

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**GUILHERME FIGUEIRA OLIVEIRA**

**ESTIMATIVA DO PREÇO DE MERCADO DE TRATORES AGRÍCOLAS 4X2 TDA  
USADOS A PARTIR DO ÍNDICE DE PREÇO/POTÊNCIA.**

**ALEGRETE  
2025**

**GUILHERME FIGUEIRA OLIVEIRA**

**ESTIMATIVA DO PREÇO DE MERCADO DE TRATORES AGRÍCOLAS 4X2 TDA  
USADOS A PARTIR DO ÍNDICE DE PREÇO/POTÊNCIA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Vilnei de Oliveira Dias

**ALEGRETE  
2025**

**GUILHERME FIGUEIRA OLIVEIRA**

**ESTIMATIVA DO PREÇO DE MERCADO DE TRATORES AGRÍCOLAS 4X2 TDA USADOS A PARTIR DO ÍNDICE DE PREÇO/POTÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 17, dezembro de 2025.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Vilnei de Oliveira Dias

Orientador

(UNIPAMPA)

---

Eng. Agrícola Giulian Rubira Gautério

(UNIPAMPA)

---

Eng.<sup>a</sup> Agrícola, Me. Bruna Flores Batistella

(UFSM - UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **VILNEI DE OLIVEIRA DIAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/12/2025, às 10:50, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **GIULIAN RUBIRA GAUTERIO, ENGENHEIRO-AREA**, em 18/12/2025, às 14:13, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **BRUNA FLORES BATISTELLA, ENGENHEIRO-AREA**, em 18/12/2025, às 14:47, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1931938** e o código CRC **18C6AD74**.

---

## RESUMO

O mercado de máquinas agrícolas usadas no Brasil carece de um referencial de preços confiável e acessível, dificultando as negociações e a avaliação de ativos. Este trabalho teve como objetivo principal desenvolver uma metodologia para estimar o preço de mercado de tratores agrícolas 4x2 com Tração Dianteira Auxiliar (TDA) usados, utilizando a teoria de números índices. A metodologia baseou-se na definição de um Índice de Preço/Potência geral (US\$ kW<sup>-1</sup>), calculado a partir de uma amostra de 350 anúncios de tratores coletados em plataformas digitais. Para refinar a estimativa, foram gerados Coeficientes de Correção (Cc) para variáveis que influenciam o preço, incluindo tempo de uso (anos), horas de uso, posto de operação, fabricante e classe de potência. O Índice de Preço/Potência Geral (I<sub>g</sub>) encontrado foi de US\$590,90/kW, mas com um Coeficiente de Variação (CV) de 33%, indicando alta dispersão. Para mitigar a superestimação em tratores novos, foi proposto um Modelo Simplificado, unificando tempo de uso e Horas de Uso no Coeficiente de Depreciação (CCdeprec). Este ajuste reduziu significativamente o Erro Médio Absoluto (EMA) da estimativa de 29,71% para 14,53%. Conclui-se que o modelo simplificado é uma ferramenta eficaz para auxiliar a precificação no mercado de tratores usados.

Palavras-Chave: Mecanização agrícola. Números índices. Depreciação.

## ABSTRACT

The used agricultural machinery market in Brazil lacks a reliable and accessible price benchmark, complicating negotiations and asset valuation. This study aimed to develop a methodology to estimate the market price of used 4x2 agricultural tractors with Auxiliary Front-Wheel Drive (MFWD), applying the theory of index numbers. The methodology was based on defining a General Price/Power Index (US\$ kW<sup>-1</sup>), calculated from a sample of 350 tractor listings collected from digital platforms. To refine the estimate, Correction Coefficients (Cc) were generated for variables influencing the price, including age, hours of use, operating post, manufacturer, and power class. The General Price/Power Index (I<sub>g</sub>) found was US\$590.90/kW, but with a high Coefficient of Variation (CV) of 33%, indicating significant data dispersion. To mitigate the overestimation observed in newer tractors, a Simplified Model was proposed, unifying Age and Hours of Use into a Depreciation Coefficient (CC<sub>deprec</sub>). This adjustment significantly reduced the Mean Absolute Error (MAE) of the estimate from 29.71% to 14.53%. It is concluded that the simplified model is an effective tool to aid pricing in the used tractor market.

Keywords: Agricultural mechanization. Index numbers. Depreciation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de tratores com rodado de esteira. (A: Esteira metálica, B: Esteira de borracha e C: Semiesteira).....	13
Figura 2 - Fluxograma para estimativas de potência. Fluxograma para estimativas de potência.....	14
Figura 3 - Passos seguidos para obtenção dos resultados.....	19
Figura 4 - Distribuição da amostra por faixas de horas de uso. ....	26
Figura 5 - Distribuição da amostra em relação as classes de potência.....	26
Figura 6 - Distribuição da amostra por posto de operação.....	27
Figura 7 - Distribuição da amostra por fabricante.....	28
Figura 8 - Evolução do índice preço/potência geral. ....	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes dos tratores agrícolas em função da sua potência motora (kW) (ANFAVEA). .....	13
Tabela 2 - Classes dos tratores agrícolas em função da sua potência motora (kW) (Cultivar Máquinas). .....	13
Tabela 3 - Concentração da amostra por faixas de tempo de uso .....	25
Tabela 4 - Estatísticas descritivas do índice preço/potência geral. ....	29
Tabela 5 - Coeficientes de correção do subgrupo Tempo de uso. ....	29
Tabela 6 - Coeficientes de correção do subgrupo Horas de Uso. ....	30
Tabela 7 - Coeficientes de correção do subgrupo Classes de Potência. ....	30
Tabela 8 - Coeficientes de correção do subgrupo Posto de operação. ....	30
Tabela 9 - Coeficientes de correção do subgrupo Marca Comercial. ....	31
Tabela 10 - Amostra teste para validação do modelo. ....	31
Tabela 11 - Resultado das estimativas de preço utilizando o modelo. ....	32
Tabela 12 - Resultado das estimativas de preço utilizando o modelo simplificado. ...	33

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1	Objetivo geral .....	11
1.2	Objetivos específicos .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>12</b>
2.1	Tratores Agrícolas .....	12
2.2	Fatores que influenciam no momento da aquisição de máquinas e tratores agrícolas.....	15
2.3	Depreciação.....	16
2.4	Números índices .....	17
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
3.1	Aquisição dos dados .....	19
3.2	Índice de preço/potência .....	20
3.3	Análise estatística.....	20
3.4	Estimativa do preço de mercado a partir do índice preço/potência e os coeficientes de correção.....	22
3.5	Validação da estimativa preço de mercado.....	23
3.6	Proposta de Simplificação do Modelo: Coeficiente de Depreciação....	23
3.7	Coeficiente de Depreciação .....	23
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>25</b>
4.1	Caracterização descritiva da amostra utilizada.....	25
4.2	Índice de Preço/potência (U\$/kW).....	28
4.3	Cálculo dos coeficientes de correção (Cc).....	29
4.4	Validação da estimativa de preço de mercado.....	31
4.5	Validação da estimativa de preço usando o modelo simplificado .....	33
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os tratores agrícolas desempenham um papel fundamental na capacidade de produção de uma propriedade. Eles estão envolvidos em diversas etapas, desde o preparo do solo até o transporte e armazenamento da produção. Por essa razão, são indispensáveis no meio rural.

No entanto, o preço elevado dos tratores novos pode representar um desafio para produtores menos capitalizados. Esse investimento pode comprometer a viabilidade econômica de suas atividades, já que, além do custo do trator, os produtores também precisam investir em outras ferramentas, insumos e demais despesas durante todas as safras, o que já representa um grande desafio.

Dessa forma, o mercado de máquinas agrícolas usadas pode ser uma ótima opção. A possibilidade de adquirir tratores, de tecnologias e potências do seu interesse com um preço reduzido, tornam esse mercado uma ótima opção para os produtores. Porém, o mercado de tratores agrícolas usados não tem um parâmetro claro para sua correta precificação.

Para veículos de passeio, utilitários, motos e caminhões, os valores de referência são facilmente encontrados em instituições especializadas, como a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE). Este órgão desempenha um papel crucial no mercado de carros usados no Brasil, oferecendo um referencial de preços que facilita as negociações, protege o consumidor e contribui para a transparência do mercado, ou seja, auxilia o vendedor na precificação do ativo e oferece ao comprador parâmetros para verificar a justeza do valor.

A forma que se tem de estimar o preço de um trator usado, é através dos cálculos de depreciação de tratores agrícolas. No entanto, como ressaltam Silva et al. (2014), no Brasil o cálculo de depreciação de máquinas agrícolas não é um campo de estudo muito explorado, e também, não se espera que os produtores saibam usá-los e, mesmo que soubessem, os métodos matemáticos para chegar a um valor podem não condizer com a realidade do mercado. Isso ressalta a importância de se ter outras formas de estimar o preço dessas máquinas.

