INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA
***CAMPUS* JI-PARANÁ**
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

VALÉRIA CRISPIM DA SILVA

ANÁLISE DA COMPACTAÇÃO E UMIDADE DOS SOLOS EM DIFERENTES USOS E COBERTURAS

JI-PARANÁ - RO
2025

VALÉRIA CRISPIM DA SILVA

ANÁLISE DA COMPACTAÇÃO E UMIDADE DOS SOLOS EM DIFERENTES USOS E COBERTURAS

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Florestal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, *campus* Ji-Paraná, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal

Orientador(a): REGINA GERALDA DE FIGUEIREDO.

JI-PARANÁ - RO
2025

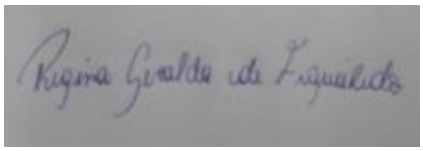
VALÉRIA CRISPIM DA SILVA

ANÁLISE DA COMPACTAÇÃO E UMIDADE DOS SOLOS EM DIFERENTES USOS E COBERTURAS

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Engenharia Florestal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, *campus* Ji- Paraná, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal

Aprovado pela Banca Examinadora em 21 de outubro de 2025.

BANCA EXAMINADORA



Regina Geralda de Figueiredo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia

Documento assinado digitalmente
GIOVANNI CORREIA VIEIRA
Data: 06/11/2025 14:42:30-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Giovanni Correia Vieira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia

Documento assinado digitalmente
DEILTON WELLINGTON RIBEIRO NOGUEIRA
Data: 06/11/2025 15:32:54-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Deilton Wellington Ribeiro Nogueira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia

Ji-Paraná - RO, 04 de novembro de 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Silva, Valéria Crispim da.
Análise da compactação e umidade dos solos em diferentes usos e coberturas. / Valéria Crispim da Silva. - Ji-Paraná, 2025.
23 f. : il.

Orientador(a): Profª Ma. Regina Geralda de Figueiredo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Ji-Paraná, 2025.

1. compactação do solo. 2. umidade. 3. manejo do solo. 4. pastagem. 5. floresta. I. Figueiredo, Regina Geralda de (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Cleuza Diogo Antunes, CRB-11/864

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diferença de umidade entre pontos dos usos floresta, pastagem e nas profundidades de 0 a 15 cm..... 17

Tabela 2 - Diferença de umidade entre pontos dos usos floresta, pastagem e nas profundidades de 15-30 cm. 18

Tabela 3 - Diferença de umidade entre os tratamentos de floresta, pastagem e nas profundidades de 0 a 15 cm. 19

Tabela 4 - Diferença de umidade entre os tratamentos de floresta, pastagem e nas profundidades de 15-30 cm..... 19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Delimitação da área de floresta e pastagem 14

Figura 2 A – Coleta da área de pastagem. 15

Figura 2 B - Coleta da área de floresta. 15

Figura 3 C - Separação das amostras por ponto. 15

Figura 3 D - Balança analítica de precisão. 15

Figura 4 E – Amostras separadas e pesadas 16

Figura 4 F – Amostras dentro da estufa de secagem..... 16

Figuta 5 – Gráfico de Penetração Floresta P1(A), P2(B), P3(C), de 0-15 cm P4 (D),P5 (E), P6 (F) de 15-30 cm 20

Figura 6 - Gráfico de Penetração PASTAGEM P1(A), P2(B), P3(C), de 0-15 cm P4 (D),P5 (E), P6 (F) de 15-30 cm. 21

