

MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA E DEGRADAÇÃO DO SOLO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES CLASSES DE SOLO

VINICIUS AUGUSTO CARDOSO GARAVELLO –

viniciusgaravelo55@gmail.com

BRUNO MENEZES NOVAES MARTINS –

brunovaesagrope@gmail.com

FACULDADE GALILEU

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo analisar os impactos da mecanização agrícola sobre diferentes classes de solo no Brasil, com ênfase nas consequências físicas, químicas e biológicas decorrentes do uso intensivo de máquinas agrícolas. A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão bibliográfica comparativa, fundamentada em artigos científicos, livros técnicos, dissertações e documentos institucionais, abordando aspectos relacionados à compactação, erosão e alterações estruturais dos solos Latossolos, Argissolos e Neossolos. Os resultados evidenciam que os efeitos da mecanização variam conforme a classe de solo e o tipo de manejo adotado. Os Latossolos demonstram maior resistência ao tráfego de máquinas, enquanto os Argissolos e Neossolos apresentam maior suscetibilidade à degradação física e perda de fertilidade. Verificou-se também que práticas inadequadas de mecanização podem comprometer a porosidade, reduzir a infiltração de água e limitar o desenvolvimento radicular das plantas. Por outro lado, a adoção de tecnologias de agricultura de precisão, o tráfego controlado de máquinas e o plantio direto mostraram-se eficientes na mitigação dos impactos negativos, promovendo o equilíbrio entre produtividade e conservação ambiental. Conclui-se que a mecanização agrícola, quando associada ao manejo sustentável, representa um instrumento essencial para a eficiência produtiva e a preservação da qualidade do solo no contexto da agricultura moderna.

Palavras-chave: mecanização agrícola; compactação do solo; sustentabilidade; agricultura de precisão; manejo conservacionista.

ABSTRACT

This study aims to analyze the impacts of agricultural mechanization on different soil classes in Brazil, emphasizing the physical, chemical, and biological consequences resulting from the intensive use of agricultural machinery. The research was conducted through a comparative bibliographic review, based on scientific articles, technical books, dissertations, and institutional reports addressing aspects related to compaction, erosion, and structural changes in Latosols, Argisols, and Neosols. The results show that the effects of mechanization vary according to soil class and management practices. Latosols demonstrated greater resistance to machinery traffic, while Argisols and Neosols exhibited higher susceptibility to physical degradation and fertility loss. It was also observed that inadequate mechanization practices can reduce porosity, decrease water infiltration, and limit root growth. On the other hand, the adoption of precision agriculture technologies, controlled traffic systems, and no-tillage practices proved effective in mitigating negative impacts, promoting a balance between productivity and environmental conservation. Therefore, agricultural mechanization, when associated with sustainable management, represents an essential tool for improving productivity efficiency and preserving soil quality within the context of modern agriculture.

Keywords: agricultural mechanization; soil compaction; sustainability; precision agriculture; conservation management.

1. INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola desempenhou papel determinante na modernização da agricultura brasileira desde a década de 1960, contribuindo para a ampliação da produtividade, a eficiência operacional e a expansão das fronteiras agrícolas. A incorporação de tratores, colheitadeiras e implementos reduziu a dependência de mão de obra manual e permitiu a realização de práticas agrícolas em maior escala, especialmente em regiões como o Cerrado, antes consideradas pouco aptas ao cultivo. Esse processo impulsionou o desenvolvimento socioeconômico do meio rural e consolidou o Brasil como um dos principais produtores mundiais de grãos, com destaque para culturas como soja, milho e cana-de-açúcar.

Entretanto, a expansão da mecanização também desencadeou impactos socioeconômicos desiguais. Enquanto grandes propriedades rurais ampliaram sua competitividade com a adoção de tecnologias modernas, pequenos e médios produtores frequentemente enfrentam dificuldades financeiras para acessar máquinas de alto custo, resultando em disparidades produtivas e na intensificação da concentração fundiária. Além disso, a substituição de mão de obra por equipamentos provocou transformações no mercado de trabalho rural, exigindo maior qualificação técnica e, em muitos casos, contribuindo para processos de êxodo rural e reconfiguração social nas comunidades agrícolas. No âmbito físico e ambiental, os impactos da mecanização não se manifestam de forma uniforme entre as diferentes classes de solo. Latossolos, por serem profundos e bem drenados, tendem a tolerar melhor o tráfego de máquinas, embora também possam sofrer compactação quando submetidos a operações intensivas, sobretudo em condições inadequadas de umidade. Argissolos, caracterizados pelo acúmulo de argila no horizonte B e pela maior suscetibilidade à erosão, requerem cuidados adicionais, especialmente em terrenos declivosos. Já os Neossolos, pouco desenvolvidos e com baixa retenção hídrica, apresentam elevada vulnerabilidade à degradação quando expostos à mecanização pesada. Elementos como textura, teor de matéria orgânica e estabilidade estrutural influenciam diretamente o comportamento de cada solo diante das operações mecanizadas.