Morais et al. (2018), abordaram uma forma diferente de estudar os valores de um trator, usando um índice de preço/potência para estudar o mercado. No entanto, o estudo se limitou a tratores novos que se enquadravam no Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF).

Esta forma de abordar o mercado de tratores agrícolas é interessante, pois, ao obter o preço médio pago pela unidade de potência, pode-se obter uma estimativa de preço de venda para um trator qualquer. Seria necessário apenas multiplicar este índice pelo número de potência do trator em questão, e assim, obter uma estimativa do preço de mercado. No entanto, como o objetivo é estimar o preço de tratores usados, é importante levar em consideração características como o ano de fabricação, fabricante, classe de potência, o seu posto de operação e horas de trabalho, já que, essas características podem afetar o preço final da máquina.

### **1.1 Objetivo geral**

Criar um índice de preço em relação a potência declarada de tratores usados (US\$/kW), que sirva como parâmetro de mercado e, a partir dele, gerar coeficientes de correção para que se obtenha uma estimativa coerente com o mercado.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Obter um Índice Preço/Potência Geral (I<sub>g</sub>);
- Categorizar os dados coletados entre classes de potência, tempo de uso (anos), horas de uso, posto de operação e fabricante;
- Avaliar e quantificar a influência desses parâmetros no preço de mercado de tratores usados.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Tratores Agrícolas

O trator agrícola é uma máquina autopropelida que atua como uma fonte de energia mecânica, sendo constituído por diversos componentes que permitem a conversão e a transferência de energia. Isso possibilita sua movimentação e a operação dos equipamentos e implementos agrícolas que estão conectados a ele (PARANÁ, 2018). Os tratores são as principais máquinas presentes nas operações agrícolas. Segundo Márquez, (2012), os tratores garantem produtividade com versatilidade, através da tomada de potência (TDP), sistemas hidráulicos e da barra de tração, realizando tarefas e otimizando o tempo no campo.

Uma das formas de classificar os tratores agrícolas é de acordo com o tipo de rodado e tração. Quanto ao tipo de rodado, eles podem ser classificados em tratores de roda, semiesteira e esteira, já quanto ao tipo de tração: tração simples (4x2), tração dianteira auxiliar (4x2 TDA) e tração 4x4, (BIULCHI, 2016). Nos tratores com tração simples, as duas rodas traseiras tracionam e as rodas dianteiras tem apenas a finalidade direcional (BRASIL, 2011). Segundo o autor, tratores com esse tipo de tração são chamados de tratores “*Standard*” ou padrão. Como as rodas dianteiras são apenas direcionais, utilizam rodas menores e são montadas com pneus com banda de rodagem sem garras de tração.

Conforme é mostrado por Paraná (2018), nos tratores com tração 4x2 TDA, as rodas dianteiras são providas de um sistema de tração auxiliar, a tração das rodas dianteiras é acionada conforme a demanda. Quando acionada, os rodados dianteiros devem ter um avanço de velocidade de até 5% em relação aos traseiros, por este motivo devem ser acionadas apenas em trabalhos que exijam grande esforço de tração, para evitar desgaste desnecessário dos pneus (SCHLOSSER, LINARES E MÁRQUEZ, 2004).

Segundo Biulchi (2016), os tratores com tração 4x4 têm rodas dianteiras e traseiras do mesmo tamanho, os dois eixos tracionam e giram na mesma velocidade. O sistema de direção desse tipo de trator é feito pela articulação central do chassi.

Segundo dados da Anfavea (2024), na categoria de tratores de esteira, foram vendidos apenas 943 tratores no ano de 2020. Este número equivale a somente 2,66% das vendas de tratores de roda (35.369 unidades) no mesmo ano. A Figura 1 mostra os três tipos desse rodado.

Figura 1 - Exemplo de tratores com rodado de esteira. (A: Esteira metálica, B: Esteira de borracha e C: Semiesteira).



Fontes: Fernão Diesel, 2024; Jornal Cana, 2016; Web Veiculos, 2020.

De acordo com a metodologia proposta pela Anfavea (2006), os tratores podem ser divididos em quatro classes de potência, sendo essas: tratores leves com potência até 36,9kW, tratores médios com potência de 37 a 73,9kW, tratores pesados de 74 a 146,9kW e tratores superpesados com potência acima de 147kW. A Tabela 1 apresenta as classes de potência de acordo com a ANFAVEA.

Tabela 1 - Classes dos tratores agrícolas em função da sua potência motora (kW) (ANFAVEA).

Classes	Potência (kW)
I – Leves	Até 36,9
II – Médios	De 37 a 73,9
III – Pesados	De 74 a 146,9
IV - Superpesados	Acima de 147

Fonte: Adaptado de Anfavea (2006).

Por outro lado, o Anuário de tratores 2023/24 (Cultivar Máquinas, 2024), dividiu os tratores em cinco categorias de acordo com a potência. A Tabela 2 abaixo apresenta a divisão proposta.

Tabela 2 - Classes dos tratores agrícolas em função da sua potência motora (kW) (Cultivar Máquinas).

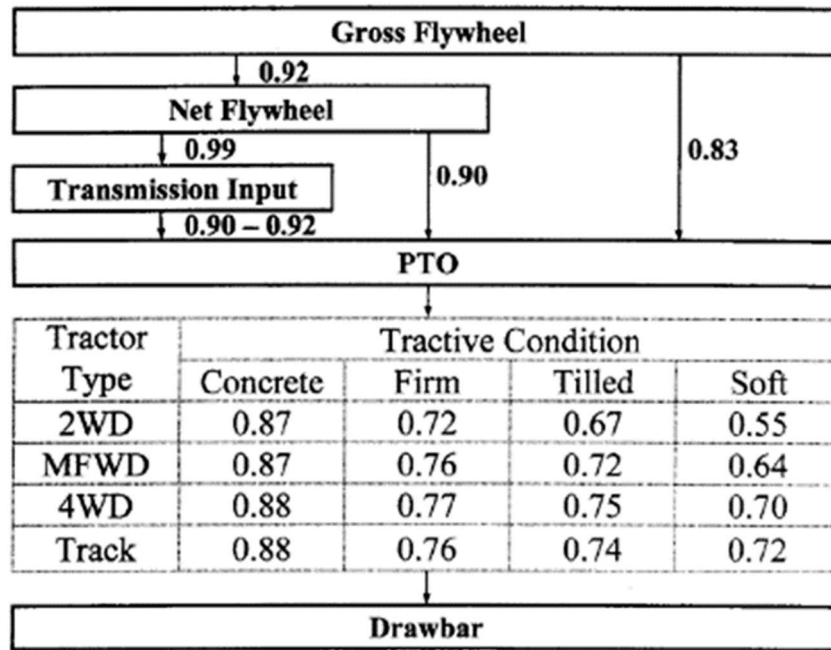
Classes	Potência (kW)
I	Até 36,7
II	De 36,8 a 73,5
III	De 73,6 a 110,3
IV	De 110,4 a 183,8
V	Acima de 183,9

Fonte: Adaptado de Cultivar Máquinas (2024).

Segundo Rinaldi (2011), a potência apresentada nos catálogos de tratores é a nominal do motor, então essa informação pode levar a erros de dimensionamento e adequação do conjunto mecanizado. A autora complementa que se deve sempre

analisar as potências disponíveis na TDP e na barra de tração (BT). Segundo a norma ASAE 497.7 (ASAE, 2011), é possível estimar a potência na TDP e na BT através do fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma para estimativas de potência. Fluxograma para estimativas de potência.



Fonte: ASAE 497.7 (2011).

Para usar a potência disponibilizada nos tratores existem três formas, que são: através da barra de tração, da tomada de potência (TDP) e do sistema hidráulico. (PARANÁ, 2018). A barra de tração (BT) quando somada ao sistema de rodados, fazem o aproveitamento da potência fornecida pelo motor, para realizar o arrasto dos implementos (MIALHE, 1996).

Conforme Machado, Costa e Cunha (2017), a barra de tração é presa ao chassi do trator através de pinos e parafusos e na outra extremidade possui um orifício por onde se acoplam, através de pinos de união, os implementos que possuem cabeçalho. Os implementos acoplados na barra de tração são denominados implementos de arrasto. Os autores complementam que, devido às perdas de potência entre os mecanismos de transmissão somados à patinagem dos rodados em solos não firmes, fazem com que a barra de tração, por vezes, seja ineficiente quando ao aproveitamento da potência do motor.

