

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**GESTÃO DA MECANIZAÇÃO: IMPACTOS DA ESTRUTURA
PRODUTIVA NA DISPONIBILIDADE MECÂNICA**

EDUARDO STAMATO TALARICO

Jaboticabal
2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**GESTÃO DA MECANIZAÇÃO: IMPACTOS DA ESTRUTURA
PRODUTIVA NA DISPONIBILIDADE MECÂNICA**

Nome: Eduardo Stamato Talarico

Orientador: Prof. Dr. Rouverson

Pereira da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias UNESP, Câmpus
de Jaboticabal, como parte das exigências
para graduação em Administração.

Jaboticabal

2025

T137g

Talarico, Eduardo

Gestão da mecanização: impactos da estrutura produtiva na disponibilidade mecânica
/ Eduardo Talarico. -- Jaboticabal, 2025
37 p. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Administração) - Universidade
Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Rouverson Pereira da Silva

1. Máquinas agrícolas. 2. Controle de qualidade. 3. Causa e efeito. I. Título.

Eduardo Stamato Talarico

GESTÃO DA MECANIZAÇÃO: IMPACTOS DA ESTRUTURA PRODUTIVA NA DISPONIBILIDADE MECÂNICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

Coorientador (se houver):

Área de Concentração: Mecanização Agrícola

Trabalho aprovado em 02/12/2025

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br ROUVERSON PEREIRA DA SILVA
Data: 02/12/2025 14:55:55-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
gov.br ANDREIA MARIZE RODRIGUES
Data: 02/12/2025 18:11:34-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

Prof. Dr^a Andreia Marize Rodrigues

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
gov.br LETICIA LIMA FERREIRA
Data: 02/12/2025 15:48:24-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

Eng. Química Letícia Lima Ferreira

UFTM - Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Canata

Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti
Chefe do Departamento

*aprovado "ad referendum"
do Conselho de Departa-
mento em 03/12/2025.*

Resumo

O Brasil é o líder mundial na produção de citrus e o maior produtor de suco de laranjas. Para isso, as empresas do setor contam com máquinas de equipamentos de última geração para garantir essa posição que o país ocupa e manter a lucratividade de forma sustentável. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a variabilidade da disponibilidade mecânica de tratores em 05 fazendas. Com isso, definiu-se como objetivo do estudo avaliar a variabilidade da disponibilidade mecânica de tratores em 05 das fazendas da empresa X para compreender as possíveis causas que atuam nesse processo ao longo do ano de 2024. As fazendas selecionadas são de diferentes perfis e níveis produtivos e foram classificadas pela própria empresa em três grupos distintos de acordo com o estágio de desenvolvimento dos pomares cítricos e o nível de intensidade das operações mecanizadas. Essa segmentação é utilizada internamente para orientar o planejamento de manutenção, o dimensionamento da frota, a alocação de mão de obra e o controle dos indicadores operacionais. A metodologia escolhida foi o estudo de caso feito em 05 fazendas da empresa X, cujas informações foram extraídas de registros históricos junto ao setor de Planejamento e Controle de Manutenção, atas de reuniões do ano de 2024 com justificativas e observações sobre variações negativas no indicador de disponibilidade mecânica das frotas agrícolas complementadas com informações provenientes do sistema de telemetria Sofinftec. Os diagramas de causas e efeitos elaborados e estruturados segundo a metodologia dos 6M (Máquina, Mão de Obra, Método, Material, Meio Ambiente e Medição), visando representar de forma visual e sistematizada os principais fatores que contribuíram para as variações da disponibilidade mecânica observadas nas cartas de controle, consolidaram os dados coletados de cada fazenda no ano de 2024. Ao terem as informações consolidadas em um único diagrama para as fazendas BRIDGE, OPEX e CAPEX, observou-se predominância das causas relacionadas aos eixos Máquina, Mão de Obra e Medição, que apresentaram maior número de registros e influência direta sobre a variação da disponibilidade mecânica. As falhas hidráulicas e elétricas, o absenteísmo e as inconsistências de comunicação do sistema Solinftec figuram entre os fatores mais citados.

Palavras-chave: Empresa de Citrus, Disponibilidade Mecânica, Tratores, Causas e Efeitos

Abstract

Brazil is the world leader in citrus production and the largest producer of orange juice. To achieve this, companies in the sector rely on state-of-the-art machinery and equipment to maintain the country's position and ensure sustainable profitability. In this context, the present study aims to evaluate the variability of the mechanical availability of tractors on five farms. Thus, the objective of the study was defined as evaluating the variability of the mechanical availability of tractors on five of company X's farms to understand the possible causes that affect this process throughout the year 2024. The selected farms have different profiles and production levels and were classified by the company itself into three distinct groups according to the stage of development of the citrus orchards and the level of intensity of mechanized operations. This segmentation is used internally to guide maintenance planning, fleet sizing, labor allocation, and control of operational indicators. The methodology chosen was a case study conducted on five farms belonging to company X, whose information was extracted from historical records held by the Maintenance Planning and Control department, minutes of meetings from 2024 with justifications and observations on negative variations in the mechanical availability indicator of agricultural fleets, supplemented with information from the Sofinftec telemetry system. The cause-and-effect diagrams, prepared and structured according to the 6M methodology (Machine, Manpower, Method, Material, Environment, and Measurement), aimed at visually and systematically representing the main factors that contributed to the variations in mechanical availability observed in the control charts, consolidated the data collected from each farm in 2024. With the information consolidated into a single diagram for the BRIDGE, OPEX, and CAPEX farms, causes related to the Machine, Labor, and Measurement axes predominated, with the highest number of records and direct influence on the variation in mechanical availability. Hydraulic and electrical failures, absenteeism, and communication inconsistencies in the Solinftec system were among the most frequently cited factors.

Keywords: Citrus Company, Mechanical Availability, Tractors, Causes and Effects

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas descritivas da disponibilidade mecânica por fazenda (2024).....16

Tabela 2 – Classificação e estrutura operacional das fazendas avaliadas (2024).....17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Controle de Amplitude Móvel da Disponibilidade Mecânica por Fazenda....	15
Figura 2 – Carta de Pontos Individuais da Disponibilidade Mecânica por Fazenda.....	16
Figura 3 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Fazenda 1.....	19
Figura 4 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Fazenda 2.....	20
Figura 5 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Fazenda 3.....	21
Figura 6 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Fazenda 4.....	22
Figura 7 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Fazenda 5.....	22
Figura 8 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Síntese.....	23

LISTA DE ABREVIATURAS

FUNDECITRUS – Fundo de Defesa de Citricultura

LDC - Louis Dreyfus Company

CAI - Complexo Agroindustrial

ASAE - American Society of Agricultural Engineers

PCM - Planejamento e Controle de Manutenção

EUA - Estados Unidos da América

LC – Limite Central

LCS – Limite Central Superior

LCI – Limite Central Inferior

CPC - Comitê de Pronunciamentos Contábeis

DMAIC - Definir, Medir, Analisar, Controlar

PDCA – Planejar, Executar, Controlar, Ajustar

SiPGEM – Simpósio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
1.2 Problema de Pesquisa.....	6
1.3 Hipótese.....	7
1.4 Objetivo Geral	7
1.5 Objetivos Específicos	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Desenvolvimento Histórico da Citricultura	9
2.2 Operações e Mecanização dos Tratores	10
2.3 Conceito de Qualidade	12
2.3.1 Cartas de Controle	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Área de Estudo	14
3.2 Classificação das Fazendas por Perfil Operacional	14
3.2.1 Fazendas BRIDGE.....	14
3.2.2 Fazendas CAPEX	14
3.2.3 Fazendas OPEX	15
3.3 Coleta e Organização dos Dados Para as Das Cartas de Controle.....	15
3.3.1 Construção das Cartas de Controle.....	15
3.3.2 Procedimento de Análise	16
3.4 Metodologia de Aplicação do Diagrama de Ishikawa (6M)	16
3.4.1 Coleta e Organização dos Dados Para os Diagramas de Ishikawa	17
3.4.2 Classificação das Causas Segundo a Metodologia dos 6M	17
3.4.3 Elaboração dos Diagramas de Ishikawa	18
3.4.4 Consolidação Geral e Análise Comparativa	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
4.1 Dados da Empresa.....	19
4.2 Dados Estatísticos das Fazendas BRIDGE, CAPEX E OPEX da Empresa X....	19
4.3 Apresentação dos Diagramas de Causa e Efeito (6M).....	23
4.3.1 Fazenda 1 – Diagrama de Causa e Efeito (6M)	24
4.3.2 Fazenda 2 – Diagrama de Causa e Efeito (6M)	24
4.3.3 Fazenda 3 – Diagrama de Causa e Efeito (6M)	25
4.3.4 Fazenda 4 – Diagrama de Causa e Efeito (6M)	26
4.3.5 Fazenda 5 – Diagrama de Causa e Efeito (6M)	27
4.3.6 Diagrama Consolidado – Síntese Geral das Causas (6M)	28

5. CONCLUSÃO	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do Fundecitrus, publicados em abril de 2025, a safra 2024/25 do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo Mineiro foi encerrada com um total de 230,87 milhões de caixas de 40,8 quilos. Este resultado representa a menor produção em mais de 30 anos, reflexo de cinco safras consecutivas de baixa produtividade agrícola, impactadas principalmente por secas prolongadas e eventos climáticos severos. O volume foi 21,8% inferior às 307,2 milhões de caixas colhidas na safra 2023/24 (Fundecitrus, 2025).