Sumário

1. INTRODUÇÃO 10

2. OBJETIVOS 11

2.1. Objetivo Geral 111

2.2. Objetivos específicos 11

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 12

3.1. Solos 12

3.2. Degradação dos solos 13

4. METODOLOGIA 13

4.1. Área de estudo 13

4.2. Coleta 14

5. RESULTADO E DISCUSSÃO 17

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 21

REFERÊNCIAS 23

ANÁLISE DA COMPACTAÇÃO E UMIDADE DOS SOLOS EM DIFERENTES USOS E COBERTURAS

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as características físicas do solo, com ênfase na compactação e na umidade, em diferentes usos e coberturas no município de Ji-Paraná, Rondônia. Foram analisadas duas áreas com distintos manejos: uma destinada ao plantio de seringueira (floresta) e outra utilizada como pastagem. As amostragens foram realizadas em seis pontos por área, nas profundidades de 0–15 cm e 15–30 cm, totalizando 72 amostras. Para a determinação da compactação utilizou-se o penetrômetro de impacto, enquanto a umidade foi obtida por meio do método gravimétrico, conforme metodologia da Embrapa (1997). Os dados foram submetidos à análise estatística (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os resultados indicaram que o solo sob cobertura florestal apresentou maior retenção de umidade e menor compactação, evidenciando melhor estrutura física e capacidade de infiltração e armazenamento de água. Já na área de pastagem, observou-se menor umidade, principalmente nas camadas superficiais, e tendência à compactação, ainda que a área tivesse sido recentemente gradeada. A diferença entre os manejos foi mais expressiva na camada de 0–15 cm, demonstrando que o tipo de uso exerce influência direta sobre as condições físicas do solo. Conclui-se que o uso e o manejo inadequado do solo em áreas de pastagem podem comprometer sua estrutura e qualidade física, favorecendo processos de degradação e reduzindo a capacidade produtiva. Por outro lado, as áreas florestadas mantêm melhores condições de umidade e menor compactação, reforçando a importância de práticas de manejo sustentável e da conservação da cobertura vegetal para a manutenção da qualidade do solo e do equilíbrio ambiental.

Palavras-chave: compactação do solo; umidade; manejo do solo; pastagem; floresta; sustentabilidade.

Área temática: Meio Ambiente

ANALYSIS OF SOIL COMPACTION AND MOISTURE IN DIFFERENT LAND USES AND LAND COVERS

ABSTRACT

This study aims to evaluate the physical characteristics of soil, focusing on compaction and moisture, under different land uses and covers in the municipality of Ji-Paraná, Rondônia, Brazil. Two areas with distinct management practices were analyzed: one with rubber tree (Hevea brasiliensis) plantation representing a forest cover, and another used as pasture. Sampling was carried out at six points in each area, at depths of 0–15 cm and 15–30 cm, totaling 72 samples. Soil compaction was determined using an impact penetrometer, while soil moisture was measured through the gravimetric method, following Embrapa's (1997) methodology. Data were subjected to statistical analysis (ANOVA), and means were compared using the Tukey test at a 5% significance level. The results indicated that soils under forest cover presented higher moisture retention and lower compaction, revealing better physical structure and greater capacity for water infiltration and storage. In contrast, the pasture area exhibited lower moisture content, particularly in the surface layers, and a greater tendency toward compaction, even though it had been recently harrowed. The difference between land uses was more evident in the 0–15 cm layer, demonstrating that land use type directly influences the physical condition of the soil. It is concluded that inadequate soil management in pasture areas may compromise soil structure and physical quality, favoring degradation processes and reducing productive capacity. Conversely, forested areas maintain higher moisture and lower compaction, emphasizing the importance of sustainable management practices and vegetation cover conservation for maintaining soil quality and environmental balance.

Keywords: soil compaction; soil moisture; land management; pasture; forest; sustainability.

Thematic Area: Environmental Studies

1. INTRODUÇÃO

Os projetos de incentivo à colonização do estado de Rondônia trouxeram consigo conflitos no uso dos solos no estado, pois o incentivo ao desmatamento de extensas áreas para as atividades agropecuárias ocasionou em problemas de degradação desses solos. Sendo que as áreas de pastagem na Amazônia que sua grande maioria são formadas e manejadas inadequadamente, perdendo produtividade ao passar dos anos, necessitando assim para a sustentação da atividade no estado o desmatamento de novas áreas (Serrão et al., 1982).

A criação de gado está ligada ao desmatamento na Amazônia, sendo ela uma das principais causas imediatas, a expansão da agricultura em larga escala também intensifica o efeito da pecuária sobre a destruição florestal pois muitas vezes são desmatados de forma predatória sem os mínimos cuidados se haverá recuperação na área degradada ou não. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), cerca de 80% do desmatamento da Amazônia está relacionado à agropecuária, sendo que a maior parte dessa conversão ocorre para pastagens. (Inpe, 2021)

Devido a características dos solos de serem sistemas naturais complexos que necessitam da interação de vários fatores, incluindo clima, organismos vivos, material original, relevo e tempo. E são constituídos por uma mistura de minerais, matéria orgânica, água, ar e organismos, que se estruturam em camadas horizontais denominadas horizontais. Sendo parte essencial dos ecossistemas, atuando como base para o crescimento das plantas, armazenando e filtrando a água e fornecendo habitat para os organismos vivos.

Como dito a importância que desenvolve o solo, o estudo do mesmo para o manejo correto é imprescindível e um dos fatores analisados para o conhecimento de sua estrutura e posterior recomendação de manejo é a compactação, que consiste na redução do índice de vazios do solo por meio da aplicação de uma energia dinâmica. Juntamente com a compactação temos a medição da umidade do solo que é uma parte essencial da gestão agrícola, pois influencia diretamente a saúde das plantas e a estabilidade das estruturas Smith, (2016).

Os solos com alta compactação gastam muita energia da planta no desenvolvimento de suas raízes o que intervém no crescimento da parte aérea e na produtividade da cultura. A resistência à penetração é um método prático e de análise rápida pois consiste na medição da força utilizada para penetração das camadas que formam o solo, utilizando esse princípio como estimativa para avaliação da estruturação de solo, dificuldade da emergência de plântulas e

desenvolvimento de raízes (Alvarez, 2023).