A tomada de potência (TDP) é um eixo com 6 ou 21 estrias localizado logo acima da barra de tração. (CARVALHO; SARUGA, 2007). Os autores definem a TDP

como um eixo localizado na parte traseira do trator que tem a função de transmitir a potência do motor para acionar implementos que precisam de um movimento rotativo.

Segundo Peça (2019), este eixo é uma forma de transferência de potência mais eficiente, já que é ligado diretamente aos mecanismos internos do trator, não havendo perda de potência por patinação dos rodados. A velocidade de rotação da TDP pode ser de 540rpm e/ou 1000rpm dependendo do modelo do trator.

Quanto ao sistema hidráulico do trator, Machado, Costa e Cunha (2017), definem como um conjunto de mecanismos de transmissão de força através de fluxo de óleo sob pressão. Os mesmos complementam que esse sistema pode ser dividido em duas partes, sendo estas: o sistema de levante hidráulico (SLH) e o sistema hidráulico auxiliar (SHA).

Esse sistema é composto por uma bomba, cilindros hidráulicos e três pontos de fixação. O SHA, também conhecido como VCR (Válvulas de controle remoto), é utilizado para acionar mecanismos hidráulicos presentes nos implementos que são acoplados ao trator.

Quanto ao posto de operação dos tratores, conforme SENAR (2017), é nele onde se concentram os comandos e instrumentos de controle, e ele pode apresentar-se de duas formas, com cabine e sem cabine.

O autor complementa que enquanto os modelos sem cabine exigem o uso da Estrutura de Proteção Contra Capotagem (EPCC) e toldo, as versões cabinadas oferecem maior produtividade ao operador por otimizar o conforto térmico e acústico, além de garantir a segurança em acidentes.

## **2.2 Fatores que influenciam no momento da aquisição de máquinas e tratores agrícolas**

Kaspary et. al. (2009), realizaram um estudo na cidade de Marau/RS acerca dos atributos que influenciam na decisão de compra de máquinas agrícolas. Neste estudo, os resultados obtidos mostraram que os atributos de maior influência na compra de tratores são: qualidade, durabilidade, pós-venda, confiabilidade do produto, facilidade de manutenção e vida útil do bem.

Os resultados condizem com os encontrados por Mello (2019), onde o autor realizou uma pesquisa em 52 empresas rurais e 5 concessionárias de máquinas agrícolas, com o objetivo de propor uma matriz de decisão com os atributos mais

influenciadores para a tomada de decisão na compra de máquinas agrícolas. Nesse estudo, ficou evidenciado que os atributos mais importantes na tomada de decisão são a qualidade do bem, durabilidade do bem e vida útil do bem.

Smaniotto e Baptista (2023), em um estudo dos fatores que influenciam a fidelização dos clientes de máquinas agrícolas, destacaram que a qualidade do produto e do serviço prestado desempenha um papel fundamental na fidelização dos produtores e empresas rurais. Os autores complementam que os clientes esperam máquinas confiáveis, duráveis e eficientes com um suporte de pós-venda eficaz, assim como serviços de manutenção e reposição de peças.

Objetivando identificar os fatores de influência na tomada de decisão na compra de máquinas agrícolas, Gross et. al. (2011), entrevistaram produtores rurais durante a Feira Agropecuária de Santa Maria/RS. Os autores constataram, através da entrevista, que fatores como: a confiança na marca, a facilidade operacional e o valor de revenda são importantes na tomada de decisão de compra. Por outro lado, fatores como opinião de amigos, recomendação técnica, propaganda, design e financiamento, não exercem muita influência.

### **2.3 Depreciação**

Segundo Gonçalves et al. (2023), a depreciação é um processo contábil que reflete a redução do valor de uma máquina ao longo de sua vida útil. Essa desvalorização ocorre por dois motivos principais: a obsolescência, que é a perda de valor devido ao surgimento de tecnologias mais avançadas, e o desgaste, que é a deterioração física da máquina causada pelo uso.

Segundo Silva et al. (2015), a depreciação de uma máquina é um processo que varia de acordo com sua utilização. Máquinas subutilizadas tendem a perder valor principalmente devido à obsolescência tecnológica. Por outro lado, máquinas intensamente utilizadas sofrem desgaste acelerado, mas geram retorno econômico durante seu período de uso ativo.

Para Schultz, Silva e Borgert (2006), a correta contabilização da depreciação é crucial para a tomada de decisões gerenciais, uma vez que os valores dos ativos depreciáveis e das respectivas parcelas de depreciação são relevantes para a apuração do resultado e do valor patrimonial da empresa. A utilização de métodos

inadequados pode levar a distorções nos custos e, conseqüentemente, a decisões equivocadas.

A sazonalidade e as condições climáticas tornam o cálculo da depreciação de máquinas e implementos uma tarefa complexa. A ociosidade forçada desses equipamentos, devido à fatores climáticos e períodos de entressafra, exige ajustes nos métodos tradicionais de cálculo da depreciação, uma vez que a vida útil desses bens é significativamente afetada por essas variáveis. (GONÇALVES et al., 2013).

Cosentino (2004), utilizou alguns dos principais modelos matemáticos em sua pesquisa a fim de determinar a depreciação real dos tratores agrícolas, os modelos matemáticos usados foram: “Método da Linha Reta ou Linear”, “Método do Saldo Decrescente”, “Método da Soma dos Dígitos dos Anos” e o “Método Fundo de Recuperação de Capital”. O estudo mostrou que os modelos matemáticos não representaram a realidade com precisão quando comparados ao preço real de mercado.

Conforme afirmam os autores Ribera e Olmeda (2007), é comum que os gestores empresariais utilizem modelos teóricos para tentar estimar a depreciação de máquinas agrícolas, mas em vez de confiar em tais modelos baseados em teorias, seria melhor ter em conta a variação do preço real de mercado destes veículos, evidenciando a falta de precisão desses modelos.

## **2.4 Números índices**

Seffino e Etcheverría (2019), definem os números índices como números usados para comparar certa magnitude em relação ao tempo ou ao espaço e tomando uma delas como referência.

Os números índices são instrumentos importantes, são utilizados na economia para análises econômicas, assim como por administradores e engenheiros, permitindo comparar grupos de variáveis relacionadas como preços de matérias-primas, preços de volumes acabados, volume físicos de produtos, etc. (FERRARI, 2017).

Segundo Aurélio (2023), na área agrícola, os índices se mostram uma ferramenta eficiente em estudos envolvendo máquinas agrícolas. Como exemplo de uso da teoria dos números índices, no trabalho de Cogo (2022), calculou-se índices de custo de manutenção preventiva de tratores agrícolas, visando comparar os custos

de manutenção preventiva entre tratores de diferentes classes de potência e marcas comerciais.

Pode-se citar ainda o trabalho de Aurélio (2023), que propôs índices de conformidade dos símbolos gráficos contidos nos painéis de instrumentos de tratores agrícolas, possibilitando mensurar o nível de adequação dos tratores estudados às normas técnicas relacionadas.

Silva, Daniel e Peche Filho (2007), propuseram índices de adequação (IA) de semeadoras-adubadoras de precisão onde, a partir destes, foi possível classificar a adequação das mesmas relativas ao tamanho da área da propriedade.

Carvalho, Pires e Gomes (2017), para analisar os ganhos de tecnologia dos cultivos mais representativos da agricultura baiana, utilizaram a teoria dos números índices para identificar as mudanças ocorridas no padrão de produtividade das microrregiões da Bahia e como os fatores de produção afetam a produtividade.

Com base no exposto, é expressiva a importância da aplicação da teoria dos números índices em estudos voltados a agricultura e máquinas agrícolas, já que, a partir dela, é possível gerar dados para o estudo, na forma de indicadores de preço, qualidade, quantidade, entre outros.