Figura 1 – Sistema de orientação por GPS em cabine de máquina agrícola.

Tela de monitoramento exibindo o trajeto das operações mecanizadas em tempo real, permitindo o alinhamento preciso das passadas da máquina no campo. O uso do GPS auxilia na padronização das rotas de tráfego, reduzindo sobreposições, minimizando o pisoteio excessivo e contribuindo para a prevenção da compactação do solo.

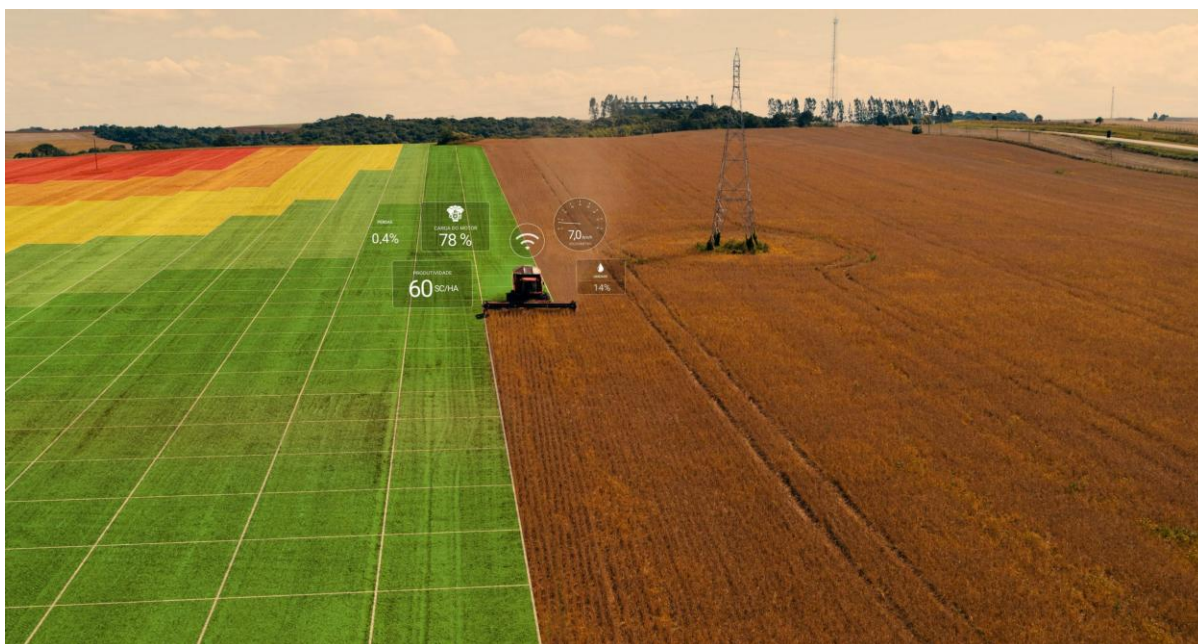


Figura 2 – Agricultura de precisão com rotas de tráfego controlado por GPS.

Mapa espacial da área agrícola com variabilidade de produtividade, no qual o deslocamento da colhedora é orientado por sistema de posicionamento global (GPS). Essa tecnologia possibilita o tráfego controlado de máquinas, concentrando a compactação em faixas específicas e preservando a estrutura física do solo nas áreas cultivadas.

A compactação desponta como um dos principais problemas associados ao uso inadequado de máquinas agrícolas, sendo frequentemente causada pelo tráfego excessivo ou mal planejado em condições de solo úmido. Esse processo reduz a aeração, diminui a infiltração de água e restringe o crescimento radicular, com efeitos negativos sobre a produtividade das culturas. Em áreas de expansão agrícola, como o Cerrado e partes da Amazônia, o manejo inadequado acentua a vulnerabilidade natural dos solos tropicais, reforçando a necessidade de práticas conservacionistas.

Por outro lado, o avanço tecnológico tem contribuído para mitigar esses impactos. A agricultura de precisão, o tráfego controlado, sensores de compactação e o plantio direto permitem otimizar o uso de máquinas e reduzir significativamente a degradação estrutural do solo. Tais inovações favorecem intervenções mais eficientes, diminuem a pressão sobre o ambiente e racionalizam o uso de insumos, mas seu acesso ainda é limitado entre produtores de menor poder aquisitivo, perpetuando desigualdades no campo.

Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender como a mecanização interage com as diferentes classes de solo, considerando não apenas os efeitos físicos e ambientais, mas também suas implicações socioeconômicas. Este trabalho busca analisar comparativamente os impactos da mecanização em Latossolos, Argissolos e Neossolos, discutindo os processos de degradação associados e destacando alternativas conservacionistas capazes de conciliar a produtividade agrícola com a preservação ambiental e a equidade no desenvolvimento rural.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os impactos da mecanização agrícola sobre diferentes classes de solo, destacando os processos de degradação física, química e biológica associados ao uso de máquinas e a importância das práticas conservacionistas para a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar a evolução da mecanização agrícola no Brasil e seus reflexos no sistema produtivo nacional;
- Descrever as principais classes de solo presentes nas áreas agrícolas brasileiras, enfatizando suas características físicas e químicas relevantes ao manejo mecanizado;
- Avaliar comparativamente a suscetibilidade de Latossolos, Argissolos e Neossolos à compactação, erosão e demais formas de degradação provocadas pelo tráfego de máquinas;
- Identificar e analisar práticas conservacionistas capazes de mitigar os efeitos negativos da mecanização sobre o solo;
- Apresentar alternativas de manejo sustentável que integrem mecanização eficiente, conservação do solo e aumento da produtividade agrícola.

3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Evolução da mecanização agrícola no Brasil

A mecanização agrícola no Brasil ganhou impulso significativo a partir da década de 1960, durante o processo de modernização do campo e da introdução de tecnologias associadas

à chamada Revolução Verde. Nesse período, políticas públicas passaram a incentivar a aquisição de tratores e implementos, com o objetivo de aumentar a eficiência produtiva e atender à crescente demanda por alimentos no país. Programas de crédito rural e expansão da indústria nacional de máquinas agrícolas contribuíram para acelerar a substituição da tração animal e das operações manuais (AGPTEA, 2019).

O avanço tecnológico observado nas décadas seguintes ampliou ainda mais o papel da mecanização na agricultura brasileira. A incorporação de máquinas mais potentes, precisas e capazes de operar em grandes áreas transformou profundamente os sistemas de produção. Gomes (2015) destaca que a mecanização se tornou decisiva para a expansão agrícola em regiões como o Cerrado, anteriormente consideradas pouco aptas ao cultivo devido às limitações químicas e físicas do solo. Com o uso de maquinário moderno, tornou-se possível realizar preparo, semeadura e colheita em escalas compatíveis com a agricultura comercial de alto rendimento.

Entretanto, a intensificação do uso de máquinas trouxe desafios relacionados à conservação do solo. O aumento do peso e da largura dos equipamentos, aliado ao tráfego desordenado em campo, passou a contribuir para processos de degradação, como compactação, erosão e redução da matéria orgânica. Estudos indicam que a compactação é mais severa em solos argilosos e coesos, enquanto solos arenosos apresentam maior vulnerabilidade à erosão superficial (Reichert et al., 2007; Fioresi et al., 2022; da Luz et al., 2022). Esses impactos se tornam ainda mais expressivos quando as operações são realizadas em condições inadequadas de umidade, em especial durante ou após períodos de chuva.

A compreensão dessas interações é fundamental, uma vez que o Brasil apresenta grande diversidade de classes de solo, cada uma com diferentes respostas ao tráfego de máquinas. Latossolos, Argissolos e Neossolos, por exemplo, possuem características estruturais, texturais e morfológicas que influenciam diretamente os riscos de degradação, tornando o estudo comparativo essencial para o manejo sustentável. Dessa forma, avaliar os efeitos da mecanização sobre essas classes de solo é imprescindível para orientar práticas agrícolas mais eficientes e ambientalmente adequadas.

3.2 Classificação e impactos da mecanização em Latossolos, Argissolos e Neossolos

Entre as classes de solo presentes no território brasileiro, destacam-se os Latossolos, Argissolos e Neossolos, amplamente distribuídos e de grande importância para a atividade agrícola, cada um apresentando características distintas que influenciam sua resistência ou vulnerabilidade ao tráfego de máquinas. Além dessas classes, o Brasil também apresenta outros tipos de solos, como Cambissolos, Gleissolos, Planossolos, Vertissolos, Espodossolos e Nitossolos, os quais possuem relevância regional e particularidades próprias de uso e manejo. No entanto, devido à ampla ocorrência, expressiva utilização agrícola e maior representatividade nos sistemas de produção mecanizados, este estudo concentra-se nos Latossolos, Argissolos e Neossolos, analisando de forma mais aprofundada suas respostas à mecanização agrícola. Os Latossolos são solos profundos, bem drenados e altamente intemperizados, com textura predominantemente argilosa e estrutura granular estável. Essas características favorecem a infiltração de água, a aeração e o desenvolvimento radicular, oferecendo boa capacidade de suporte às operações mecanizadas. No entanto, mesmo apresentando maior resistência ao tráfego, podem sofrer compactação superficial quando submetidos ao uso intenso de máquinas, sobretudo sob elevada umidade do solo. A compactação reduz a porosidade e dificulta a infiltração, comprometendo o crescimento radicular e afetando a produtividade (Silva et al., 2005; Becker et al., 2022; da Luz et al., 2022).