A pesquisa apresenta um estudo a respeito da variação das características de permeabilidade dos solos compactados em áreas de pastagem e plantio florestal de seringueira para comparação da influência do uso sobre as características atuais do solo, levando em consideração que ambos os usos sem encontram em áreas de latossolos no Município de Ji-Paraná, Rondônia, tendo a avaliação no mês de setembro que compreende o período de estiagem no estado.

O estudo detalhado de solos no município de Ji-Paraná em diferentes coberturas e usos permite a divulgação de conhecimentos que possam embasar políticas públicas na área ambiental mais consciente e que promovam o desenvolvimento local e sustentável de uma região mitigando os impactos já sofridos e aumentando a produção dos produtores rurais, através do conhecimento das características do solo da sua região e as técnicas adequadas de manejo.

Nesse contexto esta pesquisa se justifica como uma contribuição científica para um levantamento detalhado das atuais condições das áreas, tendo em vista que o estado de Rondônia, devido ao seu potencial agrícola e pecuário (Rondônia, 2007). Tal contributo poderá balizar ações e atividades governamentais destinadas a atender à população que de muitas formas dependem diretamente da manutenção de todo o ecossistema, mantendo a qualidade de vida satisfatória.

Segundo Dietrich, 2021 o desflorestamento acaba com os recursos naturais, afetando e refletindo nos ecossistemas. Entender que a falta de vegetação atrai as mudanças climáticas, diminui espécies de plantas e animais e a disponibilidade de água por diminuir a evapotranspiração e com solo exposto pode haver erosões deixando o solo infértil.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- Avaliação das características físicas do solo, compactação e umidade do solo.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar as condições físicas do solo em Ji-Paraná em diferentes tipos de manejo: pastagem e plantio de seringueira;
- Avaliar do impacto através das análises de compactação e umidade dos diferentes usos identificar os riscos de erosões em cada manejo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Solos

Para uma potencial análise sobre o grau de preservação ou comprometimento ambiental de áreas de preservação permanente (APP) é necessário um entendimento mínimo sobre todos os elementos que a formam e que são afetados a partir das ocupações humanas que se instalam nestes ambientes. É, pois, salutar a compreensão sobre um desses principais elementos: o solo.

Sendo assim, as práticas de manejo e conservação do solo e da água devem ser planejadas e executadas mantendo ou mesmo melhorando seus atributos, de modo a aumentar a capacidade do solo em sustentar uma produtividade biológica competitiva, sem comprometer a qualidade da água (Araújo; Tormena; Silva, 2004). A quantificação e a compreensão do impacto nas práticas de manejo sobre a qualidade física do solo são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (Dexter; Youngs, 1992).

De acordo com Azevedo 2021, o manejo, o uso e a proteção do solo devem fundamentar-se, primeiramente, no seu potencial produtivo. Sabendo que para um bom manejo do solo é indispensável considerar suas propriedades físicas, químicas e biológicas, uma vez que um bom manejo é aquele que proporciona boa produtividade e possibilita a sustentação de sua fertilidade, garantindo assim a produção agrícola do futuro.

Os solos secos apresentam maior resistência às variações na distribuição do tamanho dos poros, enquanto essa resistência diminui com o aumento do conteúdo de água, a compactação desempenha um papel crucial na diminuição e redistribuição dos espaços porosos.

Segundo Santos a definição de Solo vai depender essencialmente do enfoque dado, ou seja, do olhar que se tem da sua utilização, do estudo a ser realizado. Na pedologia, é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, contendo matéria viva e ocupando a maior porção do manto superficial das extensões continentais do planeta. Contém matéria viva e pode ser vegetado na natureza onde ocorre e, eventualmente, ter sido modificado por interferências antrópicas. É produto do intemperismo sobre um material de origem, cuja transformação se desenvolve em um determinado relevo, clima, bioma e ao longo de um tempo. Demais definições, com outros sentidos, podem ser observadas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018).

Já a densidade do solo é uma relação direta entre a massa do solo seco e seu volume total, sendo assim, afetada por modificações no arranjo, estrutura e volume de poros (Klein,2018). O solo

desempenha um papel crucial no apoio à vida vegetal, funcionando como reservatório de água e servindo como filtro natural para poluentes.

Além disso, é essencial para a existência humana, fornecendo as bases para a produção de alimentos, a construção de casas e estradas e facilitando diversas atividades que atendem às necessidades humanas (Embrapa, 2023).