Diante do cenário, o Brasil ainda assim se consolida como líder mundial na produção de citrus e também o maior produtor de suco de laranjas. Com a safra 2025/26 prevista para atingir cerca de 13 milhões de toneladas (ou 320 milhões de caixas de 40,8 kg), representando um aumento em relação à temporada anterior. Este crescimento é impulsionado por uma safra mais produtiva e um clima mais favorável no Cinturão Citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro, a principal região produtora do país (Citrus BR, 2025).

Um outro elo da cadeia é a indústria de processamento de frutas, que abrange empresas que fornecem frutas frescas para o mercado interno e exportação, além de suco de laranja concentrado e outros tipos de sucos. Isso inclui a indústria de sucos pasteurizados e prontos, a produção de óleos essenciais, a indústria alimentícia tanto no Brasil quanto no exterior, engarrafadoras de suco no exterior e empresas de ração animal. O setor de distribuição abrange distribuidores atacadistas, sistemas de distribuição de rações tanto no Brasil quanto no exterior, distribuidores varejistas e serviços de alimentação. Assim, o último elo da cadeia produtiva é o seu consumo (Silva, 2022).

Para se consolidar no mercado de citrus e atender à demanda do mercado interno e externo, as empresas buscam adequar recursos humanos, tecnológicos, financeiros e de produção que vão desde o planejamento inicial e preparo do solo até os cuidados pós-plantio e manejo contínuo do pomar. Com isso, a produção em grande escala torna as máquinas e equipamentos notáveis, pois são responsáveis diretos na linha de produção e possuem alto valor monetário, demandando, portanto, manutenção contínua e a incorporação de novas tecnologias para assegurar a eficácia operacional.

Entre os equipamentos agrícolas, o trator é uma máquina autopropelida destinada a tracionar, transportar e fornecer potência mecânica a outros dispositivos. Sua principal função é substituir ou ampliar a força humana e animal, potencializando a capacidade do

operador para executar tarefas pesadas no campo, como arar, plantar, colher e transportar cargas (Senar, 2017). Com isso, a manutenção da frota de tratores ou a aquisição de novas máquinas modernas com cabines, ar-condicionado, maior potência, design sofisticado e recursos que proporcionam melhor ergonomia e maior segurança depende da avaliação da disponibilidade mecânica da frota, que, por significado, a disponibilidade mecânica é um indicador que mede quanto tempo um equipamento está efetivamente disponível para operar, considerando o tempo total planejado para uso. Em termos simples, ela mostra a capacidade do equipamento de estar pronto para trabalhar quando necessário, levando em conta paradas para manutenção, reparos e falhas (Senar, 2017).

Diante do contexto, escolheu-se para esse estudo uma empresa multinacional, aqui denominada empresa X do setor agroindustrial, especializada na comercialização e processamento de produtos agrícolas, com presença no Brasil desde 1942. A empresa lida com uma variedade de produtos, incluindo café, algodão, grãos, sucos, açúcar e rações, administrando ativos e processos desde a origem até a distribuição para mercados internacionais. Seu propósito é gerar valor justo e sustentável, assegurando uma cadeia de suprimentos responsável e rastreável. A eficácia da empresa no desenvolvimento de suas atividades recebeu diversos prêmios e reconhecimentos, principalmente nas áreas de recursos humanos e agronegócio.

Com isso, definiu-se como objetivo geral desse estudo avaliar a variabilidade da disponibilidade mecânica de tratores em 05 das fazendas da empresa X para compreender as possíveis causas que atuam nesse processo ao longo do ano de 2024. As fazendas selecionadas são de diferentes perfis e níveis produtivos e foram classificadas pela própria empresa em três grupos distintos de acordo com o estágio de desenvolvimento dos pomares cítricos e o nível de intensidade das operações mecanizadas. Essa segmentação é utilizada internamente para orientar o planejamento de manutenção, o dimensionamento da frota, a alocação de mão de obra e o controle dos indicadores operacionais.

1.2 Problema de Pesquisa

Quais são as possíveis causas especiais que afetam a qualidade do processo apresentados pelas fazendas em formação dos pomares de citrus, em pico produtivo e operacional e com plantas próximas ao de seu ciclo produtivo que impactam nas operações mecanizadas das fazendas da empresa X?

1.3 Hipótese

As fazendas de diferentes perfis e níveis produtivos que foram classificadas pela empresa X em três grupos distintos de acordo com o estágio de desenvolvimento dos pomares cítricos e o nível de intensidade das operações mecanizadas, cuja segmentação é utilizada internamente para orientar o planejamento de manutenção, o dimensionamento da frota, a alocação de mão de obra e o controle dos indicadores operacionais apresentarão no ano de 2024 diferenças significativas na disponibilidade mecânica dos tratores e na estabilidade das operações mecanizadas, em função da intensidade operacional, idade dos pomares e estrutura de recursos (número de tratores e turnos), sendo esperado que algumas unidades, por operarem em pico produtivo, exibam maior disponibilidade e menor variabilidade em comparação às fazendas com perfil de menor produtividade ou em período de formação dos pomares.

1.4 Objetivo Geral

Com isso, definiu-se como objetivo geral desse estudo avaliar a variabilidade da disponibilidade mecânica de tratores em 05 das fazendas da empresa X para compreender as possíveis causas que atuam nesse processo ao longo do ano de 2024. As fazendas selecionadas são de diferentes perfis e níveis produtivos e foram classificadas pela própria empresa em três grupos distintos de acordo com o estágio de desenvolvimento dos pomares cítricos e o nível de intensidade das operações mecanizadas. Essa segmentação é utilizada internamente para orientar o planejamento de manutenção, o dimensionamento da frota, a alocação de mão de obra e o controle dos indicadores operacionais.

1.5 Objetivos Específicos

A) Caracterizar os perfis das fazendas da empresa X que foram classificadas pela própria empresa em três grupos distintos de acordo com o estágio de desenvolvimento dos pomares cítricos e o nível de intensidade das operações mecanizadas. Essa segmentação é utilizada internamente para orientar o planejamento de manutenção, o dimensionamento da frota, a alocação de mão de obra e o controle dos indicadores

operacionais.

B) Analisar as causas que impactam a disponibilidade mecânica utilizando a metodologia dos 6M.

C) Comparar a estabilidade operacional entre os diferentes perfis de fazendas.

D) Avaliar a relação entre intensidade operacional, estrutura produtiva e qualidade das operações mecanizadas.

E) Propor recomendações para melhoria da disponibilidade mecânica e gestão da frota.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção foram apresentados os conteúdos que deram embasamento teórico ao trabalho.

2.1 Desenvolvimento Histórico da Citricultura

Uma das árvores frutíferas mais conhecidas, cultivadas e pesquisadas em todo o mundo é a laranjeira. A maioria das árvores cítricas é originária da Ásia, e a laranjeira não é exceção. No entanto, sua região de origem tem gerado controvérsias entre diversos pesquisadores. Alguns estudos sugerem que os cítricos podem ter se originado no leste asiático, região onde a primeira menção aos citrus foi registrada na literatura chinesa em 2000 a.C. O nome científico (*Citrus sinensis*) é uma referência a essa origem. O imperador Ta Yu registrou isso como uma recordação de seus conhecimentos agrícolas da época (Fernandes, 2010).

Assim como seu surgimento, sua trajetória pelo mundo é pouco conhecida. Pesquisas indicam que a laranja foi transportada da Ásia para o norte da África e, posteriormente, para o sul da Europa durante a Idade Média. Ela foi trazida ao Brasil pelos portugueses no início da colonização das terras descobertas em 1500, originando-se da Europa. Durante esse período de sua história, a laranja se espalhou pelo mundo, passando por mutações e dando origem a novas variedades (Fernandes, 2020). Neves et. al (2014) afirmam que o cultivo de laranja foi introduzido no Brasil logo no início de sua colonização, uma vez que o país permitia climas e terras propícias à uma boa vegetação, que se expandiu a todo território nacional.

A partir de então, o Brasil já alcançou uma boa eficiência na cadeia de citros. Desde mudas e viveiros certificados, passando pelo plantio e cultivo da laranja, produção do suco até a distribuição internacional, a empresa opera em sistemas integrados a granel. Utiliza caminhões-tanques, terminais portuários e navios dedicados para levar ao consumidor europeu, norte-americano e asiático produtos citrícolas com diversas especificações e blends para diferentes aplicações, mantendo uma excelência incomparável. Tudo isso com competência e expertise reconhecida no país (Neves et al., 2020).

Com mais de 100 variedades disponíveis a laranja é uma fruta da família das Rutáceas, no entanto a laranja pêra por possuir pouca acidez e saber adocicado está entre

as mais cultivadas e consumidas e exportadas (na forma de suco) pelo Brasil (Gomes et., 2020). O seu sabor, aroma, cor e o seu tamanho sofreram modificações devidas à citricultura ter ficado uma época entregue a sua própria sorte, assim essas modificações ocorreram aleatoriamente (Fernandes, 2010).