Os Argissolos, por sua vez, apresentam horizonte B textural marcado pelo acúmulo de argila em profundidade, formando camadas mais densas e menos permeáveis. Essa condição dificulta a penetração das raízes e aumenta a resistência mecânica do solo. Em áreas planas, podem apresentar boa fertilidade e uso eficiente; entretanto, em relevo declivoso são altamente suscetíveis à erosão hídrica. A mecanização inadequada intensifica a compactação superficial, reduz a infiltração e favorece o escoamento superficial, ampliando o risco de perda de solo e nutrientes. Estudos demonstram que o tráfego pesado de máquinas acelera a degradação estrutural dos Argissolos, demandando estratégias de manejo mais rigorosas (Fioresi et al., 2022; Carneiro et al., 2024; Zhang, 2024).

Já os Neossolos constituem solos pouco desenvolvidos, rasos e com baixa capacidade de retenção de água. Apresentam fraca diferenciação entre horizontes e baixa estabilidade estrutural, tornando-se extremamente vulneráveis à degradação física. A mecanização nesses solos deve ser cuidadosamente planejada, pois o tráfego de máquinas agrava a compactação superficial e reduz ainda mais a infiltração, impactando negativamente o crescimento radicular.

A remoção da vegetação natural intensifica processos erosivos, acelerando a perda de nutrientes e matéria orgânica (Silva et al., 2005; Becker et al., 2022; da Luz et al., 2022).

Quando comparadas diretamente, as três classes de solos revelam comportamentos distintos frente à mecanização. Latossolos, devido à profundidade e estrutura granular estável, suportam melhor o tráfego, sofrendo impactos principalmente superficiais. Argissolos, com horizonte B textural denso, apresentam maior restrição ao crescimento radicular e respondem de forma mais sensível à compactação, especialmente em áreas inclinadas. Neossolos, por serem rasos e estruturalmente frágeis, são os mais suscetíveis à degradação física, mesmo sob níveis moderados de mecanização. Assim, enquanto Latossolos toleram um manejo mais intensivo, Argissolos exigem planejamento rigoroso, e Neossolos demandam intervenções leves e altamente conservacionistas.

Dessa forma, cada classe de solo responde de forma particular às operações mecanizadas, reforçando a necessidade de um manejo diferenciado. A adoção de práticas conservacionistas, aliada ao conhecimento das propriedades específicas de cada solo, é fundamental para mitigar impactos e garantir a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Compreender essas particularidades permite selecionar estratégias adequadas para reduzir a compactação, controlar a erosão e preservar a estrutura do solo, promovendo maior eficiência produtiva e menor degradação ambiental.

Classe de Solo	Características	Vantagens	Limitações
Latossolos	Solos profundos, bem drenados, textura argilosa.	Boa infiltração de água, maior suporte à mecanização.	Suscetíveis à compactação em condições úmidas.
Argissolos	Horizonte B textural, acúmulo de argila em profundidade.	Uso agrícola em áreas planas, fertilidade variável.	Maior risco de erosão em áreas declivosas e compactação superficial.
Neossolos	Solos rasos, pouco desenvolvidos, baixa retenção de água.	Podem ser aproveitados em culturas adaptadas.	Alta vulnerabilidade à degradação e erosão acelerada.

3.3 Problemas e impactos da mecanização agrícola

O avanço da mecanização agrícola trouxe ganhos significativos para a eficiência dos sistemas produtivos, mas também intensificou processos de degradação do solo quando o uso das máquinas não é adequadamente planejado. Entre os impactos mais comuns, destacam-se a compactação, a erosão, a redução da matéria orgânica, a alteração da porosidade e as mudanças na atividade biológica do solo. Nesse contexto, os pneus das máquinas agrícolas desempenham papel determinante na compactação, uma vez que o peso dos equipamentos é transmitido ao solo por meio da área de contato pneu-solo. Pneus com menor área de contato e maior pressão de inflação concentram a carga em pontos específicos, aumentando a densidade do solo, especialmente em camadas superficiais e subsuperficiais. Por outro lado, o uso de pneus de maior largura, pneus de baixa pressão, pneus radiais ou sistemas de rodados duplos contribui para a melhor distribuição da carga, reduzindo a pressão exercida sobre o solo. A intensidade da compactação também é influenciada pelo número de passadas das máquinas e pelas condições de umidade do solo, sendo mais severa quando o tráfego ocorre em solos úmidos. Assim, o manejo adequado dos pneus e do tráfego mecanizado constitui uma estratégia essencial para minimizar a degradação física do solo e preservar sua qualidade estrutural. A compactação é considerada o principal efeito negativo da mecanização intensiva. O tráfego repetido de máquinas pesadas aumenta a densidade aparente do solo e reduz sua porosidade total, especialmente em camadas subsuperficiais, onde a descompactação natural é limitada. Essa alteração estrutural prejudica a infiltração e a retenção de água, reduz a aeração e dificulta o crescimento radicular, comprometendo o desenvolvimento das culturas. Essas consequências são mais severas quando as operações são realizadas em condições inadequadas de umidade, já que o solo úmido apresenta menor resistência ao adensamento (Reichert et al., 2007; da Luz et al., 2022).