3.2. Degradação dos solos

Os ecossistemas ao longo dos anos sofreram com as ações antrópicas, tendo como destaque a agropecuária, os solos têm uma função primordial para a manutenção da vegetação e produção de alimentos já é conhecido, sendo assim de fundamental importância o manejo adequado para a manutenção da produtividade e da qualidade ambiental. Para Santos (2023) a degradação ambiental dos solos é resultante da intensa atividade antrópica.

Os problemas na degradação dos solos ocasionam problemas como erosão do solo que é um dos processos de degradação ambiental mais ativo, se destacando nas regiões de clima tropical variando do grau laminar que seria a mais branda, contudo causando danos diretos à cobertura vegetal e paleoclima, podendo evoluir até a danos mais complexos que são as voçorocas que provocam danos econômicos além de serem de difícil controle (Valente, 2005).

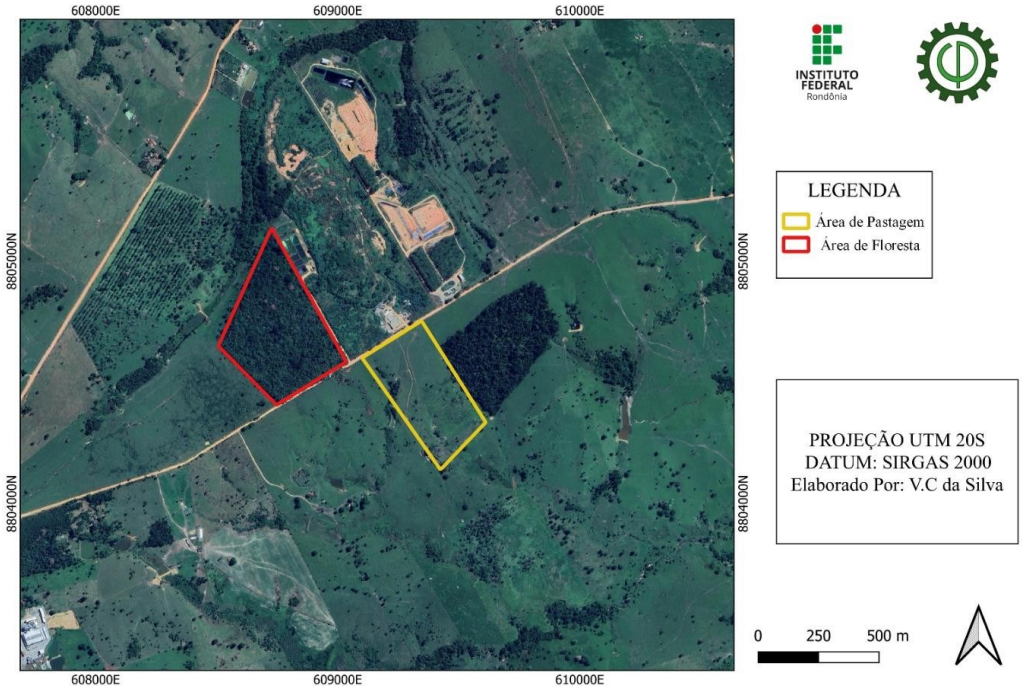
4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Ji-Paraná, Rondônia na propriedade rural situada no Lote 61, Secção B, Gleba Pyrineos saída para Porto Velho onde foram realizadas amostragem dois diferentes tipos de uso do solo sendo: plantio de seringal e pastagem.

O estado de Ji-Paraná, Rondônia, possui clima equatorial úmido, com temperatura média anual em torno de 25,5°C e alta umidade relativa, sendo que o mês mais chuvoso chega a 89%. As chuvas mais intensas ocorrem entre novembro e março, com precipitação média de 280 mm em janeiro, enquanto os meses mais secos são junho e julho. Nas duas áreas de estudo, o tipo de solo foi classificado como latossolo, solos predominantes na área de Ji-Paraná são Latossolos vermelho-amarelos, típicos da Amazônia, que apresentam boa profundidade, mas requerem manejo cuidadoso devido à sua suscetibilidade à erosão e à acidez. A partir da descrição acima fizemos a comparação entre os tipos de uso e influências externas para além do uso.

Figura 1: Localização das áreas de estudo



Fonte: Arquivo da autora.

4.2. Coleta

As amostras foram coletadas no mês de setembro, para a coleta das amostras de compactação foi utilizado uma enxada, pá, fita métrica, saco plástico para colocar as amostras, canetão para a identificação e um penetrômetro de impacto que quantifica a compactação do solo.

Para a utilização do penetrômetro apoiamos a ponteira da haste no solo mantendo o penetrômetro na posição vertical colocamos a ponteira contra o solo pressionando de forma constante, mantendo o equipamento sempre na posição vertical, sem apoiar o aparelho nas paredes do buraco formado pela ponteira no solo.