Na década de 60, foi criado o Complexo Agroindustrial (CAI) citrícola que fez parte de um movimento da modernização da agricultura vem desenvolvendo características distintas. Uma delas é a quase total direcionamento da produção de suco concentrado para o mercado internacional. Outra questão é a configuração produtiva do complexo, que, ao longo da sua trajetória, é formada por um número limitado de empresas processadoras, em contraste com a grande quantidade de produtores de matéria-prima. Desse modo, formou-se um complexo com traços oligopolistas e oligopsônicos, caracterizado pela elevada concentração das empresas processadoras e por um mercado com escassos compradores e numerosos vendedores — muitos produtores de laranja e poucas agroindústrias (Vieira e Alves, 1997).

Nesse sentido, o tarifaço imposto pelos EUA (Estados Unidos da América) pode ter um impacto significativo nas empresas brasileiras, especialmente nas micro e pequenas empresas. Com a medida, que foi implementada em 6 de agosto de 2025, cerca de 35,9% das exportações brasileiras para os Estados Unidos foram afetadas pela sobretaxa, ao passo que aproximadamente 44,6% ficaram isentas. (Godoy, 2025). Isso exige operações cada vez mais mecanizadas para redução de custos, manter a qualidade e competitividade nesse mercado.

2.2 Operações e Mecanização dos Tratores

O trator tem sido essencial para esse crescimento entre as máquinas agrícolas. É ele quem puxa os implementos e executa as tarefas necessárias. A mudança na frota de tratores do país é evidente nos últimos anos. Hoje em dia, há uma predominância de tratores com cabines, ar condicionado, maior potência, design sofisticado e recursos que proporcionam melhor ergonomia e maior segurança. O efeito do uso de tratores agrícolas é avaliado por meio de uma maior eficiência operacional, redução de custos com mão de obra, ampliação da área cultivada, aumento da demanda por mecanização e melhoria na qualidade da produção comercializada. (Gonzaga, 2020).

Nesse raciocínio, Reis *et al.* (2005), afirmam que, ao gerenciar um sistema mecanizado, o responsável deve estar ciente dos fatores que podem reduzir a vida útil do

trator, como a ausência de manutenção preventiva, a qualidade das peças de reposição e a capacitação inadequada do operador. Esses fatores representam a maior parte dos custos para prolongar a vida útil dos tratores. Com o passar do tempo, as máquinas e equipamentos agrícolas perdem valor e eficiência produtiva devido ao desgaste e/ou à obsolescência tecnológica. Independentemente da natureza, essa perda representa um custo para a empresa, sendo denominada depreciação (Grejianin, 2014).

Noronha (1981) define a depreciação como uma reserva contábil criada para garantir os recursos necessários para a substituição do capital investido em bens produtivos de longa duração, devido ao desgaste ou obsolescência. Trata-se de um método utilizado pela empresa para recuperar o bem de capital, repondo-o quando este se torna economicamente obsoleto. Esse conceito está diretamente ligado à vida útil da máquina.

O crescimento de falhas e interrupções resulta na redução da confiabilidade. A American Society of Agricultural Engineers – ASAE (1987) define confiabilidade como a probabilidade de uma peça, conjunto ou sistema realizar suas funções de maneira satisfatória durante um período determinado, sob condições operacionais específicas. Para Marques Anderson et al. (2015), O custo da mecanização pode representar até 40% do total da produção, indicando que a manutenção, quando bem planejada, pode ajudar a diminuir esse percentual.

No caso de tratores agrícolas, o tipo de manutenção (preventiva, preditiva, e corretiva) refere-se a ações de preservação, suporte, reparo ou conservação de todos os componentes que exigem atenção para garantir seu bom funcionamento. A execução adequada do plano de manutenção sugerido pelo fabricante assegura que o trator agrícola esteja em perfeitas condições para realizar as operações agrícolas, o que, por sua vez, diminui os custos operacionais e garante a segurança e saúde do operador (Loncarovich, 2020).

De acordo com Noronha et al. (1991), a conservação do sistema mecanizado é definida como um conjunto de procedimentos destinados a garantir sua confiabilidade operacional. Os custos de conservação incluem despesas com abrigo, serviços de apoio no campo (comboio) e outros gastos (lubrificantes, peças de reposição e serviços mecânicos).

Ademais, é relevante ressaltar que com o crescimento da potência e o avanço dos recursos tecnológicos em tratores e máquinas agrícolas, a operação desses equipamentos demanda conhecimento técnico e destreza para realizar as tarefas necessárias ao trabalho. Portanto, é responsabilidade do operador entender e ajustar o trator agrícola para as tarefas diárias. Apenas por meio de treinamentos que oferecem capacitação e atualização o operador estará preparado para se adaptar às novas tecnologias, às medidas de segurança e otimizar o uso de toda a capacidade da máquina (Senar, 2017). São processos que precisam ser

gerenciados e cuja premissa fundamental é a qualidade.

2.3 Conceito de Qualidade

De acordo com Avelino (2005), na obra de Joseph M. No livro "*A History of Managing for Quality*", publicado em 1995, Juran apresentou um panorama histórico sobre a qualidade. Detectou a utilização dos princípios de qualidade na China, Egito, Grécia, Roma, Escandinávia, entre outros. Assim, qualidade não é uma novidade, nem uma tendência. É, de fato, um conceito milenar que tem estado presente ao longo da história da humanidade (Avelino, 2005). No entanto, foi apenas no século 20 que as empresas começaram a se concentrar efetivamente na qualidade. Com o aumento do consumo e do mercado, as empresas se viram obrigadas a abordar a questão da qualidade com mais atenção (Oakland, 1994).

Estabelecer uma definição de qualidade é um desafio. Conforme Gomes (2004), a qualidade é simples de identificar, porém complexa de definir. Reeves e Bednar (1994) afirmam que a qualidade é um fenômeno complexo, pois não há uma definição universal e diferentes definições de qualidade aparecem em diferentes contextos. Para discorrer sobre a qualidade na mecanização agrícola, escolheram-se duas ferramentas de gestão da qualidade: cartas de controle e diagrama de Ishikawa.

2.3.1 Cartas de Controle

As cartas de controle, entre as ferramentas do controle estatístico de processo, são amplamente aplicáveis nas operações agrícolas mecanizadas. Elas oferecem uma alternativa para elevar a qualidade dos indicadores (variáveis) por meio da análise e interpretação de dados, com o objetivo de otimizar o gerenciamento de uma operação específica e monitorar sua variabilidade intrínseca (Silva et al., 2008).

Em geral, as cartas de controle têm como objetivo identificar possíveis variações externas ao processo, forçar a gestão da operação por meio da elaboração de um plano de melhorias, influenciar a capacidade e os limites estabelecidos para o processo, redefinir, se necessário, os padrões de qualidade de certos itens de produção, verificar se as melhorias implementadas tiveram impacto nos produtos e/ou serviços e garantir a qualidade da operação, desde que esta atenda aos padrões de qualidade exigidos, sempre considerando até que ponto a melhoria contínua do processo não impacta os custos de produção (Voltarelli et

al., 2014).

No ano de 1960, K. Ishikawa foi o responsável pela elaboração dos diagramas de causa e efeito, também chamados de diagramas “espinha de peixe”. Ao utilizar essa ferramenta, ao identificar um problema ou seu efeito, é possível listar suas possíveis causas, assim como o motivo dessas (Werkema, 1995). O DI estabelece a relação entre os problemas existentes e suas causas, que levam a um determinado efeito. As origens desses problemas podem ser encontradas em seis fontes específicas, por isso são chamadas de 6M's. Cada uma dessas fontes pode ter uma ou mais sub-fontes, ou, nesse contexto, sub-causas (Santis, 2013). Esse método tem como objetivo identificar a relação entre causa e efeito, além de diagnosticar o problema e sua origem para aplicar a correção. Ishikawa defendia que todos os membros de uma organização deveriam participar dos processos de qualidade (Santis, 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido em 5 fazendas, pertencentes ao Grupo X, localizadas no estado de São Paulo, sendo estas fazendas de diferentes perfis operacionais.

3.2 Classificação das Fazendas por Perfil Operacional

As fazendas avaliadas neste estudo foram classificadas pela própria empresa em três grupos distintos — BRIDGE, CAPEX E OPEX — de acordo com o estágio de desenvolvimento dos pomares cítricos e o nível de intensidade das operações mecanizadas. Essa segmentação é utilizada internamente para orientar o planejamento de manutenção, o dimensionamento da frota, a alocação de mão de obra e o controle dos indicadores operacionais.

3.2.1 Fazendas BRIDGE

As fazendas classificadas como BRIDGE caracterizam-se por possuírem pomares acima de 20 anos, com menor produtividade média e atividades agrícolas menos intensivas. São unidades próximas ao término do contrato de arrendamento, o que resulta em redução gradual na intensidade dos tratos culturais e na frequência de intervenções mecanizadas.

As principais operações realizadas nessas fazendas incluem adubação, pulverização, aplicação de herbicidas, poda e roçagem, executadas com menor frequência e intensidade em comparação às demais categorias.