Outro impacto relevante é a erosão hídrica, intensificada quando o preparo convencional expõe o solo à ação direta da chuva. O revolvimento excessivo e a ausência de cobertura vegetal aumentam o desprendimento e o transporte de partículas finas, resultando na perda de nutrientes e matéria orgânica. Em áreas declivosas ou em solos naturalmente frágeis, como Argissolos e Neossolos, esse processo se torna ainda mais acentuado, podendo levar à degradação acelerada e à necessidade crescente de correção e fertilização (Redalyc, 2015; Carneiro et al., 2024).

Além dos impactos físicos, a mecanização afeta também as propriedades químicas e biológicas do solo. A redução da matéria orgânica, decorrente da erosão e da quebra de

agregados, diminui a capacidade de troca de nutrientes e afeta negativamente a microbiota do solo. A compactação reduz a atividade de micro-organismos aeróbicos e invertebrados, comprometendo processos essenciais como decomposição, mineralização e ciclagem de nutrientes. A longo prazo, essas alterações reduzem a fertilidade natural do solo e aumentam a dependência de insumos externos para manter a produtividade agrícola (Reichert et al., 2007; Carneiro et al., 2024).

Os impactos da mecanização tendem a ser mais intensos em solos rasos, arenosos ou estruturalmente instáveis, enquanto solos profundos e bem estruturados, como Latossolos, apresentam maior resiliência. Ainda assim, mesmo solos mais resistentes podem sofrer degradação quando submetidos a tráfego excessivo, preparo intensivo ou manejo inadequado das operações agrícolas.

Dessa forma, compreender os efeitos da mecanização é essencial para orientar o uso racional das máquinas e prevenir danos à estrutura do solo. Estratégias de manejo conservacionista, tráfego controlado e adoção de tecnologias de precisão desempenham papel fundamental na mitigação desses impactos, promovendo uma agricultura mais sustentável e eficiente.

3.4 Comparação entre classes de solo e suscetibilidade à degradação

A suscetibilidade dos solos à degradação provocada pela mecanização agrícola depende diretamente de suas características físicas, químicas e morfológicas. Elementos como textura, profundidade, teor de matéria orgânica e estabilidade estrutural determinam a resistência do solo ao tráfego de máquinas, influenciando os processos de compactação, erosão e perda de fertilidade (Reichert et al., 2007; da Luz et al., 2022).

Os Latossolos, amplamente distribuídos no território brasileiro, são solos profundos, bem drenados e de textura média a argilosa, com estrutura granular relativamente estável. Essas propriedades conferem maior capacidade de suporte ao tráfego mecanizado, reduzindo o risco imediato de degradação. Contudo, quando submetidos ao preparo intensivo ou ao tráfego excessivo, especialmente sob condições inadequadas de umidade, esses solos podem sofrer compactação em camadas subsuperficiais. Essa compactação reduz a infiltração de água,

dificulta o crescimento radicular e compromete o potencial produtivo das culturas (Becker et al., 2022).

Os Argissolos apresentam horizonte B textural com acúmulo de argila, característica que cria diferenças marcantes entre os horizontes e dificulta o fluxo de água e a penetração das raízes. Embora esses solos permitam uso agrícola eficiente em áreas planas, em terrenos declivosos se tornam altamente vulneráveis à erosão hídrica. A compactação superficial, frequentemente causada pelo tráfego de máquinas, aumenta o escoamento superficial e agrava a instabilidade estrutural, elevando significativamente o risco de perda de solo e nutrientes (Carneiro et al., 2024; Zhang, 2024).

Os Neossolos, por sua vez, são solos rasos, pouco desenvolvidos e com baixa capacidade de retenção de água. Sua estrutura instável e fraca diferenciação de horizontes os torna extremamente suscetíveis à degradação física mesmo sob níveis moderados de mecanização. O tráfego de máquinas provoca compactação superficial imediata nesses solos, dificultando a infiltração, aumentando a erosão e acelerando a perda de nutrientes e matéria orgânica. Por essa razão, a mecanização nesses ambientes deve ser restrita e cuidadosamente planejada (Silva et al., 2005; da Luz et al., 2022).

De forma geral, solos arenosos apresentam maior vulnerabilidade à erosão devido ao maior diâmetro das partículas e menor coesão, enquanto solos argilosos, apesar de mais resistentes ao desprendimento superficial, são mais propensos à compactação profunda sob tráfego intensivo. Solos com maior teor de matéria orgânica tendem a apresentar melhor agregação e maior resiliência frente aos impactos mecânicos, reforçando a importância de práticas de manejo que promovam a proteção e o enriquecimento da matéria orgânica.