À medida que a escala graduada foi aprofundando-se, fizemos a contagem das batidas, anotando a profundidade marcada na haste. Durante a entrada da haste, observamos as variações na profundidade da haste, um solo, pois mesmo não estando endurecido oferece alguma resistência, no entanto camadas endurecidas induziram um maior número de batidas. Repetimos esta operação nos 6 pontos amostrais com a distância de 10 metros entre os pontos até a profundidade de 30 cm.

Para a determinação da umidade do solo em campo, utilizamos o método gravimétrico, que envolve a pesagem das amostras antes e depois da secagem em uma estufa com temperatura controlada. A umidade gravimétrica é calculada com base na diferença de peso das amostras úmidas

e secas.

As amostras de umidade do solo foram coletadas em 6 pontos amostrais em cada uso, nas profundidades de 0-15 e de 15-30 cm de profundidade, sendo 3 repetições por ponto totalizando 18 amostras por profundidade e 36 amostras por uso, com uma distância de 10 metros entre os pontos amostrais, as amostras foram coletadas de forma deformada. Após a coleta das amostras de análise de textura, densidade e umidade do solo, foram encaminhadas para análise no laboratório de solos do Instituto Federal de Rondônia (IFRO), *campus* Ji-Paraná.

Figura 2: Coleta dos solos de área de pastagem (A) e área de floresta (B)

Fonte: Arquivo da autora.

Figura 3: Amostras separadas (C) e balança analítica de precisãoutilizada (D)

Fonte: Arquivo da autora.

Figura 4: Amostras pesadas (E) e amostras dentro da estufa de secagem (F)

Fonte: Arquivo da autora.

4.3. Análise

Após a coleta das amostras deformadas de umidade as mesmas foram direcionadas para o laboratório de solos para a determinação da umidade segundo a metodologia da EMBRAPA que seguem os seguintes passos:

- Coleta de Amostras: Retirou-se uma amostra do solo, com anéis volumétricos trinchas, evitando-se perdas de umidade.
- Pesagem Inicial: A amostra úmida é pesada para obter a massa úmida (Mu).
- Secagem: A amostra é colocada em uma estufa a 105°C por um período de 24 horas até atingir massa constante.Pesagem Final: Após a secagem, a amostra é pesada novamente para determinar a massa seca (Ms).

Cálculo da Umidade: A umidade gravimétrica do solo é calculada pela fórmula:

$$U = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100$$

Onde U é a umidade em percentual,

Mu a massa úmida

Ms a massa seca.

E os dados da análise de compactação realizadas em campo foram analisadas, tabuladas e interpretadas.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

Foram coletadas 6 amostras em cada sistema de manejo, amostras simples na profundidade de 0,00 - 0,15 m e 0,15 – 0,30 m totalizando assim 72 amostras para caracterização física da umidade do solo das áreas. Após a secagem das amostras elas foram submetidas a análises estatística e os dados também foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade por meio do Excel. Apesar da pouca variação da cobertura do solo, a grande mudança se deu nas condições vegetativas das plantas

Na tabela 1 mostra que pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade na profundidade de 0-15 cm, utilizamos os cálculos de Umidade Massa de solo úmido - Massa de solo seco / Massa de solo seco x 100. Para a densidade do solo, dividiu-se a massa seca do solo pelo volume total da amostra de densidade do solo = Massa seca do solo / Volume total. Observa-se que não houve diferenças significativas entre os pontos para a densidade e umidade do solo nos dois sistemas de manejo em estudo como também, para a resistência a penetração do solo com a DS de 0,0201.

Tabela 1: Dados de 0-15 cm

Uso de cobertura	P1	P2	P3	P4	P5	P6	DMS	CV(%)
Floresta	0,1361 **a**	0,2275 **a**	0,1371 **a**	0,2348 **a**	0,2501 **a**	0,3298 **a**	0,0201	7,16
Pastagem	0,1973 **a**	0,0912 **a**	0,0751 **a**	0,0536 **a**	0,1901 **a**	0,0146 **a**		2,86

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Nota: Médias seguidas de mesma letra não possuem diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os resultados mostram maior retenção de umidade e menor compactação em áreas de floresta, corroboram os achados de Pereira (2017), Mascarenhas et al. (2017) e Cavalcante et al. (2007), que observaram os menores valores de densidade do solo em florestas nativas no estado de

Rondônia. Esses autores reforçam a ideia de que a cobertura florestal promove condições mais estáveis, tanto pela manutenção da estrutura do solo quanto pela capacidade de infiltração e armazenamento de água.

Na tabela 2 mostra que pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade na profundidade de 15-30 cm observa-se que não houve diferenças significativas para a densidade e umidade do solo nos dois sistemas de manejo em estudo como também, para a resistência a penetração do solo com a DS de 0,5348. A pastagem, mesmo sendo um solo que costuma compactar mais, estava recém-gradeada, o que reduziu a compactação. Os dois sistemas apresentam uniformidade no subsolo (nessa profundidade).