3.2.2 Fazendas CAPEX

As fazendas do tipo CAPEX correspondem a unidades em fase de implantação ou formação dos pomares, geralmente com plantas entre 1 e 3 anos de idade. Nesse estágio, as atividades mecanizadas são menos intensivas, uma vez que o foco está voltado para o estabelecimento e o crescimento inicial das mudas.

Essas propriedades realizam operações como preparo do solo, adubação de base,

irrigação e controle inicial de plantas daninhas, com ritmo operacional moderado e planejamento de manutenção proporcional à demanda das áreas em formação.

3.2.3 Fazendas OPEX

As fazendas classificadas como OPEX representam unidades em pleno pico produtivo, com alta produtividade e elevada intensidade de mecanização agrícola. Nessas áreas, as operações envolvem pulverizações frequentes, adubações de cobertura, aplicações de herbicidas, poda e roçagem, demandando maior número de tratores, operadores e turnos de trabalho. O manejo mecanizado é contínuo e exige planejamento detalhado das atividades e da manutenção preventiva, garantindo que o cronograma operacional seja cumprido conforme o planejamento agrícola.

3.3 Coleta e Organização dos Dados Para as Das Cartas de Controle

Foram utilizados os valores semanais de disponibilidade mecânica (%) referentes às 52 semanas do ano de 2024 para cinco fazendas da empresa. Esses valores foram extraídos diretamente de um dashboard desenvolvido em Power BI, utilizado internamente para monitoramento operacional da frota agrícola. O painel é alimentado automaticamente pela base de dados da Solinftec, sistema responsável pela telemetria dos tratores, incluindo o registro contínuo do tempo disponível e indisponível dos equipamentos.

Como a disponibilidade mecânica já se encontrava consolidada no dashboard, não foi necessário efetuar cálculos adicionais para sua obtenção. Após a extração dos dados, as informações foram organizadas em planilhas do Microsoft Excel, onde foram realizadas a padronização dos registros semanais, a conferência dos valores e a estruturação das séries temporais de cada fazenda. Essa preparação permitiu visualizar a evolução do indicador ao longo das 52 semanas, fornecendo o conjunto de dados utilizado para a construção das cartas de controle.

3.3.1 Construção das Cartas de Controle

Para avaliar o comportamento da disponibilidade mecânica ao longo do tempo, foram elaboradas cartas de controle do tipo Individuais (I) e Amplitude Móvel (MR). Esse

conjunto de cartas é recomendado para séries temporais formadas por observações individuais, sem subgrupos, conforme orientam Montgomery (2020) e a norma ISO 7870-2, que estabelece diretrizes para cartas de controle de Shewhart.

A carta de Pontos Individuais (I) foi utilizada para monitorar o comportamento geral da disponibilidade mecânica semanal. O limite superior de controle (LSC) foi fixado em 100%, uma vez que este é o valor máximo possível para o indicador. O limite central e o limite inferior de controle foram definidos com base na variabilidade observada no conjunto de semanas de cada fazenda.

A carta de Amplitude Móvel (MR) foi utilizada para avaliar a variabilidade entre semanas consecutivas. As amplitudes foram obtidas a partir da diferença absoluta entre semanas adjacentes, e os limites de controle foram calculados com base nas constantes específicas para esse tipo de carta, seguindo as recomendações estatísticas do NIST (2023).

3.3.2 Procedimento de Análise

As cartas de controle permitiram analisar a estabilidade da disponibilidade mecânica ao longo do período estudado. A avaliação consistiu na identificação de pontos acima ou abaixo dos limites de controle, variações abruptas entre semanas consecutivas e demais padrões estatísticos que pudessem indicar instabilidade do processo. Como esta seção se refere somente à metodologia, não foram atribuídas interpretações ou causas às variações observadas.

3.4 Metodologia de Aplicação do Diagrama de Ishikawa (6M)

A presente etapa metodológica teve como finalidade identificar, classificar e representar graficamente as principais causas relacionadas à baixa disponibilidade mecânica dos tratores empregados nas operações agrícolas de cinco unidades produtoras de citros da plataforma de sucos da empresa X, denominadas neste estudo como Fazenda 1, Fazenda 2, Fazenda 3, Fazenda 4 e Fazenda 5.

As informações utilizadas foram obtidas a partir de registros históricos e atas de reunião do ano de 2024, que continham justificativas e observações sobre variações negativas no indicador de disponibilidade mecânica das frotas agrícolas. Os dados foram complementados com informações provenientes do sistema de telemetria Solinftec,

ferramenta inteligente embarcada nos tratores, responsável por monitorar em tempo real parâmetros operacionais, como horas trabalhadas, paradas, falhas e deslocamentos no campo.

3.4.1 Coleta e Organização dos Dados Para os Diagramas de Ishikawa

Inicialmente, as informações foram coletadas junto ao setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) da empresa X, a partir dos indicadores disponibilizados pelo sistema de gestão interna dessa empresa. Os dados consolidados em planilhas no Microsoft Excel tiveram como base os relatórios extraídos do dashboard corporativo do Power BI, que integra os registros operacionais provenientes do sistema de telemetria Solinftec. Ao todo, 240 atas de reunião de manutenção referentes às cinco fazendas também foram analisadas de forma descritiva, com o objetivo de identificar as justificativas apresentadas para as variações na disponibilidade mecânica. As ocorrências foram agrupadas conforme similaridade e frequência, possibilitando uma visão mais abrangente das principais causas associadas à eficiência operacional das frotas agrícolas.

3.4.2 Classificação das Causas Segundo a Metodologia dos 6M

As justificativas identificadas foram classificadas de acordo com a metodologia dos 6Ms, proposta por Ishikawa (1986), que organiza as possíveis causas de um problema em seis dimensões principais: Máquina, Mão de Obra, Método, Material, Meio Ambiente e Medição. Essa ferramenta é amplamente utilizada em processos de gestão da qualidade por permitir a análise estruturada das causas que influenciam determinado efeito ou resultado.

Conforme Werkema (1995) e Campos (2014), a análise de causa e efeito é uma etapa essencial para identificar fatores potenciais que impactam o desempenho de um processo, possibilitando priorizar ações corretivas de forma sistematizada conforme:

A) **Máquina:** engloba falhas físicas ou técnicas dos equipamentos, como problemas hidráulicos, elétricos, de motor, sensores ou componentes estruturais.

B) **Mão de Obra:** abrange fatores humanos, como absenteísmo, falta de treinamento, revezamento incorreto e baixa aderência a procedimentos operacionais.

C) **Método:** refere-se a deficiências em rotinas, apontamentos, cronogramas ou estratégias de manutenção e operação.

D) Material: inclui falhas ou atrasos no fornecimento de peças, insumos ou ferramentas, bem como a utilização de materiais inadequados.

E) Meio Ambiente: contempla variáveis climáticas e externas (chuvas, feriados, alagamentos, temperaturas extremas) que interferem na execução das atividades.

F) Medição: envolve erros, falhas ou ausência de registros e dados provenientes de instrumentos de controle e monitoramento, como o sistema Solinftec.

3.4.3 Elaboração dos Diagramas de Ishikawa

Com base na categorização das causas, foram elaborados cinco Diagramas de Ishikawa (ou Espinha de Peixe) — um para cada fazenda analisada. Cada diagrama teve como efeito central a 'Variabilidade Disponibilidade Mecânica' e apresentou os ramos correspondentes aos seis eixos dos 6M, contendo as causas específicas identificadas em cada unidade.

Os diagramas foram confeccionados em ambiente digital utilizando o Microsoft PowerPoint, com layout acadêmico e exportados em formato vetorial (.png) para inserção no relatório. A disposição visual seguiu as recomendações de Toledo e Chiavenato (2017), priorizando a clareza na separação dos ramos principais e das causas secundárias.

3.4.4 Consolidação Geral e Análise Comparativa

Após a construção dos diagramas individuais, elaborou-se um diagrama consolidado que sintetizou as causas mais recorrentes entre as cinco fazendas, permitindo uma análise comparativa entre os diferentes ambientes operacionais. Essa etapa permitiu identificar padrões de recorrência — como falhas hidráulicas, absenteísmo e falhas de comunicação do sistema Solinftec —, reforçando a necessidade de ações corretivas sistêmicas voltadas à capacitação de operadores, padronização de processos e aprimoramento das rotinas de manutenção preventiva.

A utilização dos Diagramas de Ishikawa neste estudo justifica-se por sua eficácia em representar graficamente as relações de causa e efeito de maneira estruturada e visual, servindo como ferramenta de suporte à tomada de decisão e melhoria contínua dos processos agrícolas (Werkema, 1995; Ishikawa, 1986; Campos, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Dados da Empresa

Trata-se de uma companhia global do ramo agroindustrial, focada na venda e no processamento de produtos agrícolas, atuando no Brasil desde 1942. A empresa gerencia ativos e processos desde a origem até a distribuição para mercados internacionais, lidando com uma diversidade de produtos como café, algodão, grãos, sucos, açúcar e rações. Seu objetivo é criar valor justo e sustentável, garantindo uma cadeia de suprimentos responsável e rastreável.