Essa comparação evidencia que o impacto da mecanização não é homogêneo entre as diferentes classes de solo. Assim, a adoção de estratégias de manejo específicas para cada tipo de solo é fundamental para minimizar danos estruturais, reduzir processos erosivos e garantir a sustentabilidade da produção agrícola em longo prazo.

3.5 Práticas conservacionistas

O manejo conservacionista reúne um conjunto de estratégias destinadas a preservar e recuperar a qualidade física, química e biológica do solo, reduzindo os processos de erosão, compactação e perda de nutrientes. Diante da intensificação da mecanização agrícola, essas práticas assumem papel fundamental para garantir a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Castro, 2015).

Entre as práticas mais difundidas destaca-se o plantio direto, sistema no qual o solo não é revolvido e permanece coberto com palhada durante todo o ciclo agrícola. A manutenção dessa cobertura vegetal reduz o impacto das gotas de chuva, diminui a erosão, melhora a infiltração de água e aumenta o teor de matéria orgânica ao longo do tempo. Além disso, a presença contínua de raízes e resíduos vegetais favorece a agregação das partículas, promovendo maior estabilidade estrutural e resistência à compactação causada pelo tráfego de máquinas (Silva et al., 2021; Reichert et al., 2007).

Outra prática essencial é a rotação de culturas, que consiste em alternar espécies agrícolas com diferentes características radiculares e demandas nutricionais. Essa alternância contribui para a ciclagem de nutrientes, melhora a estrutura do solo e reduz a incidência de pragas e doenças. Quando a rotação inclui leguminosas ou plantas de cobertura, ocorre incremento da fixação biológica de nitrogênio e maior aporte de biomassa, promovendo melhoria significativa na fertilidade e na qualidade física do solo (Carneiro et al., 2024; Silva et al., 2021).

As coberturas vegetais, utilizadas isoladamente ou em consórcios, também desempenham papel importante na proteção do solo. Elas reduzem a erosão, favorecem a infiltração de água e fornecem matéria orgânica, além de servirem como alimento para a fauna edáfica, melhorando a agregação do solo. Plantas como braquiária, crotalária, aveia e milheto são frequentemente utilizadas devido à sua capacidade de formar biomassa abundante e contribuir para a estabilidade estrutural (Silva et al., 2020).

Entre as tecnologias relacionadas ao uso racional de máquinas destaca-se o tráfego controlado de máquinas (TCM). Esse sistema delimita faixas fixas para a circulação de tratores e implementos, concentrando a compactação em áreas específicas e preservando o restante da superfície cultivada. O TCM reduz significativamente os danos estruturais, otimiza a eficiência operacional e pode resultar em aumento da produtividade a médio e longo prazo (da Luz et al., 2022; Chamen et al., 2015).

Em áreas de relevo ondulado ou montanhoso, práticas como curvas de nível e terraceamento são fundamentais para reduzir a velocidade do escoamento superficial, evitando a remoção das partículas mais finas e a consequente perda de nutrientes. Essas técnicas promovem maior retenção de água e contribuem para a conservação da fertilidade ao longo dos ciclos produtivos (Bertoni & Lombardi Neto, 2017).

Os sistemas agroflorestais (SAF) representam outra alternativa eficaz no manejo conservacionista. Ao integrar árvores, culturas agrícolas e, em algumas situações, pecuária, esses sistemas aumentam a biodiversidade, melhoram a ciclagem de nutrientes e proporcionam maior cobertura permanente do solo. Além disso, são eficientes na recuperação de áreas degradadas, favorecendo a restauração das funções ecológicas e promovendo maior resiliência aos impactos da mecanização (Schroth et al., 2004).

Embora apresentem diversos benefícios, a adoção de práticas conservacionistas exige capacitação técnica, planejamento adequado e, em alguns casos, ajustes no maquinário. Para muitos produtores, especialmente os de menor porte, esses fatores podem representar barreiras iniciais. Contudo, políticas públicas, assistência técnica e programas de incentivo têm contribuído para ampliar o acesso e promover a disseminação dessas tecnologias sustentáveis no campo brasileiro (Castro, 2015).

Em conjunto, as práticas conservacionistas constituem estratégias fundamentais para reduzir a degradação do solo, otimizar o uso de máquinas e promover sistemas agrícolas mais eficientes, resilientes e ambientalmente equilibrados.

4.0 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica de caráter comparativo e descritivo, utilizando livros, artigos científicos, dissertações, teses e documentos institucionais relacionados à mecanização agrícola, às classes de solo e às práticas de manejo conservacionista. As buscas foram realizadas nas bases SciELO, ScienceDirect, Portal Embrapa e Google Scholar, priorizando publicações entre 2005 e 2024, a fim de garantir atualidade, consistência científica e alinhamento com a evolução recente das tecnologias agrícolas.