Tabela 2: Dados de 15 - 30 cm

Uso de cobertura	P1	P2	P3	P4	P5	P6	DMS	CV(%)
Floresta	0,1881 **a**	0,1561 **a**	0,1362 **a**	0,2557 **a**	0,1361	0,0165 **a**	0,0892	3,35
Pastagem	0,1824 **a**	0,0764 **a**	0,0894 **a**	0,0329 **a**	0,0147 **a**	0,0170 **a**		9,25

Fonte: Elaborada pela autora (2025).
Nota: Médias seguidas de mesma letra não possuem diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A fragilidade da pastagem, evidenciada pela menor umidade e maior tendência à compactação, também foi descrita por Serrão et al. (1982) e confirmada em estudos mais recentes. Mascarenhas et al. (2017) destacaram que áreas de pastagens na Amazônia apresentam aumento da densidade e perda de carbono orgânico, prejudicando os atributos físicos do solo. De forma semelhante, o estudo de Lima et al. (2022) demonstrou que a conversão de floresta em pastagem resulta em deterioração das propriedades do solo, reduzindo sua qualidade física e química.

Na tabela 3 mostram que pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade na profundidade de 0-15 cm temos a diferença entre os tratamentos com a profundidade de 0-15 cm, sendo o ponto um o único a não ter diferença mínima significativa. A floresta apresentou valores mais altos de umidade em quase todos os pontos. Isso mostra que o solo da floresta retém mais água na camada superficial. Isso indicaria melhor capacidade de infiltração e retenção de água.

Tabela 3: Dados de 0-15 cm

Uso de cobertura	P1	P2	P3	P4	P5	P6	DMS	CV(%)
Floresta	0,1361 **a**	0,2275 **b**	0,1371 **b**	0,2347 **b**	0,2501 **b**	0,3298 **b**	0,0110	3,35
Pastagem	0,1973 **b**	0,0912 **b**	0,0751 **b**	0,0536 **b**	0,1901 **b**	0,0185 **b**		7,03

Fonte: Elaborada pela autora (2025).
Nota: Médias seguidas de mesma letra não possuem diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A relação entre maior umidade do solo e menor compactação nas áreas de floresta também foi apontada por Venturini et al. (2022), que verificaram como a umidade intensifica os impactos da compactação em solos convertidos para pastagem. Esse comportamento confirma a observação deste trabalho de que, mesmo após o revolvimento mecânico do solo da pastagem, a floresta manteve melhores condições físicas e maior estabilidade hídrica em profundidade.

Na Tabela 4 mostram que pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade na profundidade de 15-30 observa-se a existência de diferenças estatísticas entre os tipos de usos dos solos nas profundidades de 15 a 30 cm dos valores da floresta em relação à pastagem. Apesar da variação da cobertura do solo, a grande mudança de disponibilidade de água exibida é o que proporciona condições favoráveis para a vegetação. A diferença está nos P4, P5 e P6 da floresta, pois tem melhores valores de umidade e a pastagem tem valores bem menores, mostrando perda de água no subsolo. Isso reforça que a floresta tem um solo mais estruturado e menos suscetível à perda de umidade em profundidade.

Tabela 4: Dados de 15-30 cm

Uso de cobertura	P1	P2	P3	P4	P5	P6	DMS	CV(%)
Floresta	0,1881 **a**	0,1561 **a**	0,1362 **a**	0,2557 **b**	0,1361 **b**	0,1652 **b**	0,0891	2,60
Pastagem	0,1824 **a**	0,0764 **a**	0,0894 **a**	0,0329 **b**	0,0146 **b**	0,0170 **b**		9,25

Fonte: Elaborada pela autora (2025).
Nota: Médias seguidas de mesma letra não possuem diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