A eficiência da empresa na execução de suas atividades foi agraciada com vários prêmios e distinções, especialmente nos setores de recursos humanos e agronegócio. A relevância dessa empresa e de outras para o agronegócio brasileiro é evidenciada por números, uma vez que o setor cresceu mais de 10% no segundo trimestre de 2025 (Ministério da Agricultura e Pecuária, 2025).

4.2 Dados Estatísticos das Fazendas BRIDGE, CAPEX E OPEX da Empresa X

A empresa X possui um ativo imobilizado robusto para se manter lucrativa. Os ativos imobilizados “são itens tangíveis utilizáveis por mais de um ano e são detidos para uso na produção ou fornecimento de mercadorias ou serviços, para aluguel ou para fins administrativos” (CPC 27, 2005, p.1). Os tratores das fazendas 1 (BRIDGE), 2 (CAPEX), 3 (OPEX), 4 (OPEX) E 5 (BRIDGE), figuram entre os ativos imobilizados da empresa X. O trator agrícola é um equipamento que atua como fonte de potência. É composto por diversos elementos com funções específicas para a transformação e transferência de energia, permitindo sua locomoção e a movimentação dos órgãos ativos de máquinas e implementos agrícolas acoplados a ele (Senar, 2017).

Na agricultura, os métodos estatísticos de qualidade são relativamente novos. Com o suporte das ferramentas de qualidade, tem-se conseguido melhorias no acompanhamento de práticas agrícolas mecanizáveis, alcançando resultados mais precisos para que o processo seja executado de forma mais eficiente (Paixão, 2015). O Controle de Amplitude Móvel da Disponibilidade Mecânica por Fazenda da empresa X é demonstrado na Figura 1.

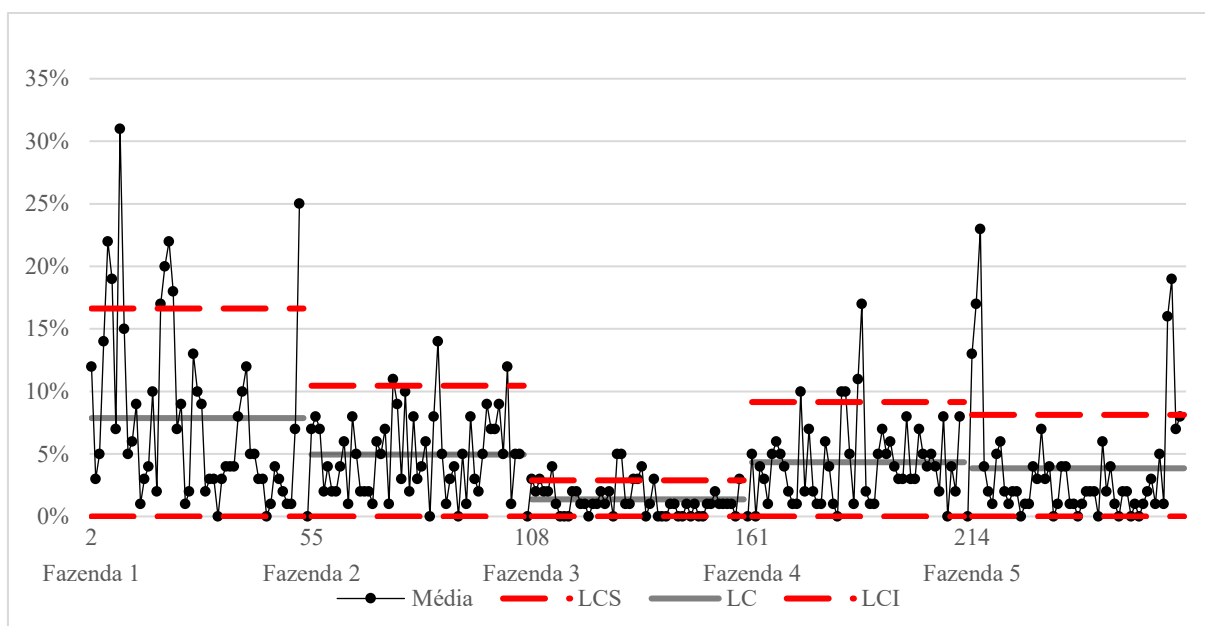


Figura 1 – Controle de Amplitude Móvel da Disponibilidade Mecânica por Fazenda
Fonte: Elaboração própria (2025)

Na representação das variações da amplitude móvel entre as cinco fazendas, nota-se que as amplitudes oscilaram entre 0% e 30%, refletindo a variabilidade natural do processo ao longo do tempo. O limite central (LC) foi calculado a partir da média das amplitudes, e os limites superior e inferior de controle (LCS e LCI) foram determinados de acordo com as expressões da carta de amplitude móvel para subgrupos de tamanho 2. O LCS foi fixado em 100%, pois esse é o valor máximo possível de disponibilidade mecânica, correspondendo à condição ideal em que todos os tratores estão operacionais durante o período de observação.

A importância do controle de amplitude móvel da disponibilidade mecânica da empresa X pode ser explicada conforme a consideração de Francisco (2021) que tal controle permite que seja encontrado os tipos de problemas que ocorrem com maior frequência no estudo das máquinas e implementos agrícolas. Dentre esses problemas cita-se: a necessidade de aplicação de pesquisas voltadas para a melhoria das condições de uso das máquinas; aprimoramento de uma máquina, criação de um novo modelo com base em máquinas já existentes ou modificações no projeto com o objetivo de diminuir os custos de produção e identificação de condições de ajuste e gestão que reduzam perdas de produto e tempo, pesquisas sobre planejamento e controle, entre outros. A Figura 2 demonstra, por meio da carta de valores individuais, a disponibilidade mecânica por fazenda da empresa X.

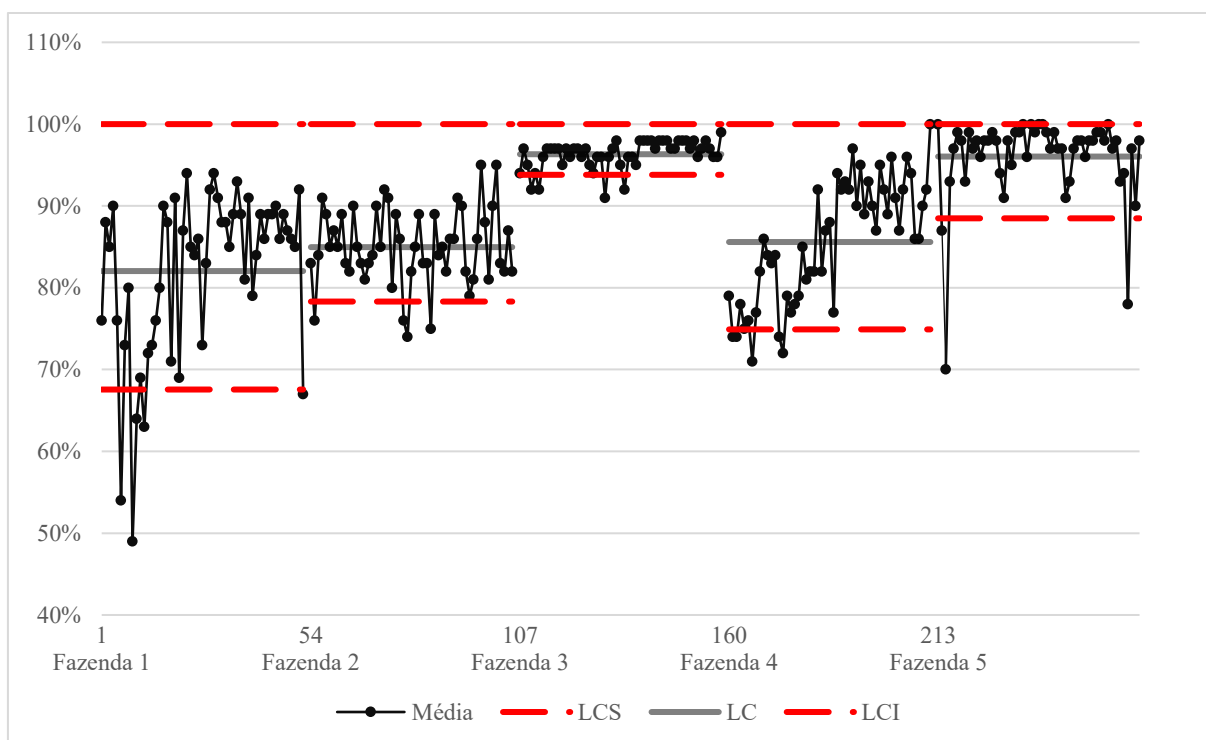


Figura 2 – Carta de Valores Individuais da Disponibilidade Mecânica por Fazenda
Fonte: Elaboração própria (2025)

As médias de disponibilidade das fazendas 1,2,3,4 e 5 da empresa X variaram entre 82% e 96%, evidenciando diferenças entre os perfis operacionais. As linhas tracejadas vermelhas delimitam os limites de controle superior (LCS) e inferior (LCI), e a linha preta contínua representa o limite central (LC). Ademais, observou-se que, em todas as fazendas, a maior parte dos pontos se manteve dentro dos limites de controle, com poucas ocorrências de pontos fora. Observou-se que, em todas as fazendas, a maior parte dos pontos se manteve dentro dos limites de controle, com poucas ocorrências de pontos fora, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas da disponibilidade mecânica por fazenda (2024)

Fazenda	$\bar{X}$	LSC	LIC	Variabilidade	Pontos Fora de Controle	σ	Coefficiente de Variação
Fazenda 1	82%	100%	68%	14%	5	10%	12%
Fazenda 2	85%	100%	78%	7%	4	5%	5%
Fazenda 3	96%	100%	94%	3%	4	2%	2%
Fazenda 4	86%	100%	75%	11%	5	7%	9%
Fazenda 5	96%	100%	88%	8%	3	5%	6%

Fonte: Elaboração própria (2025)

Ao analisar e confrontar os números apresentados referentes as estatísticas descritivas da disponibilidade mecânica por fazenda da empresa X no ano de (2024) e os resultados consolidados de cada unidade, incluindo os valores médios de disponibilidade ($\bar{X}$), limites de controle (LCS e LCI), amplitude de variabilidade, número de pontos fora

dos limites e parâmetros estatísticos de dispersão (σ e CV) foi possível comparar a estabilidade do processo entre as fazendas analisadas.