Foram adotados critérios de inclusão que contemplaram:

- estudos que abordassem propriedades físicas, químicas e estruturais de Latossolos, Argissolos e Neossolos;
- publicações que analisassem impactos da mecanização agrícola, especialmente compactação, erosão e alteração da estrutura do solo;
- pesquisas que apresentassem métodos ou práticas mitigadoras, como plantio direto, rotação de culturas, cobertura vegetal e sistemas de tráfego controlado;
- trabalhos revisados por pares ou documentos técnicos de instituições reconhecidas, como Embrapa e FAO.

Os critérios de exclusão envolveram:

- estudos com enfoque exclusivamente econômico ou sociológico da mecanização, sem relação direta com as propriedades dos solos;
- publicações que não apresentassem metodologia clara ou que não relatassem procedimentos de análise de solo;
- materiais com dados insuficientes ou desatualizados, especialmente aqueles publicados antes de 2005, salvo quando considerados clássicos e fundamentais para entendimento conceitual;
- artigos de divulgação sem embasamento científico, como textos opinativos ou sem referências.

A seleção final incluiu apenas fontes que apresentassem rigor metodológico e relevância direta ao tema. A análise das obras permitiu comparar o comportamento das distintas classes de solo frente à mecanização e identificar os fatores que influenciam sua suscetibilidade à degradação. Embora o estudo não envolva experimentação prática, a aplicação de critérios definidos e a escolha cuidadosa das fontes garantem uma base sólida para compreender os processos relacionados à mecanização agrícola e suas consequências. Assim, a metodologia adotada possibilita integrar diferentes perspectivas e construir uma visão consistente sobre o manejo sustentável dos solos frente ao uso de máquinas.

5.0 CONCLUSÃO

A mecanização agrícola desempenha papel central no desenvolvimento da agricultura brasileira, contribuindo para o aumento da produtividade, a expansão das fronteiras agrícolas

e a modernização dos sistemas de cultivo. No entanto, seus efeitos variam significativamente conforme as características físico-químicas dos solos. A análise comparativa realizada ao longo deste trabalho demonstrou que Latossolos, Argissolos e Neossolos apresentam comportamentos distintos diante do tráfego de máquinas, refletindo diferenças estruturais, texturais e morfológicas próprias de cada classe.

Os Latossolos, apesar de profundos e bem estruturados, podem sofrer compactação superficial quando submetidos ao tráfego intenso, especialmente sob alta umidade. Os Argissolos, por sua vez, apresentam maior vulnerabilidade à erosão, sobretudo em áreas declivosas, além de maior sensibilidade à compactação devido ao acúmulo de argila no horizonte B textural. Já os Neossolos, rasos e pouco desenvolvidos, mostraram-se os mais suscetíveis à degradação física, evidenciando limitações naturais que exigem manejo mais cauteloso. Tais distinções reforçam a necessidade de práticas de manejo específicas para cada classe de solo, considerando suas limitações e potencialidades.

Nesse contexto, as práticas conservacionistas surgem como estratégias fundamentais para reduzir os impactos da mecanização. O plantio direto, a rotação de culturas, as coberturas vegetais, o tráfego controlado de máquinas e estruturas físicas de contenção, como curvas de nível e terraços, têm demonstrado eficácia na melhoria da estrutura do solo, no aumento da infiltração de água e na redução da compactação e da erosão. A adoção dessas práticas, somada ao uso de tecnologias mais precisas e a uma capacitação adequada dos operadores, contribui para a construção de sistemas agrícolas mais eficientes e sustentáveis.

Conclui-se que a mecanização, embora indispensável para a agricultura moderna, deve ser utilizada de forma planejada e integrada a práticas de conservação, respeitando as características de cada solo. O equilíbrio entre eficiência operacional e preservação ambiental é essencial para garantir a produtividade a longo prazo e a manutenção da qualidade do solo, que constitui o principal recurso para a produção agrícola. Assim, este trabalho reforça a importância de um manejo consciente e tecnicamente embasado, capaz de promover sustentabilidade, produtividade e conservação dos recursos naturais.

REFERENCIAS

AGPTEA. Agricultura brasileira: panorama e tendências. 2019. Disponível em: AGPTEA. Acesso em: 29 set. 2025.

AGPTEA. Evolução da inovação tecnológica na indústria de máquinas agrícolas. 2025. Disponível em: AGPTEA. Acesso em: 29 set. 2025.

ALVES, E.; CONTINI, E. A evolução da agricultura brasileira. 2018. Disponível em: Embrapa. Acesso em: 29 set. 2025.

BECKER, F. et al. Mechanical intervention in compacted no-till soil in Southern Brazil: soil physical quality and maize yield. *Agronomy*, v. 12, n. 10, 2022. Disponível em: MDPI. Acesso em: 29 set. 2025.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2017. Disponível em: Biblioteca Ícone. Acesso em: 29 set. 2025.