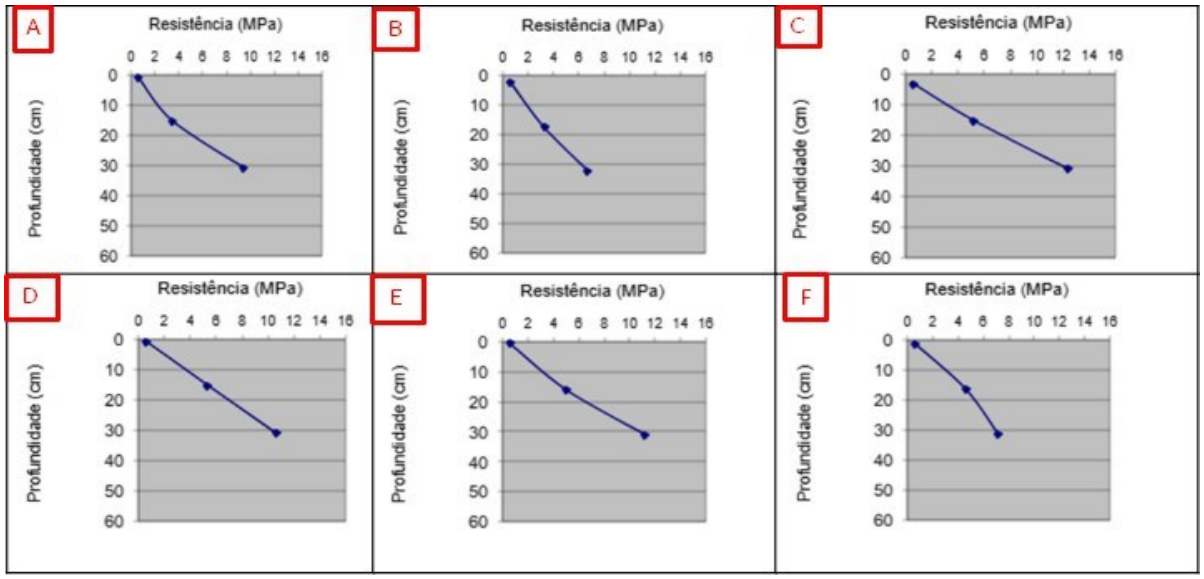
A utilização do penetrômetro de impacto para avaliar a resistência à penetração mostrou-se eficiente neste estudo, como já relatado por Alvarez (2023) e reforçado por Brito (2024), que analisou a compactação em Porto Velho utilizando o mesmo método. A comparação evidencia que

a resistência à penetração é um indicador confiável para inferir a qualidade física do solo, permitindo distinguir entre áreas com diferentes manejos. A análise comparou uma floresta de seringal estabelecida e uma área de pastagem, que apresentaram menor compactação e maior retenção de umidade, com áreas de pastagem, que apresentaram maior compactação, especialmente nas camadas superficiais do solo.

Os gráficos revelam a resistência à descoberta do solo, que é um indicador de compactação do solo. Quando o solo está mais compactado, a resistência à penetração é maior, dificultando o crescimento das raízes das plantas e afetando a saúde da vegetação. A resistência foi medida usando um penetrômetro de impacto, um método rápido e prático que mede a força necessária para que a pressa do equipamento penetre nas camadas do solo. A profundidade e o número de "batidas" até a descoberta revelam os níveis de compactação. Os gráficos desenhados a diferentes pontos amostrais (P1 a P6) e evidenciam que a floresta mantém condições físicas de solo mais desenvolvidas e projetadas, favorecendo a infiltração e o armazenamento hídrico, enquanto a pastagem, após revolvimento mecânico, demonstra maior sensibilidade à compactação e à perda de umidade, mais com diferença mínima podendo-se dizer que os resultados foram iguais devido a sua diferença ter sido menor de que 10% mostrado no coeficiente de variação.

Correlação entre a densidade e a resistência à penetração nas profundidades de 0 a 15 e de 15 a 30 cm de Floresta:

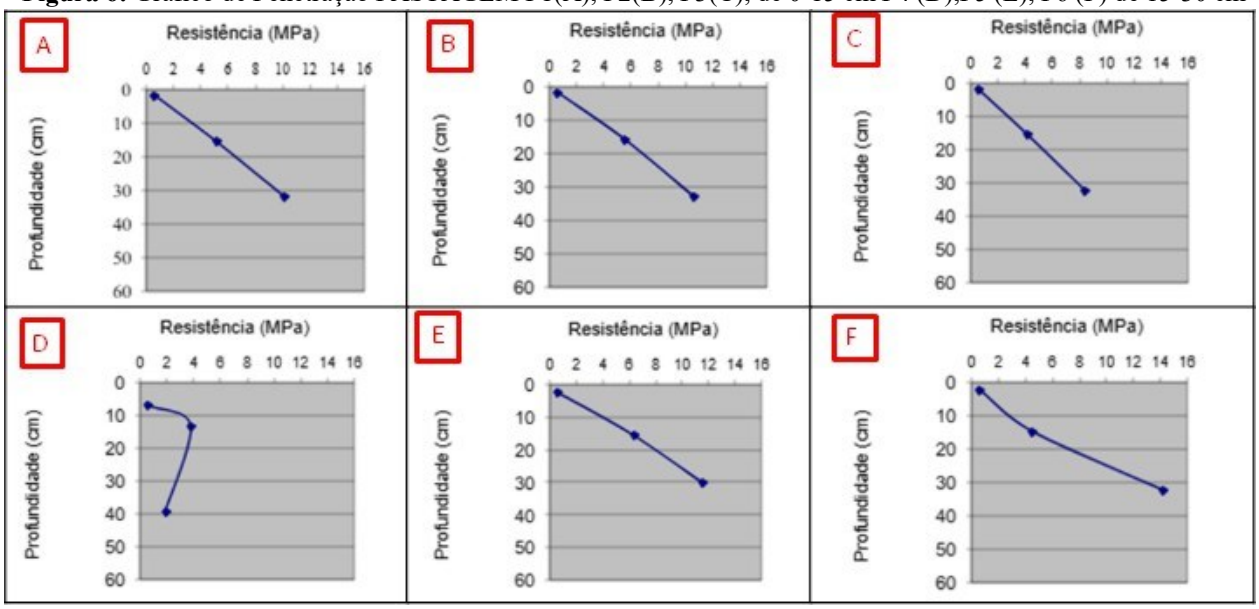
Figura 5: Gráfico de Penetração Floresta P1(A), P2(B), P3(C), de 0-15 cm e P4 (D),P5 (E), P6 (F), de 15-30 cm