Com base nesses resultados, observa-se que as médias gerais de disponibilidade se mantiveram acima de 80% em todas as fazendas, com coeficientes de variação entre 2% e 12%, o que indica diferentes níveis de estabilidade operacional entre os perfis produtivos. A Fazenda 1 apresentou o maior número de pontos fora dos limites de controle (cinco ocorrências), seguida por Fazenda 4 e Fazenda 2 (quatro a cinco pontos). Já Fazenda 3 e Fazenda 5 apresentaram menor incidência de desvios e menor amplitude de variabilidade, o que reflete maior regularidade nos valores ao longo do período observado.

A importância dessas informações é ressaltada no estudo de Lopes (2022), cujo objetivo é avaliar o desempenho operacional e as principais perdas mecânicas e operacionais do trator de esteira e escavadeira hidráulica, ao longo de seis meses, nas atividades de preparo do solo e limpeza de resíduos da empresa Klabin S/A, considerada a maior produtora e exportadora de papéis para embalagem do Brasil. Com isso, foi possível observar que a elevada pluviosidade pode comprometer a eficiência operacional do trabalho em campo. Além disso, chegou-se à conclusão de que era preciso investigar as principais causas das perdas de disponibilidade mecânica para melhorar o desempenho dos equipamentos nas tarefas de preparo do solo e limpeza de resíduos. Nesse sentido, a Tabela 2 demonstra maiores informações referente a caracterização de cada unidade da empresa X em relação ao número de tratores disponíveis, turnos de trabalho e perfil operacional, aspectos que auxiliam na compreensão da magnitude de operação de cada grupo das fazendas 1,2,3,4 e 5 da empresa X.

Tabela 2 – Classificação e estrutura operacional das fazendas avaliadas (2024)

Fazenda	Perfil	Turnos de trabalho	Nº de Tratores
Fazenda 1	BRIDGE	2	10
Fazenda 2	CAPEX	2	23
Fazenda 3	OPEX	2	30
Fazenda 4	OPEX	3	26
Fazenda 5	BRIDGE	1	5

Fonte: Elaboração própria (2025)

A partir dessas informações, é possível visualizar diferenças estruturais significativas entre as fazendas analisadas. As unidades de perfil OPEX, por exemplo, operam com maior número de tratores e turnos, refletindo maior intensidade operacional, enquanto as fazendas BRIDGE concentram-se em pomares de idade avançada e menor

demanda de mecanização, com número reduzido de equipamentos.

A importância das informações apresentadas sobre número de tratores disponíveis, turnos de trabalho e perfil operacional das fazendas da empresa X confrontam com os resultados do trabalho desenvolvido por Santos et al. (2025) sobre prioridades de requisitos para projeto de postos de operação de tratores quanto à ergonomia e segurança. A amostragem foi composta por tratores agrícolas com pneus de borracha novos, apresentando bitola externa superior a 1.150 mm, sem modificações em suas características originais realizadas pelo fabricante ou revendedor. Esses tratores estavam disponíveis para comercialização no território nacional, considerando a disposição interna dos comandos de operação, os assentos e os acessos aos postos de operação. As ferramentas usadas para análise comparativa diagrama de Mudge e a primeira matriz do “*quality function deployment*”, respectivamente. Os resultados mostram que as marcas nacionais de tratores agrícolas dão a mesma importância ao cumprimento dos requisitos de projeto de ergonomia e segurança nos postos de operação. O assento é a prioridade máxima, seguido pelos comandos, com os acessos ocupando a última posição.

São informações importantes caso a empresa X ou outras empresas necessitem trocar os tratores e optarem pelas marcas nacionais. Nesse sentido, as figuras e tabelas apresentadas a seguir sintetizam visualmente os resultados do controle estatístico da disponibilidade mecânica dos tratores agrícolas.

4.3 Apresentação dos Diagramas de Causa e Efeito (6M)

Com base nas justificativas registradas nas atas de manutenção e nas informações operacionais extraídas do dashboard do Power BI alimentado pelos dados do sistema de telemetria Solinftec, foram elaborados cinco Diagramas de Causa e Efeito (Ishikawa), um para cada fazenda analisada, além de um diagrama consolidado que sintetiza os fatores comuns identificados entre todas as unidades.

Os diagramas foram estruturados segundo a metodologia dos 6M (Máquina, Mão de Obra, Método, Material, Meio Ambiente e Medição), visando representar de forma visual e sistematizada os principais fatores que contribuíram para as variações da disponibilidade mecânica observadas nas cartas de controle. Cada diagrama reflete o contexto operacional de sua respectiva fazenda e foi elaborado a partir da consolidação de dados coletados no ano de 2024.

4.3.1 Fazenda 1 – Diagrama de Causa e Efeito (6M)

A Figura 3 apresenta o Diagrama de Ishikawa referente à Fazenda 1, classificada no perfil BRIDGE, caracterizada por pomares mais antigos e menor intensidade operacional. O diagrama sintetiza as principais causas de variação da disponibilidade mecânica identificadas nas atas 2024.

Entre os fatores destacados na categoria Máquina, verificaram-se falhas hidráulicas recorrentes e problemas em componentes de GPS, além de atrasos na conclusão de manutenções corretivas. Em Mão de Obra, observou-se absenteísmo pontual e realocação de operadores para outras atividades, reduzindo a disponibilidade operacional dos tratores.

Na dimensão Método, destacaram-se apontamentos incorretos e falhas na priorização das manutenções, o que impactou a estabilidade dos indicadores. Já em Meio Ambiente, episódios de chuvas intensas interferiram diretamente no ritmo dos tratos culturais. Por fim, em Medição, foram observadas falhas intermitentes na comunicação do sistema Solinftec, ocasionando inconsistências pontuais nos registros de disponibilidade.

Essas causas, quando analisadas em conjunto, explicam parte da variabilidade estatística observada nas cartas de controle da Fazenda 1, sobretudo nos pontos fora dos limites e nas amplitudes superiores a 20%.



Figura 3 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Fazenda 1

Fonte: Elaboração própria (2025)

4.3.2 Fazenda 2 – Diagrama de Causa e Efeito (6M)

A Figura 4 representa o Diagrama de Ishikawa da Fazenda 2, pertencente ao perfil

CAPEX, que corresponde a unidades em fase de formação de pomares e, portanto, com operações mecanizadas moderadas. No eixo Máquina, verificou-se a ocorrência de falhas na barra de herbicida, bomba injetora e rede hidráulica, associadas a equipamentos recém-implantados ou ainda em ajuste operacional. Em Mão de Obra, as atas evidenciaram alta rotatividade e a presença de operadores em treinamento, o que resultou em inconsistências no desempenho de campo.

A dimensão Método foi marcada por atrasos em abastecimentos, decorrentes de interrupções no fornecimento elétrico das bombas, e pela ausência de padronização em alguns apontamentos. No eixo Material, observaram-se pendências de peças sob garantia e atrasos de fornecedores.

As condições climáticas, representadas em Meio Ambiente, também impactaram o ritmo de trabalho em determinados períodos, enquanto em Medição destacaram-se falhas de sincronização dos dados do Solinftec com o Power BI, refletindo pequenas divergências entre registros semanais. Esses fatores, de natureza predominantemente operacional e técnica, explicam parte da variação identificada nas cartas de controle da Fazenda 2.