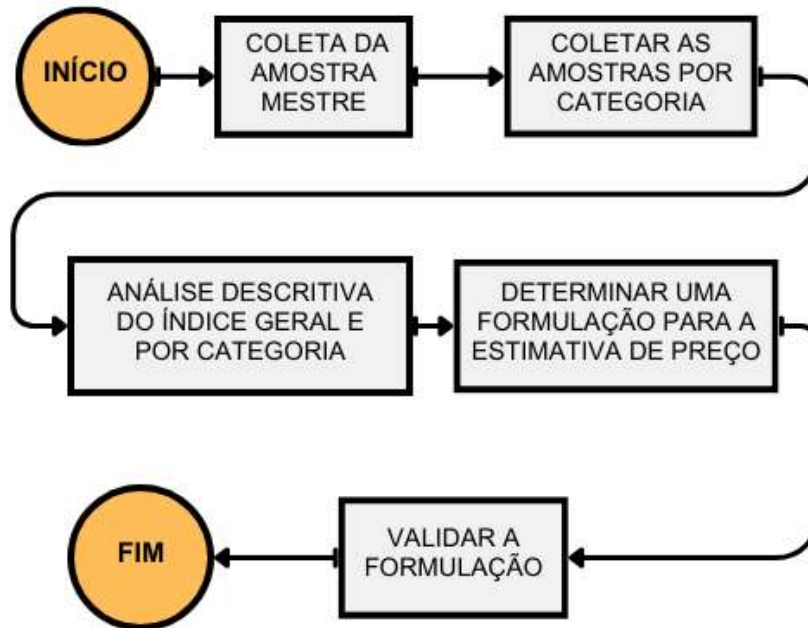
Morais et al. (2018), estudaram o comportamento do preço em função da potência, para tratores indicados ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). Usando esse método de estudo, os pesquisadores conseguiram identificar que, em média, tratores cabinados possuem preços maiores em aproximadamente 19,2%, e também que, a relação preço/potência aumentava para tratores de menor potência, ou seja, quanto menor a potência do trator, mais custosa se tornava cada unidade de potência.

Por ser possível analisar o preço através da potência, pode-se generalizar esse índice como um parâmetro de mercado de tratores usados, e dessa forma, fazer uma estimativa de preço mais assertiva e coerente com o mercado.

### 3 METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto, foram realizadas as seguintes etapas resumidas no fluxograma a seguir (Figura 3).

Figura 3 Fluxograma do processo de estimativa de preço de tratores usados.



Fonte: O Autor.

#### 3.1 Aquisição dos dados

Para a elaboração deste estudo, realizou-se um levantamento de dados entre outubro de 2024 e setembro de 2025, que resultou em uma amostra de 350 tratores. As informações foram extraídas de anúncios publicados em canais digitais, como sites de classificados online e perfis exclusivos de anúncios em redes sociais.

Os dados foram coletados a partir de anúncios de tratores agrícolas usados, disponíveis em páginas de redes sociais e em websites. Com o objetivo de diminuir o efeito da regionalização, os mesmos foram coletados de diferentes fontes e de diferentes regiões do país. Para ter segurança e gerar dados confiáveis, foi coletado o maior número possível de anúncios, sendo os dados coletados os seguintes:

- Fabricante;
- Modelo do trator;
- Potência;

- Ano de fabricação;
- Horas de trabalho do trator;
- Posto de operação;
- Preço de venda.

Após a coleta, os dados foram armazenados em uma planilha do Microsoft Excel para posterior tabulação e análise.

### 3.2 Índice de preço/potência

No presente trabalho, para obter o índice de preço/potência (US\$/kW), o preço do anúncio foi dividido pela potência informada do trator. Esse procedimento foi feito para todos os tratores presentes na amostra mestre. O índice é calculado de acordo com a equação 1:

$$I_{PP} = \frac{\text{Preço do Anúncio}}{\text{Potência informada do Trator}} \quad (1)$$

Primeiramente foi realizado a análise dos dados em R\$/CV, para melhor entendimento dos dados. Após a análise partiu-se para a conversão preço dos anúncios do Real Brasileiro (R\$) para o Dólar Americano (US\$) e referenciada a data e a cotação do dólar do dia 14 de setembro de 2025 (R\$ 5,35).

A potência dos tratores, quando não disponível no anúncio, foi obtida através dos catálogos e especificações técnicas disponibilizadas pelos seus fabricantes.

### 3.3 Análise estatística

Fonseca e Martins (2009), definem estatística descritiva como um conjunto de técnicas que descrevem, analisam e interpretam os dados numéricos de uma população ou amostra. Tendo isso em vista, foi gerada uma tabela com os valores do índice preço/potência.

Em um primeiro momento, foi definido o índice preço/potência médio do mercado, de forma geral, sem dividir os dados em subgrupos, para que se tenha um parâmetro de mercado. Esse parâmetro é a chave para partir para a análise por subgrupo, já que, relacionando a média do mercado, com a média característica de

cada item do subgrupo (Ic), foi possível obter quanto essa característica está impactando no índice e por consequência no trator.

Para fins de estudo, partiu-se do pressuposto que as características que irão impactar no índice preço/potência são:

- Anos de uso do trator;
- Horas de uso;
- Posto de operação;
- Marca comercial;
- Classe de potência.

Tendo isso em vista, os subgrupos gerados para as características citadas foram os seguintes:

#### **1º Subgrupo – Tempo de uso:**

Para estudar como o tempo de uso do trator impacta o índice, foram consideradas 6 faixas de tempo de uso para estudo, sendo elas:

1. 0 a 2 anos;
2. 3 a 4 anos;
3. 5 a 6 anos;
4. 7 a 9 anos;
5. 10 a 15 anos;
6. Mais de 15 anos.

#### **2º Subgrupo – Horas de uso**

Foram definidas 9 faixas de horas de uso, sendo elas:

1. 0 a 999 h;
2. 1000 a 1999 h;
3. 2000 a 2999 h;
4. 3000 a 3999 h;
5. 4000 a 4999 h;
6. 5000 a 5999 h;
7. 6000 a 9999 h;
8. 10000 a 15000 h;
9. Mais de 15000 h.

### **3º Subgrupo – Posto de operação**

1. Tratores com Cabine;
2. Tratores sem Cabine.

### **4º Subgrupo – Classe de potência**

Seguindo a metodologia da Cultivar Máquinas, o subgrupo será dividido em 5 classes de potência, sendo elas:

1. Até 36,7 kW;
2. 36,8 a 73,5 kW;
3. 73,6 a 110,3 kW;
4. 110,4 kW a 183,9 kW;
5. Acima de 183,9 kW.

### **5º Subgrupo – Marca comercial**

#### **3.4 Coeficiente de Correção (CC)**

Para obter o CC, primeiramente é necessário calcular o Índice Categórico (Ic) que nada mais é do que o Índice PP de cada uma das categorias dos subgrupos.

Após obter o índice preço/potência médio para cada uma das categorias (Ic), foi calculado o quanto a categoria influencia no índice geral, dessa forma é obtido o coeficiente de correção.

A estimativa da influência categoria no índice geral foi obtida através da equação 2:

$$Cc = 1 + \frac{(Ic - Ig)}{Ig} \quad (2)$$

Onde: Cc = Coeficiente de correção

Ig = Índice preço/potência geral

Ic = Índice preço/potência categórico do subgrupo alvo.

#### **3.5 Estimativa do preço de mercado a partir do índice preço/potência e dos coeficientes de correção**

Para estimar o preço de mercado de um trator qualquer a partir dos resultados que foram obtidos nessa pesquisa, foram conhecidas as características do trator,

sendo elas: o tempo de uso, horas de uso, posto de operação, marca comercial e a potência. Com esses dados conhecidos, foi possível aplicar o índice de preço/potência geral multiplicado pelos seus respectivos coeficientes de correção para cada uma das características, conforme equação 3.

$$Ep = Ig * CC1 * CC2 * CC3 * CC4 * CC5 * POT \quad (3)$$

Onde:

Ep = Estimativa de Preço.

Ig = Índice preço/potência geral.

CC(n): Coeficientes de correção

POT= Potência alvo do trator.

### 3.6 Validação da estimativa preço de mercado

O índice e os coeficientes de correção gerados foram validados utilizando um conjunto de dados de teste. O conjunto de dados de teste é composto por dados de tratores selecionados aleatoriamente na amostra geral. Para validar os resultados obtidos, foi realizada a estimativa do preço de mercado, o resultado das estimativas e o valor real dos tratores foram compilados em uma tabela para a análise do erro médio das estimativas.

### 3.7 Proposta de simplificação do modelo: coeficiente de depreciação

Para simplificar a aplicação do modelo foi proposto a unificação dos coeficientes de tempo de uso e horas de uso em um único fator de depreciação. Esta abordagem reconhece que ambas as variáveis são representações da perda de valor do trator devido ao tempo e ao uso.

### 3.8 Coeficiente de Depreciação

O coeficiente de depreciação foi obtido pela média aritmética simples dos Coeficientes de Correção de tempo de uso e Horas de Uso, para cada trator de teste.

$$CC_{Deprec} = \frac{CC_{Tempo} + CC_{Horas}}{2} \quad (4)$$

Sendo:

$CC_{Deprec}$  = Coeficiente de depreciação.

$CC_{Tempo}$  = Coeficiente de correção da categoria tempo de uso.

$CC_{Horas}$  = Coeficiente de correção da categoria Horas.

