na condição manual e automático de gerenciamento de marchas. *Scientia Agraria*, v. 17, n. 3, p. 55-60, 2016.

KERBER, L. **O impacto da variação entre as doses de calcário na distribuição a lanço**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2016. 29p.

LOPES, A. **Desempenho de um trator agrícola em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento em um solo argiloso**. 2000. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

MARION, J., C. Contabilidade Rural. São Paulo: **Atlas**, 2014

MASSRUHÁ, S. M. F. S. Tecnologias da informação e da comunicação: o papel na agricultura. *Agroanalysis. Revista do Agronegócio da FGV*, São Paulo, v. 35, n. 9, p. 29-31, 2015.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz - FEALQ, p.722, 1996.

MOLIN, J.P. **Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade**.

Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/molín/definicao.pdf>. Acesso em 09 de julho de 2022.

NASCIMENTO, E.M.S.: AMORIM, M. Q.; ARAUJO, K. L. B.; CHIODEROLI, C.A.; OLIVEIRA, J. L. P. **Desempenho operacional do conjunto microtrator-rotoencanteirador**. *Nucleus*, Ituverava, v.13, n.2, p. 291-300, 2016

ONU. **United Nations. department of economic and social affairs**, Population Estimates and Projections Section, 2012.

QUEIROZ, R. F. D., MOTA, W. A. D; MACEDO, D. X. S; COSTA, E; CHIODEROLI, C. Cargas

no depósito de fertilizante de uma semeadora-adubadora e desempenho operacional. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 271-277, 2017.

SARAIVA, A. M.; CUGNASCA, C. E.; PAZ, S. M. O problema da padronização e da integração de sistemas da agricultura de precisão. In: Congresso e Feira para usuários de Geoprocessamento da América Latina, 4, 25-29/05/1998. Anais, Curitiba, **SAGRES Editora**. 1998

SILVA, C. B. D; VOLPATO, C. E. S; ANDRADE, L. A. D. B; BARBOSA, J. A Avaliação ergonômica de uma colhedora de cana-deaçúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 179–185, fev. 2011.

SILVA, R.P; BARICELO, L. G; FREITAS, V. C.E **Evolução, composição e distribuição regional do estoque de tratores e máquinas agrícolas no Brasil**. UMA JORNADA PELOS CONTRASTES DO BRASIL, p. 149, 2020.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L.; TROGELLO, E.

Demanda energética de uma semeadora-adubadora em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.44-52, 2013.

TEIXEIRA, P. E. G. **Curso de mecanização agrícola**. Ensino técnico e extensão universitária: Universidade Federal da Amazônia, 2018.

Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010. Melsi Maran. Diagnósticos e regulagens de motores de combustão interna. **SESI SENAI Editora**, 5 de nov de 2015. 192p

VIAN, C. E. D. F; ANDRADE JÚNIOR, A. M; BARICELO, L. G; SILVA, R. P. D. (2013). Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 51(4), 719-744.

VIAN, C. E. F; ANDRADE JÚNIOR, A. M. **Evolução histórica da indústria de máquinas agrícolas no mundo: origens e tendências**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL - SOBER, 48., 2010, Campo Grande. Anais...Campo Grande, MS: [s.n.], 2010.

WERNER, V., SCHLOSSER, J. F., ROZIN, D., PINHEIRO, E. D., DORNELLES, M. E.

Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 658-663, 2007.

VIAN, Carlos Eduardo de Freitas et al. Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, p. 719-744, 2013.