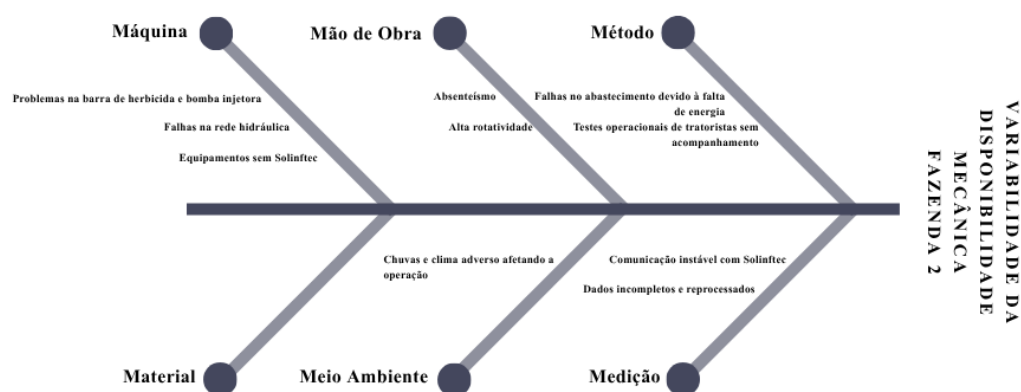


Figura 4 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Fazenda 2

Fonte: Elaboração própria (2025)

4.3.3 Fazenda 3 – Diagrama de Causa e Efeito (6M)

A Figura 5 exibe o diagrama referente à Fazenda 3, classificada como OPEX, caracterizada por alta intensidade mecanizada e elevado número de tratores em operação.

Na categoria Máquina, foram observados registros de vazamentos e rompimentos em redes hidráulicas, além de intervenções em geradores de energia utilizados no apoio de campo. No eixo Mão de Obra, as atas apontaram absenteísmo eventual e início tardio

de algumas jornadas, especialmente durante semanas de alta demanda.

Em Método, foram relatadas mudanças de setor e replanejamentos de atividades em função de falhas hidráulicas inesperadas, o que exigiu deslocamentos adicionais e ajustes de rotina. As causas relacionadas a Material referem-se à substituição de bicas e adutoras danificadas. Condições meteorológicas adversas, incluídas em Meio Ambiente, e falhas pontuais de comunicação no sistema de Medição (Solinftec) completam o conjunto de fatores que contribuíram para pequenas oscilações de disponibilidade, embora esta unidade tenha apresentado um dos índices mais elevados e estáveis do estudo (96%).

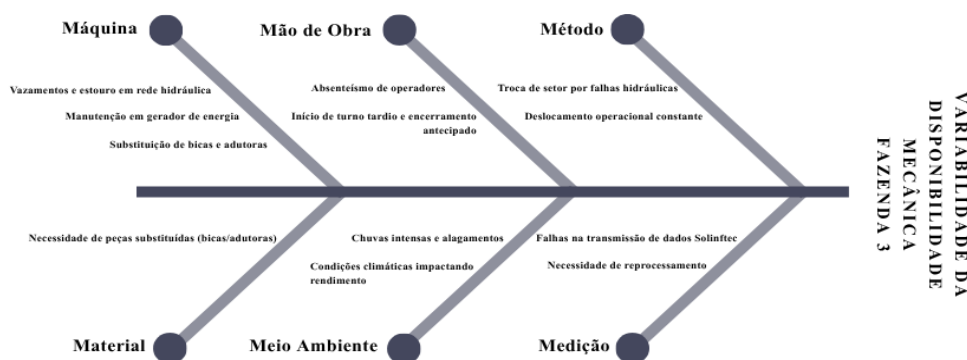


Figura 5 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Fazenda 3

Fonte: Elaboração própria (2025)

4.3.4 Fazenda 4 – Diagrama de Causa e Efeito (6M)

A Figura 6 ilustra o Diagrama de Causa e Efeito da Fazenda 4, também classificada como OPEX, que apresentou amplitude de variação intermediária entre as unidades avaliadas. As causas agrupadas em Máquina concentram-se em manutenções prolongadas de atomizadores e roçadeiras, além de elevado índice de pneus danificados. Em Mão de Obra, verificou-se falta de comunicação entre os operadores e o time de manutenção, impactando o tempo de resposta às falhas.

No eixo Método, as atas relataram apontamentos incorretos e atrasos no fechamento de ordens de serviço, enquanto Material apresentou registros de utilização inadequada de insumos e problemas com fornecedores. As chuvas frequentes foram o principal fator externo incluído em Meio Ambiente, interferindo diretamente nas operações de roçagem e herbicida.

Em Medição, houve falhas pontuais de registro de horas operacionais no sistema Solinftec, posteriormente ajustadas via reprocessamento de dados. Esses fatores refletem

a variação moderada observada nas cartas de controle dessa unidade.



Figura 6 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Fazenda 4

Fonte: Elaboração própria (2025)

4.3.5 Fazenda 5 – Diagrama de Causa e Efeito (6M)

A Figura 7 apresenta o Diagrama de Ishikawa da Fazenda 5, classificada como BRIDGE, com menor número de tratores e menor intensidade de mecanização. Na categoria Máquina, destacaram-se manutenções frequentes em atomizadores e falhas pontuais em sistemas hidráulicos e elétricos. Em Mão de Obra, o absenteísmo e a substituição constante de operadores foram fatores recorrentes, mencionados nas atas de manutenção.

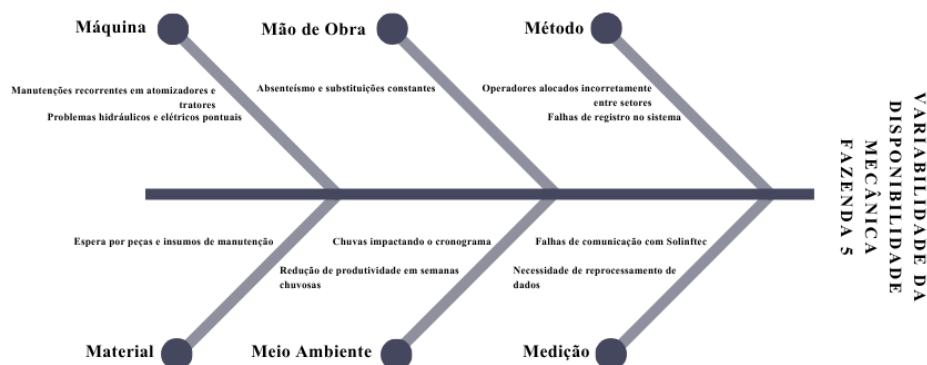


Figura 7 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Fazenda 5

Fonte: Elaboração própria (2025)

O eixo Método evidenciou erros de alocação de operadores entre setores e falhas de apontamento. Em Material, observou-se o tempo de espera para entrega de peças e insumos, enquanto em Meio Ambiente, as chuvas e feriados foram fatores que reduziram o ritmo operacional. Por fim, em Medição, verificaram-se falhas de comunicação do Solinftec, gerando divergências de dados que exigiram conferências manuais. Tais elementos explicam a menor amplitude de variação, mas também a presença de pequenos desvios na carta de controle dessa unidade.

4.3.6 Diagrama Consolidado – Síntese Geral das Causas (6M)

Para demonstrar as causas e efeitos recorrentes entre as cinco fazendas avaliadas foi elaborado o Diagrama Consolidado de Causa e Efeito com base na sobreposição das causas identificadas nos diagramas individuais e na frequência de ocorrência nas atas de manutenção, conforme Figura 8.

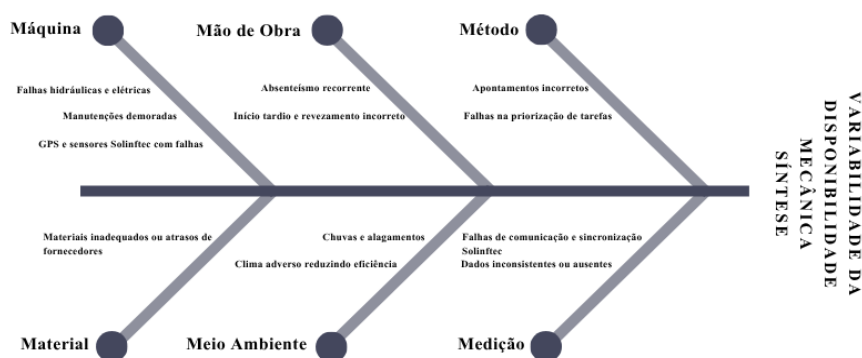


Figura 8 – Diagrama de Causa e Efeito (6M) – Síntese
Fonte: Elaboração própria (2025)

De maneira geral, observou-se predominância das causas relacionadas aos eixos Máquina, Mão de Obra e Medição, que apresentaram maior número de registros e influência direta sobre a variação da disponibilidade mecânica. As falhas hidráulicas e elétricas, o absenteísmo e as inconsistências de comunicação do sistema Solinftec figuram entre os fatores mais citados.

Os resultados demonstrados por meio da ferramenta de Diagrama de Causa e Efeito afirmam a importância dessa ferramenta para analisar as variáveis da disponibilidade mecânica dos tratores voltados às operações de tratores citrus das fazendas BRIDGE, CAPEX E OPEX da empresa X. Portanto, nessa linha de pensamento cita-se o estudo desenvolvido por Moreira et al. (2021) cujo objetivo é discorrer sobre as metodologias de gestão da qualidade interrelacionando as ferramentas Ishikawa, 5W2H, Ciclo PDCA e DMAIC. São ferramentas que permitem o redesenho de métodos e processos e possibilitam um aumento na escala de produção global, e a fabricação de bens e serviços com qualidade, consistência e repetibilidade (Moreira et al., 2021).