CARNEIRO, L. et al. Effect of cover crops and tillage systems on soil quality and sugarcane yield. *Sustainable Agriculture*, 2024. Disponível em: Wiley Online Library. Acesso em: 29 set. 2025.

CASTRO, N. R. Impactos da mecanização na agricultura. 2015. Disponível em: SciELO. Acesso em: 29 set. 2025.

CHAMEN, T. et al. Controlled traffic farming: a basis for sustainable crop production. *Soil & Tillage Research*, 2015. Disponível em: ScienceDirect. Acesso em: 29 set. 2025.

DA LUZ, A. et al. Soil tillage and machinery traffic influence soil water availability and air-flux indicators in two soils with contrasting textures. *Soil & Tillage Research*, 2022. Disponível em: ScienceDirect. Acesso em: 29 set. 2025.

EMBRAPA. Qualidade física do solo: conceitos e aplicações. Brasília: Embrapa Solos, 2005. Disponível em: Embrapa Solos. Acesso em: 29 set. 2025.

EMBRAPA. Agricultura sustentável e inovação tecnológica no campo. 2023. Disponível em: Embrapa. Acesso em: 29 set. 2025.

FIORESI, T. et al. Análise da compactação do solo em áreas terraceadas e não terraceadas. *RDU Unicesumar*, 2022. Disponível em: RDU Unicesumar. Acesso em: 29 set. 2025.

GAZZONI, D. L. Sustentabilidade energética na agricultura brasileira. 2022. Disponível em: Portal Embrapa. Acesso em: 29 set. 2025.

GOMES, M. A. A mecanização agrícola e a expansão da fronteira agrícola brasileira. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Disponível em: Biblioteca USP. Acesso em: 29 set. 2025.

LAL, R. Soil conservation and sustainable agriculture in the tropics. 2015. Disponível em: ResearchGate. Acesso em: 29 set. 2025.

LEITE, L. F. C. et al. Manejo inadequado de máquinas agrícolas e seus efeitos no solo. 2016. Disponível em: Google Scholar. Acesso em: 29 set. 2025.

MACHADO, T. M. et al. Níveis de compactação e sistemas de preparo sobre atributos físicos do solo e componentes de produção da soja. Revista Agrarian, 2023. Disponível em: Revista Agrarian. Acesso em: 29 set. 2025.

MAPA. Produção agrícola brasileira: relatório anual. 2020. Disponível em: Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. Acesso em: 29 set. 2025.

MAPA. Programa de incentivo à mecanização sustentável. 2021. Disponível em: MAPA. Acesso em: 29 set. 2025.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos e mitigação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 2, 2007. Disponível em: SBCS. Acesso em: 29 set. 2025.

SANTOS, H. G. et al. Expansão agrícola em ambientes tropicais: desafios e perspectivas. 2018. Disponível em: Embrapa. Acesso em: 29 set. 2025.

SCHROTH, G. et al. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Washington: Island Press, 2004. Disponível em: Island Press. Acesso em: 29 set. 2025.

SEVERIANO, E. C. et al. Compactação e preparo do solo na produtividade agrícola. 2013. Disponível em: SciELO. Acesso em: 29 set. 2025.

SILVA, C. A. et al. Qualidade do solo em diferentes classes texturais e manejo agrícola. Brasília: Embrapa, 2005. Disponível em: Embrapa. Acesso em: 29 set. 2025.

SILVA, M. A. et al. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria do solo. 2020. Disponível em: ResearchGate. Acesso em: 29 set. 2025.

SILVA, R. M. et al. Plantio direto e sustentabilidade do solo agrícola. 2021. Disponível em: Scientific Electronic Archives. Acesso em: 29 set. 2025.

SOUZA, D. S.; RODRIGUES, T. L. Desafios da mecanização para pequenos produtores rurais. 2019. Disponível em: Google Scholar. Acesso em: 29 set. 2025.

TAVARES FILHO, J. et al. Compactação do solo e manejo inadequado na agricultura. 2012. Disponível em: SciELO. Acesso em: 29 set. 2025.

ZHANG, H. Soil compaction due to agricultural machinery: a systematic review. 2024. Disponível em: Wiley Online Library. Acesso em: 29 set. 2025.

SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; FALLOW, D. Propriedades físicas de solos tropicais e o impacto da mecanização. *Soil & Tillage Research*, v. 82, n. 1, p. 1–15, 2005. Acesso em: 10 dez. 2025.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)*. 6. ed. Brasília: Embrapa, 2022. Acesso em: 10 dez. 2025.

BECKER, D.; SILVA, V. R.; ROSA, J. D. Compactação do solo e seus efeitos na produtividade agrícola em sistemas mecanizados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 46, e0210151, 2022. Acesso em: 10 dez. 2025.