A nova equação de estimativa utiliza agora quatro coeficientes: depreciação, fabricante, posto de operação e classe de potência. O produto dos coeficientes deverá ser multiplicado pelo índice geral de preço/potência tal como no primeiro método de estimativa de preço, conforme equação 5.

$$Ep = Ig * CCdeprec * CC2 * CC3 * CC4 * POT \quad (5)$$

Sendo:

$CCdeprec$  = Coeficiente de Depreciação.

$CC(n)$  = Coeficientes De Correção.

$Ig$  = Índice PP Geral.

$POT$  = Potência em kW do trator a ser estimado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização descritiva da amostra utilizada

Para uma análise mais detalhada, a distribuição da amostra dos 350 tratores usados é apresentada, destacando as concentrações nos fatores que, posteriormente, serão quantificados como coeficientes de correção.

Em relação ao tempo de uso dos tratores amostrados, a Tabela 3 mostra que a maior parte da amostra (25,14%) se concentra na faixa de 3 a 4 anos. Isso sugere que a janela de maior liquidez e revenda dos tratores ocorre após o período inicial de depreciação acentuada, porém antes de necessitarem de grandes manutenções corretivas.

Segundo Vidal (2018), a viabilidade da renovação da frota é atingida no quarto ano de operação. O estudo demonstra que, neste período, os ganhos com a redução de custos de manutenção tornam a aquisição de novos equipamentos mais vantajosa do que a reforma dos antigos.

Tabela 3 - Concentração da amostra por faixas de tempo de uso

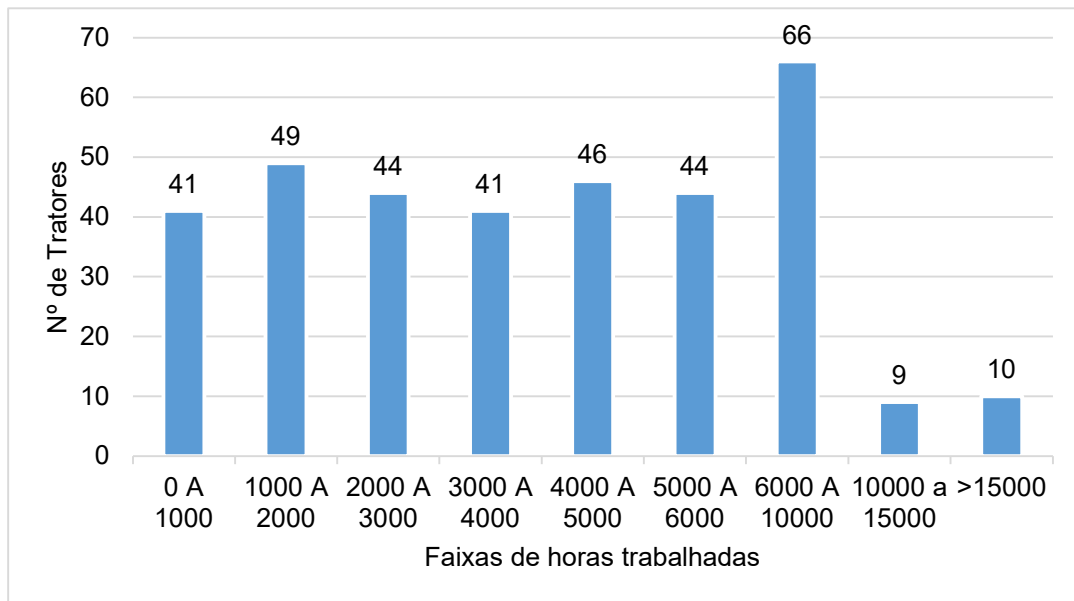
Tempo de uso (anos)	Número de exemplares	%
0 a 2 anos	22	6,29%
3 a 4 anos	88	25,14%
5 a 6 anos	58	16,57%
7 a 10 anos	67	19,14%
10 a 15 anos	83	23,71%
>15 anos	32	9,14%
Total	350	100,00%

Fonte: O Autor.

A Figura 4 revela a distribuição da amostra em relação as horas de uso dos tratores. Na Figura é possível observar também uma maior concentração na faixa de 6000 a 10000 horas (66 unidades, ou 18,86%), indicando que a maior parte da oferta de tratores usados se situa em um estágio de uso intermediário a avançado, mas antes de atingir os extremos de depreciação por horas trabalhadas.

Observa-se também uma distribuição equilibrada nas primeiras faixas (0 a 6000 horas), essencial para a análise do impacto gradual do uso. Os extremos de alto uso, acima de 10000 horas, representam a menor parcela da amostra (5,43% no total).

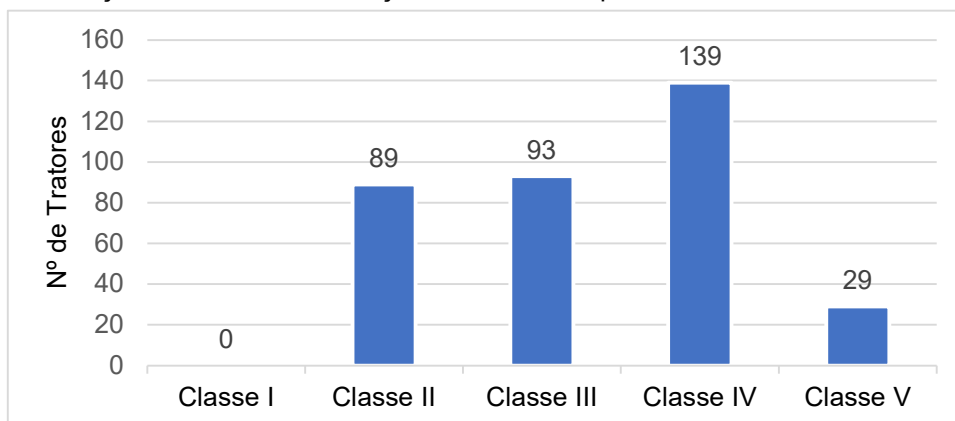
Figura 4 - Distribuição da amostra por faixas de horas de uso.



Fonte: O autor.

Em relação às classes de potência, observa-se na Figura 5 maior concentração na Classe IV (faixa de 110,4 a 183,8 kW) com 139 tratores amostrados (39,71%). Esta classe de potência é tipicamente associada a operações agrícolas de larga escala, indicando que o mercado de usados está majoritariamente composto por máquinas de médio a grande porte. Não foi amostrado nenhum trator com menos de 36,8 kW (Classe I). Esse resultado da amostra contrasta com os dados do Anuário de tratores 2023/24 (CULTIVAR MÁQUINAS, 2024), onde a faixa de potência entre 50 cv e 99 cv (Classe II) é a mais representativa do mercado de novos, totalizando 117 modelos ofertados.

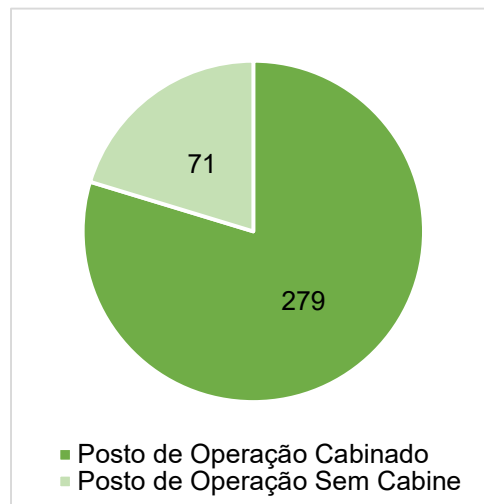
Figura 5 - Distribuição da amostra em relação às classes de potência.



Fonte: O autor.

Como mostra a Figura 6, o fator posto de operação revela uma grande concentração de tratores Cabinados (79,70%). A cabine, representa um investimento adicional e um ganho em conforto e tecnologia (com a inclusão de componentes como ar condicionado e sistemas de agricultura de precisão).

Figura 6 - Distribuição da amostra por posto de operação.