Com isso, além de comprovar a eficácia da ferramenta Ishikawa que permitiu analisar as causas e efeitos que impactam na disponibilidade mecânica dos tratores das fazendas BRIDGE, CAPEX E OPEX da empresa X, outras ferramentas podem ser usadas para resultados mais confiáveis e passíveis de tomadas de decisões gerenciais.

5. CONCLUSÃO

O estudo atingiu seu objetivo ao avaliar a disponibilidade mecânica dos tratores em cinco fazendas classificadas como OPEX, CAPEX e BRIDGE, identificando diferenças significativas entre os perfis operacionais. As fazendas OPEX, com maior número de tratores e turnos, apresentaram médias de disponibilidade superiores (até 96%) e menor variabilidade, refletindo maior estabilidade nas operações mecanizadas. Em contraste, as fazendas BRIDGE, com pomares mais antigos e menor intensidade operacional, registraram maior amplitude de variação e menor regularidade nos indicadores. As unidades CAPEX, em fase de formação, exibiram desempenho intermediário, influenciado por ajustes técnicos e rotatividade de operadores.

A análise das causas, estruturada pelo Diagrama de Ishikawa (6M), revelou predominância de fatores relacionados a Máquina (falhas hidráulicas e elétricas), Mão de Obra (absenteísmo e falta de treinamento) e Medição (inconsistências no sistema de telemetria), evidenciando a necessidade de ações corretivas voltadas à manutenção preventiva, capacitação e confiabilidade dos sistemas de monitoramento.

Conclui-se que a intensidade operacional e a estrutura produtiva impactam diretamente a disponibilidade mecânica e a qualidade das operações mecanizadas. Recomenda-se ampliar o uso de ferramentas de gestão da qualidade, como PDCA e DMAIC, para reduzir variabilidade, aumentar a confiabilidade e subsidiar decisões estratégicas sobre renovação de frota e planejamento de manutenção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR ISO 14224: **Confiabilidade e manutenção de equipamentos — Coleta e intercâmbio de dados**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. D230.4, **Agricultural Machinery Management** Data. ASAE STANDARDS 1989. St. Joseph, Michigan, 1989. p.91-97.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8. ed. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços, 2014.

CITRUS BR. Comunicado ao mercado. **Informativo ao mercado**. Disponível em: https://citrusbr.com/wp-content/uploads/2025/03/Informativo-ao-mercado_estoques-em-31-de-dezembro-de-2024.pdf. Acesso em: 08.set.2025.

FRANCISCO, P.R.M. **Mecanização Agrícola**: coletânea de aula. EPTEC, 2022. Campina Grande – PB. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/bitstream/riufcg/26883/1/E-BOOK>. Acesso em: 12.nov.2025.

FUNDECITRUS. **Safra de laranja 2024/25 é encerrada com produção total de 230,87 milhões de caixa. 2025**. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/noticias/safra-de-laranja-202425-e-encerrada-com-producao-total-de-23087-milhoes-de-caixas/>. Acesso em: 04.set.2025.

GODOY, M. **O impacto do tarifaço para as micro e pequenas empresas**. Rio de Janeiro: Sebrae/RJ, 2025. ISS: 978-65-5818-745-5. Disponível em: <https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/MS/Anexos/2025/EstudoOimpactodotarifaofinal.pdf>. Acesso em: 25.set.2025.

GOMES, P. A evolução do conceito de qualidade: dos bens manufacturados aos serviços de informação, Cadernos BAD, Vol. 2, pp. 6-18, 2004.

GONZAGA, A.R. **Avaliação de tratores agrícolas para pulverização na cultura de citrus**. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal). 2020. Jaboticabal – SP. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/c341ba07-84f0-445e-a9e5-b8e56d273105/content>. Acesso em: 13. ago. 2025.

GREJIANIN, R.L. **Estudo da viabilidade econômica de tratores agrícolas**. Trabalho apresentado para obtenção parcial do título de Especialista em Agronegócio no curso de Pós-Graduação (MBA) em Gestão do Agronegócio do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/46541/R%20-%20E%20-%20RAFAEL%20LUIS%20GREJIANIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03.set.2025.

ISHIKAWA, K. **What is Total Quality Control?** The Japanese Way. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1986.

ISO. ISO 7870-2: **Control Charts** — Part 2: Shewhart Control Charts. Geneva: International Organization for Standardization, 2013.

LONCAROVICH, R.F. **Manutenção de tratores agrícolas**. Curitiba: SENAR AR/PR., 2020. ISBN978-65-88733-08-0. Disponível em: <https://www.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2021/11/PR.0348-Manutencao-de-tratores-agricolas.pdf>. Acesso em: 13.set.2025.

LOPES, T.A. **Estudo de apontamentos na disponibilidade mecânica e a eficiência operacional em tratores de esteira e escavadeira hidráulica no preparo de solo**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel. 2022. Lavras – MG. Disponível em: <http://sip.prg.ulfa.br>. Acesso em:

01.nov.2025.

MARQUES, A. LUIZ, N.; MACHADO, A.L.T.; FERREIRA, M.F; REIS, A.V. Índices de Depreciação, Ergonomia, Segurança, Nível de ruído e Manutenção como Parâmetros de Avaliação em Tratores Agrícolas de quatro rodas. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 114, n. 3, 2015. Disponível em: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/48674/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1. Acesso em: 17.set.2025.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Agro cresce 10% no segundo trimestre de 2025**: destaques de crescimento para as culturas de milho (19,9%), soja (14,2%), arroz (17,7%), algodão (7,1%) e café (0,8%), no comparativo do mesmo período do ano anterior. Brasília – DF. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/agro-cresce-mais-de-10-no-segundo-trimestre-de-2025>. Acesso em: 02.nov.2025.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

MOREIRA, M.M.A.C.; AZEVEVEDO, T. C.; SILVEIRA, S.R.; SOARES, I.N.; NORDI, T.M.; SOUSA, F.S.I.; MASCONI, D. Ferramentas da qualidade: uma revisão de diagrama de ishikawa, 5w2h, ciclo pdca, dmaic e suas interrelações. **5º. SiPGEM – Simpósio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica Escola de Engenharia de São Carlos** – Universidades de São Paulo 27 e 28 de setembro de 2021. São Carlos – SP. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/b7f13b16-0640-4823-9809-9f76cc7a7df8/3170-9459-2-PB.pdf>. Acesso em: 20.nov.2025.

NEVES, M. F. et al. **O Retrato da Citricultura Brasileira**. 1. ed. São Paulo: Markestrat, 2014. 138 p. Disponível em: http://www.citrusbr.com/download/Retrato_Citricultura_Brasileira_MarcosFava.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES F. F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. **Citricultura brasileira**. Disponível em: https://citrusbr.com/wp-content/uploads/2020/10/Retrato_Citricultura_Brasileira_MarcosFava.pdf. Acesso em: 08.ago.2025.

NIST. Engineering Statistics Handbook. **National Institute of Standards and Technology**, 2023. Disponível em: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>

NORONHA, J.F. **Projetos agropecuários**: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica. São Paulo: Atlas, 1981.

NORONHA, J.F.; MIALHE, L. G.; DUARTE, L. P. Custos de sistemas tratorizados na agricultura brasileira. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**, 29, Campinas, 1991. Anais.Brasília: SOBER, 1991. p.04-46.

OAKLAND, J. **Gerenciamento da qualidade total**, São Paulo: Nobel, 1994.

PAIXÃO, C. S. S. **Tempos, movimentos e qualidade da operação de colheita**

mecanizada de soja em função do formato dos talhões. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Unesp - Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2015. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/cathedra/12-052015/000829820.pdf>. Acesso em: 05.12.2025.

PERRIN, R. K. Asset replacement principles. **American Journal Agricultural Economic**, v.54, n.1, p.60-67, 1972. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000835426>. Acesso em: 08.set.2025.

REIS, G. N. dos *et al.* Manutenção de tratores agrícolas e condição técnica dos operadores. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 282–290, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100031>. Acesso em: 15 set. 2025.

Santis, S. H. da S. de. **A implantação de sistema de qualidade em uma indústria têxtil de malharia de pequeno porte.** Dissertação apresentada a Escola de Ciências, Artes e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em Ciências Programa de Pós-Graduação em Têxtil da Moda.2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100133/tde-05082013-203544/>. Acesso em: 05.dez.2025.

SENAR. **Mecanização:** operação de tratores agrícolas. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/177-OPERAÇÃO-DE-TRATORES.pdf>. Acesso em: 04. Out.2025.

TOLEDO, J. C.; CHIAVENATO, I. **Gestão da Qualidade e Produtividade.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

VIEIRA, A. C.; ALVES, F.J.C. A queda do contrat-padrão e o acirramento dos conflitos no setor citrícola. **Informações Econômicas**, SP, v.27, n.8, ago. 1997. Disponível em: <https://iea.agricultura.sp.gov.br/ftpiea/ie/1997/tec1-0897.pdf>. Acesso em: 15.jul.2025.

VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; ZERBATO, C.; SILVA, V.F.A.; PAIXÃO, C.S.S. Monitoramento das perdas no processo de colheita mecanizada de tomate industrial. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.23, p.315-325, 2015.

WERKEMA, M. C. C. **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.