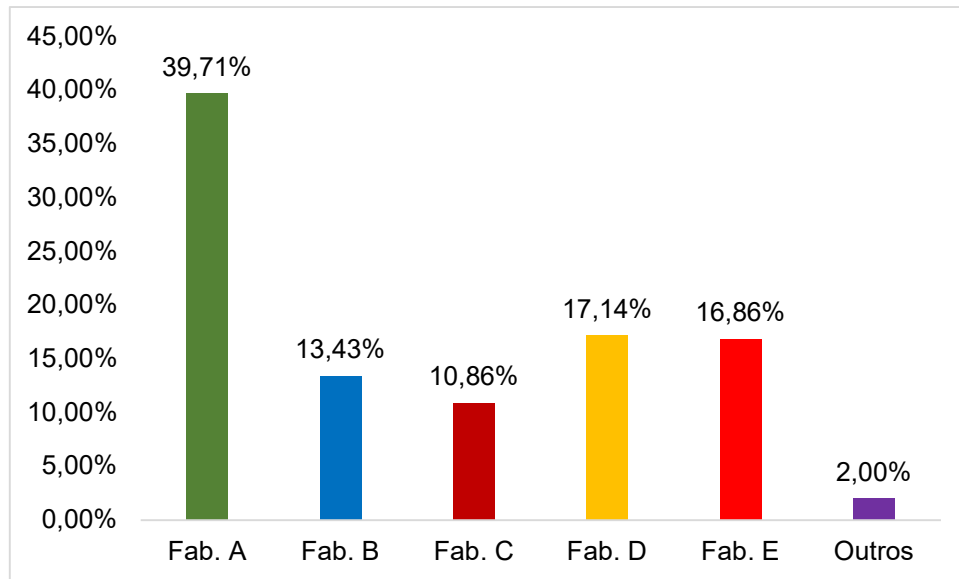


Fonte: O autor.

O conforto do operador é identificado por Paes (2015), como uma variável crítica para o aumento da produtividade agrícola. A implementação de melhorias no ambiente de trabalho, tais como o isolamento da cabine contra temperatura e ruídos excessivos, atua diretamente na redução de insalubridade e na eficiência da operação.

Finalmente, na distribuição por fabricante, pode-se observar na Figura 7 uma clara dominância do Fabricante A (39,71%), seguido pelo Fabricante D (17,14%). Essa disparidade sugere que o "efeito marca", relacionado à liquidez, rede de assistência técnica e valor de revenda, é um elemento chave a ser quantificado, já que, de acordo com o estudo realizado por Mello (2019), o produtor rural prioriza cinco atributos fundamentais na aquisição de máquinas agrícolas: a qualidade, a durabilidade e a vida útil do bem, somados aos custos de manutenção e ao preço de mercado da cultura plantada.

Figura 7 - Distribuição da amostra por fabricante.



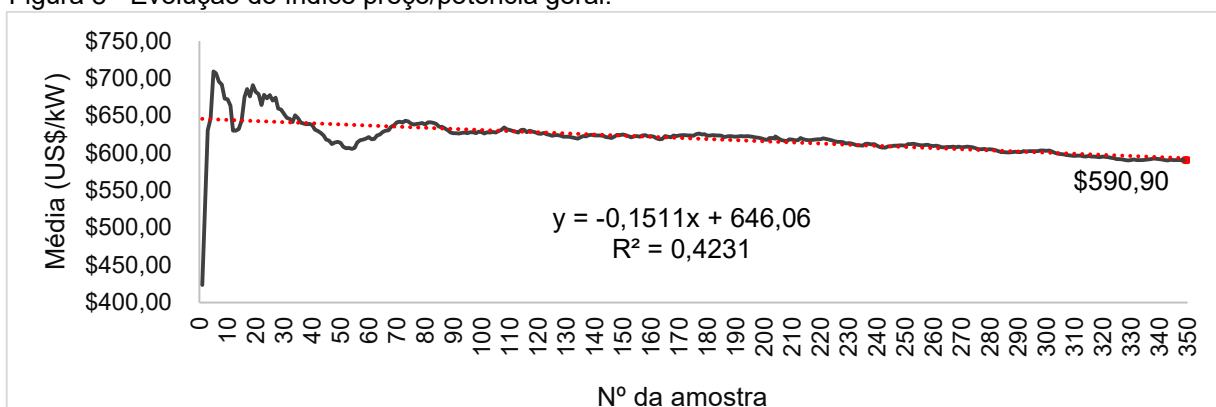
Fonte: O autor.

#### 4.2 Índice de Preço/potência (U\$/kW)

A etapa central deste estudo consiste no cálculo do Índice de Preço/Potência e a determinação dos coeficientes de correção que quantificam o impacto de cada característica do trator (tempo de uso, horas de uso, classe de potência, posto de operação e fabricante) no valor de mercado.

O Índice de Preço/Potência Geral ( $I_g$ ) encontrado foi de US\$590,90 kW<sup>-1</sup>. A Figura 8 mostra a evolução do  $I_g$  com o crescimento da amostra. Este índice estabelece o preço médio pago pela unidade de potência dos tratores agrícolas 4x2 TDA usados. Observa-se uma leve tendência de queda no  $I_g$  com o aumento do tamanho da amostra, porém, depois dos 150 tratores amostrados, a queda é de apenas 5,45%, mostrando a estabilidade no índice.

Figura 8 - Evolução do índice preço/potência geral.



Fonte: O autor.

Como é mostrado na Tabela 4, o coeficiente de variação (CV) foi de 33,0%, o que indica uma grande dispersão dos dados de preço em torno da média. Esse resultado valida a metodologia de pesquisa, pois demonstra que o mercado de usados não possui uma precificação linear, tornando indispensável a aplicação dos Coeficientes de Correção (Cc) para refinar a estimativa de preço.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas do índice preço/potência geral.

Amostra Geral (n=350)	Índice geral (US\$/kW)	Desvio Padrão	Coef. De Variação (CV)
	US\$590,90	196,3	33%

Fonte: O autor.

### 4.3 Cálculo dos coeficientes de correção (CC)

Os subgrupos tempo de uso em anos e horas de uso são os fatores de maior peso na depreciação, como é mostrado nas Tabelas 5 e 6, onde são listados os índices preço/potência das categorias e seus respectivos coeficientes de correção.

Tabela 5 - Coeficientes de correção do subgrupo Tempo de uso.

Categoria	Ic (US\$ kW <sup>-1</sup> )	CC
0 a 2 anos	\$898,07	1,52
3 a 4 anos	\$725,45	1,23
5 a 6 anos	\$641,95	1,09
7 a 10 anos	\$544,89	0,92
10 a 15 anos	\$462,83	0,78
>15 anos	\$319,98	0,54

Fonte: O autor.

Tratores nas faixas “0 a 2 anos” e “0 a 1000h” apresentam um prêmio de valorização de 52% e 44%, respectivamente, no preço pago sobre a média geral do mercado. Em contrapartida, máquinas com mais de 15 anos, ou mais de 15000, horas têm seu preço por kW reduzido pela metade, com o CC caindo para 0,54 e 0,46 respectivamente.

Tabela 6 - Coeficientes de correção do subgrupo Horas de Uso.

Categoria	Ic (US\$ kW <sup>-1</sup> )	CC
0 a 1000 horas	\$850,68	1,44
1000 a 2000 h	\$696,88	1,18
2000 a 3000 h	\$641,77	1,09
3000 a 4000 h	\$607,25	1,03
4000 a 5000 h	\$556,26	0,94
5000 a 6000 h	\$518,30	0,88
6000 a 10000 h	\$451,83	0,76
10000 a 15000 h	\$415,34	0,70
> 15000 h	\$270,19	0,46

Fonte: O autor.

Já quanto as classes de potência, a classe V (>183,87kW) apresenta o maior prêmio de categoria, com CC=1,30, indicando que tratores superpesados têm um preço por kW 30% acima da média. Esse resultado pode ser reflexo da maior demanda por tecnologia embarcada e o menor volume de oferta no mercado de usados para essa classe. Não foi encontrado nenhum anúncio de trator 4x2 TDA com potência menor que 36,8 kW, ou seja, nenhum trator amostrado se enquadrou na Classe I.

A Tabela 7 mostra os índices categóricos por classe de potência e seus respectivos coeficientes de correção.

Tabela 7 - Coeficientes de correção do subgrupo Classes de Potência.

Categoria	Ic (US\$ kW <sup>-1</sup> )	CC
Classe I (até 36,7 kW)	-	-
Classe II (36,8 a 73,5kW)	\$554,40	0,94
Classe III (73,6 a 110,3 kW)	\$549,41	0,93
Classe IV (110,4 a 183,8 kW)	\$604,62	1,02
Classe V (> 183,9 kW)	\$770,16	1,30

Fonte: O autor.

Quanto ao posto de operação, a Tabela 8, mostra que tratores cabinados tem um prêmio de 6% (Cc = 1,06) no preço por kW, reforçando a importância do conforto e da configuração da máquina para o valor de revenda. A ausência de cabine resulta em uma desvalorização de 24% (Cc=0,76).

Tabela 8 - Coeficientes de correção do subgrupo Posto de operação.

Categoria	Ic (US\$ kW <sup>-1</sup> )	CC
Cabinado	\$626,71	1,06
Sem Cabine	\$450,14	0,76

Fonte: O autor.

Por fim, quanto aos fabricantes, a Tabela 9 mostra que o “Fabricante A” possui o maior Prêmio de Marca, com  $CC = 1,16$ . Isso significa que o mercado atribui um valor 16% superior por kW a esta marca em relação à média geral, validando a hipótese do “Efeito Marca” na liquidez. Os fabricantes D e E apresentam coeficientes abaixo de 0,90, indicando um preço por kW significativamente inferior à média.

Tabela 9 - Coeficientes de correção do subgrupo Marca Comercial.

Fabricante	Ic (US\$ kW <sup>-1</sup> )	CC
A	686,46	1,16
B	542,33	0,92
C	586,02	0,99
D	486,94	0,82
E	510,97	0,86

Fonte: O autor.

#### 4.4 Validação da estimativa de preço de mercado

A metodologia se baseia na comparação entre o preço estimado e o preço real para um conjunto de dados de teste que foram utilizados no cálculo dos índices e coeficientes de correção. Os dados usados para estimativa estão listados na Tabela 10. A estimativa do preço de mercado é calculada usando a Equação (3).

Tabela 10 - Amostra teste para validação do modelo.

Tratores Teste	Fabricante	Modelo	Horas de uso (h)	Potência (kW)	Ano	Preço do Anúncio (US\$)	Posto de operação
T1	JD	8400R	3500	294,2	2020	\$252.336,45	Cab
T2	MF	4283	2800	65,5	2016	\$36.448,60	S/ cab
T3	NH	TL 75	4300	55,2	2016	\$25.420,56	S/ cab
T4	VT	BM125I	2284	97,1	2016	\$52.336,45	Cab
T5	JD	6110J	3640	80,9	2016	\$65.420,56	Cab
T6	CS	PUMA 200	780	144,9	2020	\$112.149,53	Cab
T7	VT	T250	0	183,9	2024	\$177.570,09	Cab
T8	CS	FARMALL100	201	73,5	2023	\$54.205,61	Cab
T9	NH	T8.385	7222	250,1	2013	\$121.495,33	Cab
T10	MF	4408	1295	58,8	2021	\$36.448,60	Cab

Fonte: O autor.

A estimativa de preço para a amostra selecionada apresentou um erro médio absoluto de 29,71%. Tendo em vista que o preço real dos anúncios pode variar conforme as condições de conservação do trator, o estado dos pneus, a presença de

acessórios e o tipo de sistema de transmissão, a estimativa obtida através do índice preço/potência e seus coeficientes de correção mostrou-se próxima à realidade do mercado. Os coeficientes de correção usados na estimativa e os respectivos erros estão listados na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultado das estimativas de preço utilizando o modelo.

Tratores Teste	Coeficientes de Correção (CC)					Potência (kW)	Preço Estimado	Preço Real	Erro
	Tempo de uso	Horas	Fabr.	Cl. de Potência	Posto Op.				
T1	1,09	1,03	1,16	1,30	1,06	294,2	\$311.980,17	\$252.336,45	23,64%
T2	0,92	1,09	0,86	0,94	0,76	65,5	\$23.830,89	\$36.448,60	-34,62%
T3	0,92	0,94	0,92	0,94	0,76	55,2	\$18.526,88	\$25.420,56	-27,12%
T4	0,92	1,09	0,82	0,93	1,06	97,1	\$46.503,65	\$52.336,45	-11,14%
T5	0,92	1,03	1,16	0,93	1,06	80,9	\$51.803,68	\$65.420,56	-20,81%
T6	1,09	1,44	0,99	1,02	1,06	144,9	\$43.844,26	\$112.149,53	28,26%
T7	1,52	1,44	0,82	1,30	1,06	183,9	\$268.723,24	\$177.570,09	51,33%
T8	1,52	1,44	0,99	0,94	1,06	73,5	\$93.772,68	\$54.205,61	72,99%
T9	0,78	0,76	0,92	1,30	1,06	250,1	\$111.063,90	\$121.495,33	-8,59%
T10	1,23	1,18	0,86	0,94	1,06	58,8	\$43.212,62	\$36.448,60	18,56%
Erro médio absoluto									29,71%

Fonte: O autor.

Através da Tabela 11, pode-se observar também que as estimativas com maior porcentagem de erro foram dos tratores T2, T3, T6, T7 e T8. Ao analisar os resultados de erro obtidos, identifica-se que o método induz à maiores erros para tratores com tempo de uso e horas de uso próximos a zero. Nestes casos, os coeficientes de tempo de uso e horas, ao se multiplicarem na fórmula de estimativa, resultam em uma superestimação do preço por unidade de potência e, conseqüentemente, do preço final estimado.

O efeito contrário também é válido: para máquinas antigas e com alto uso, os menores coeficientes de correção de tempo de uso e horas de uso (que atingem 0,54 e 0,46, respectivamente) levam a uma subestimação do preço, penalizando desproporcionalmente a máquina nos extremos da depreciação.

Identificou-se também que o coeficiente de correção ligado ao posto de operação gera um erro muito grande na estimativa de tratores sem cabine. Se for considerado que o mercado paga um prêmio pela presença de cabine, mas não

penaliza o índice preço/potência pela falta de cabine, o erro da estimativa diminuiu significativamente, fazendo com que o erro dos tratores T2 e T3 caíam para 14% e 4,1%, respectivamente, em números absolutos.

Como o tempo de uso e as horas de uso são dois coeficientes ligados diretamente à depreciação dos tratores e o produto dos dois gera um erro significativo na estimativa em pontos extremos de tempo de uso e horas, foi proposto uma alteração na metodologia, criando um único coeficiente de depreciação.

#### 4.5 Validação da estimativa de preço usando o modelo simplificado

O modelo simplificado foi reavaliado utilizando o conjunto de dados de teste (Tabela 10). O resultado do recálculo, apresentado na Tabela 12, demonstrou uma melhoria significativa na capacidade preditiva.

Tabela 12 - Resultado das estimativas de preço utilizando o modelo simplificado.

Tratores Teste	Coef. Deprec.	Marca	Cl. Potência	Posto Op.	Potência (kW)	Preço Estimado	Preço Real	Erro
T1	1,06	1,16	1,30	1,06	294,2	\$294.556,86	\$252.336,45	16,73%
T2	1,01	0,86	0,94	0,76	65,5	\$23.883,17	\$36.448,60	-34,47%
T3	0,93	0,92	0,94	0,76	55,2	\$19.923,68	\$25.420,56	-21,62%
T4	1,01	0,82	0,93	1,06	97,1	\$46.605,67	\$52.336,45	-10,95%
T5	0,98	1,16	0,93	1,06	80,9	\$53.301,59	\$65.420,56	-18,52%
T6	1,27	0,99	1,02	1,06	144,9	\$115.929,53	\$112.149,53	3,37%
T7	1,48	0,82	1,30	1,06	183,9	\$181.702,49	\$177.570,09	2,33%
T8	1,48	0,99	0,94	1,06	73,5	\$63.406,23	\$54.205,61	16,97%
T9	0,77	0,92	1,30	1,06	250,1	\$144.263,16	\$121.495,33	18,74%
T10	1,21	0,86	0,94	1,06	58,8	\$35.876,54	\$36.448,60	-1,57%
Erro médio absoluto								14,53%

Fonte: O autor.

A melhoria se mostra mais significativa no trator T8 onde o erro foi reduzido de 72,99% para 16,97% com a nova proposta. No geral o erro médio absoluto da amostra teste diminuiu 15,18 pontos percentuais com o uso do coeficiente de depreciação, ou seja, o modelo simplificado gera uma estimativa mais próxima do valor real de mercado.

Observa-se que o erro permaneceu elevado para os tratores T2 e T3 no Modelo Simplificado. Isso ocorre porque o modelo manteve o coeficiente de Posto de

Operação original (0,76), que, conforme diagnosticado na seção anterior, penaliza excessivamente os tratores sem cabine. Se ajustássemos também este coeficiente para 1,0 (não penalização), a assertividade do Modelo Simplificado seria ainda superior para esta categoria.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho alcançou integralmente o seu objetivo geral ao desenvolver e validar uma metodologia de precificação para o mercado de tratores agrícolas 4x2 TDA usados.

O estudo confirmou a problemática inicial, demonstrando que o mercado carece de um referencial claro, com o índice de preço/potência geral US\$590,90 apresentando um alto Coeficiente de Variação de 33%, o que justificou a necessidade do modelo de correção.

Foi possível quantificar a influência de cada característica no preço, destacando o Prêmio de Marca do Fabricante A em 16% ( $CC = 1,16$ ) e o Prêmio da Cabine em 6% ( $CC = 1,06$ ).

Os fatores tempo de uso e horas de uso são os de maior peso na depreciação, com tratores novos (0 a 3 anos e 0 a 1000h) apresentando prêmios de até 52% sobre o  $I_g$  ( $Cc = 1,52$ ), e a desvalorização máxima atingindo  $Cc = 0,46$  para tratores com mais de 15.000 horas.

A principal contribuição metodológica foi a criação do coeficiente de depreciação, unificando os coeficientes de tempo de uso em anos e horas de uso. Esta simplificação reduziu o erro médio absoluto (EMA) do modelo multiplicativo de 29,71% para 14,53%.

Conclui-se que o modelo de estimativa de preço baseado no índice de preço/potência, utilizando os coeficientes de correção unificados, é uma ferramenta de alta aplicabilidade prática e precisão satisfatória (Erro médio absoluto = 14,53%) para o mercado de tratores usados, oferecendo um referencial numérico inexistente no cenário nacional.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nas limitações do modelo multiplicativo e no erro médio absoluto remanescente, sugere-se:

- Recomenda-se reavaliar o peso do coeficiente de Posto de Operação, pois o  $Cc = 0,76$  para tratores sem cabine pode estar penalizando excessivamente o preço de mercado, conforme indicado pela análise dos erros residuais.
- Para maior precisão, o modelo deve ser aprimorado com a inclusão de variáveis sobre o estado de conservação da máquina, como o percentual de desgaste dos pneus, presença de sistemas GNSS e/ou Piloto automático e o tipo de transmissão (manual, automática ou semi-automática).

## 7 REFERÊNCIAS

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. *Indústria Automobilística Brasileira: 50 anos*. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/50anos.html>. Acesso em: 12 ago. 2024.

ANUÁRIO DE TRATORES 2023/24. Pelotas: Grupo Cultivar de Publicações, 2023. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/revistas/maquinas>. Acesso em: 04 out. 2024.

AURÉLIO, Márcio de Almeida. *Índice de Adequação de Símbolos Gráficos Utilizados em Tratores Agrícolas*. 2023. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2023.

BIULCHI, P. V. *Máquinas e mecanização agrícola*. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016. 236 p.

BRASIL. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. *Tratores agrícolas: manutenção de tratores agrícolas*. Brasília: SENAR, 2010. (Coleção SENAR; 130).

CARVALHO, Neorley Batista; PIRES, Mônica Moura; GOMES, Andréa Silva. Capital humano e tecnologia: análise da produtividade agrícola da Bahia. *Revista Campo-Território*, [S.L.], v. 12, n. 26, p. 265-288, 30 abr. 2017.

CARVALHO, R. F. de; SARUGA, F. J. B. *Manual de mecanização agrícola: 1º volume, motores e tratores*. Lisboa: Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, 2007.

COGO, Vanessa Bassin. *Custo de manutenção preventiva de tratores agrícolas na fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul*. 2022. 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2022.

COSENTINO, R. M. A. *Modelo empírico de depreciação para tratores agrícolas de rodas*. Piracicaba, 2004. 80 p.

DIAS, Vilnei de Oliveira. *Sample size for tests in belt to evaluate the longitudinal distribution with corn and soybean seeds*. 2012. 110 f. Tese (Doutorado em

Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/3604>. Acesso em: 23 jun. 2024.

FARIAS, Ana Maria Lima de; LAURENCEL, Luiz da Costa. *Números Índices*. Niterói: UFF, 2005. 94 p.

FERRARI, Thiago Scarini. *Aplicação de números índices no cálculo da cesta básica*. São José do Rio Preto, 2017.

FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B. *Trator Agrícola: Características e fundamentos para sua seleção*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1990.

GONÇALVES, Marguit Neumann; DE OLIVEIRA, Neuza Corte; BAQUETA, Aline Caroline Casado; RIBEIRO, Roberto Rivelino Martins; MATTIELLO, Kerla. Aplicação do custeio variável para o processo de tomada de decisão na produção agrícola: o caso da Fazenda Surinan. Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC, [S. l.], Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/14>. Acesso em: 7 dez. 2024.

GROSS, Márcio Marcelo; ZEN, Bárbara; COSTA, Maykell Leite da; DÖRR, Andréa Cristina. Tomada de decisão de compra de máquinas agrícolas: estudo de caso da feira de agropecuária de Santa Maria/RS. In: XI CONGRESSO IBEROAMERICANO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2011, Santa Fe, Argentina. Anais [...]. Santa Fe, 2011. v. 1, p. 22-25. Disponível em: <https://www.unl.edu.ar/iberoextension/dvd/archivos/ponencias/mesa1/tomada-de-decisao-de-compra-.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2024.

KASPARY, Ivan Márcio et al. Atributos influenciadores na decisão de compra de máquinas agrícolas: um estudo de caso junto aos agricultores da cidade de Marau/RS. In: 6º SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2009, Resende, RJ. Anais [...]. Resende: SEGeT, 2009. v. 1, p. 1-12. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/artigos2009.php>. Acesso em: 02 maio 2024.

MACHADO, Túlio de Almeida; COSTA, Anderson Gomide; CUNHA, João Barreto. Como Utilizar. *Cultivar Máquinas*, Pelotas, v. 174, n. 1, p. 09-11, jun. 2017.

MÁRQUEZ, L. *Tratores Agrícolas: Tecnologia e Utilização*. Madri: B&H Grupo Editorial, 2012. 844 p.

MELLO, Mario Fernando de. *Atributos influenciadores na tomada de decisão para a compra de máquinas agrícolas*. 2019. 143 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/19215>. Acesso em: 24 jun. 2024.

MIALHE, L. G. *Máquinas agrícolas. Ensaio e certificação*. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p. 183-378.

MORAIS, Cesar Silva de et al. Tratores indicados para o PRONAF: comportamento do preço em função da potência máxima do motor. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, Pelotas, 2018. *Anais [...]*. Pelotas: UFPel, 2018. Disponível em: [https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2018/EN\\_03724.pdf](https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2018/EN_03724.pdf). Acesso em: 10 mar. 2024.

OLIVEIRA, M. D. M. *Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: avaliação de uma frota*. Piracicaba, 2000. 150 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

PARANÁ, Luiz Atilio Padovan. *Operação de tratores agrícolas*. Curitiba: SENAR AR-PR, 2018. 196 p.

PAES, Luis Alberto Bertolucci. *Análise dos riscos associados à insalubridade nas operações com tratores agrícolas*. 2015. 86 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

PEÇA, José. *Tractor Agrícola: tomada-de-força e serviço externo do sistema hidráulico do tractor*. Évora: Universidade de Évora, 2019. 62 p.

RIBERA, M. L. Fenollosa; OLMEDA, N. Guadalajara. An empirical depreciation model for agricultural tractors in Spain. *Spanish Journal Of Agricultural Research*, Valencia, p. 130-141, 30 mar. 2007.

RINALDI, Paula Cristina Natalino. *Performance parameters of agricultural tractors with marketed tires in Brazil*. 2011. 108 f. Tese (Doutorado em Construções Rurais e

Ambiência; Energia na Agricultura; Mecanização Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011. Disponível em: <http://locus.ufv.br/handle/123456789/763>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SCHULTZ, Charles Albino; SILVA, Marcia Zanievicz da; BORGERT, Altair. Critérios de depreciação: uma revisão da literatura. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 13., 2006, Belo Horizonte. *Anais [...]*. Belo Horizonte, 2006.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). *Mecanização: operação de tratores agrícolas*. Brasília: SENAR, 2017. 192 p. (Coleção SENAR, 177).

SILVA, Adriano Soares da; BERNARDY, Renan; CENTENO, Rhian Cardoso; MEDEIROS, Fabrício Ardais; FERREIRA, Mauro Fernando. Tratores agrícolas usados: perda de valor em relação à idade e tipo de tração (4x2 ou 4x2 com tração dianteira auxiliar - TDA). In: XXIII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, 2014, Pelotas. *Anais [...]*. Pelotas: UFPel, 2014. Disponível em: <https://www2.ufpel.edu.br/cic/2014/>. Acesso em: 06 abr. 2024.

SILVA, Marcos R. da; DANIEL, Luiz A.; PECHE FILHO, Afonso. Uso da teoria de números índices para adequação de semeadoras-adubadoras de precisão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 222-229, 09 fev. 2007.

SMANIOTTO, G.; HOLLER BAPTISTA, F. Fatores que influenciam a fidelização do cliente de máquinas agrícolas. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, [S.l.], v. 4, n. 11, e4114524, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i11.4524>. Acesso em: 20 jun. 2024.

VIDAL, Diego Onofre. *Metodologia de avaliação econômica para decisão entre renovação ou reforma de tratores agrícolas*. 2018. 38 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, 2018.