Fonte: Arquivo da autora.

Correlação entre a densidade e a resistência à penetração nas profundidades de 0 a 15 e de 15 a 30 cm de Pastagem.

Figura 6: Gráfico de Penetração PASTAGEM P1(A), P2(B), P3(C), de 0-15 cm P4 (D),P5 (E), P6 (F) de 15-30 cm



Fonte: Arquivo da autora.

Pesquisas de Goedert et al. (2021) avaliaram áreas de planejamento direto e indicaram que a compactação pode ser controlada com manejo adequado, mantendo uma estrutura física do solo e evitando a formação de camadas compactas específicas. Segundo um artigo recente da Embrapa (2021), o planejamento direto aliado ao uso de plantas de cobertura reduz significativamente os efeitos da compactação, promovendo maior porosidade e melhor condição hídrica do solo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo destacam a umidade do solo como um indicador de saúde ambiental e das condições que se encontram nos diferentes tipos de uso. A análise da umidade em diferentes profundidades permitiu compreender as dinâmicas hidrológicas específicas de cada ocupação, evidenciando como as diferentes coberturas influenciam a distribuição e retenção hídrica no solo. A investigação mostrou que a floresta apresenta maior disponibilidade e retenção de água, o que garante maior estabilidade e favorece a infiltração e o armazenamento hídrico devido à menor compactação do solo. Já a pastagem, apesar de ter sido gradeada, apresentou apenas uma diferença

mínima em relação à floresta, mostrando menor umidade principalmente nas camadas superficiais e durante os períodos secos. Assim, observa-se que o tipo de uso do solo influencia diretamente as condições físicas, como a umidade e a compactação.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, Bruna Mendes. **O uso da resistência à penetração como indicador de qualidade física de solo**, 2023. Disponível em: https://dspace.ifrs.edu.br/xmlui/handle/123456789/1300. Acesso em: 20 ago. 2024.

ASSIS, E. B. et al. **Resistência à penetração em Argissolo vermelho-amarelo sob pousio e diferentes culturas de cobertura**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 1668, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457/2016 – **Amostras de solo – preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização: método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2016.

AZEVEDO, Priscila Ramos. **Boas práticas em conservação do solo e da água na agricultura**, 2021. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/46276/1/PRISCILA_RAMOS_DE_AZEVEDO_ATIVIDADE3.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**, 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtodosdeAnilisedeSolo.pdf. Acesso em: 24 ago. 2024.

EMBRAPA. **Solos brasileiros: perguntas e respostas**. 1971. Disponível em: https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/perguntas-e-respostas. Acesso em: 20 ago. 2024.

GUTIERREI, Isabeli Almeida. **A importância do monitoramento da umidade do solo através de sensores para otimizar a irrigação nas culturas**. 2021. Disponível em: https://www.conhecer.org.br/enciclop/2021A/a%20importancia.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Monitoramento do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira por satélite**. 2021. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-11/desmatamento-na-amazonia-legal-tem. Acesso em: 20 ago. 2024.

KLEIN, Vanessa. **Compactação do solo: efeitos na nutrição mineral e produtividade de plantas forrageiras.** 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342083610. Acesso em: 20 ago. 2024.

MOLIN, J. P.; DIAS, C. T. S.; CARBONERA, L. **Estudos com penetrometria: novos equipamentos e amostragem correta**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 584–590, 2012.

PASCHOALIN FILHO, J. A. **Utilização de solo residual de diabásio como elemento de fundação e material de construção de aterros compactados para barragens de pequeno porte.** 2002. 192 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Construções Rurais da Faculdade de

Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas.

REAVES, C. A.; COOPER, A. W. **Stress distribution in soil under tractor roads.** Journal of Agricultural Engineering Society, v. 41, p. 20-31, 1960.

REICHERT, J. M. et al. **Mecânica do solo.** In: VAN LIER, Q. J. (org.). Física do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2010. cap. 2, p. 298.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SERRÃO, E. A. S. et al. **Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade das áreas de floresta amazônica brasileira**. In: TERGAS, L. E.; SANCHEZ, P. A.; SERRÃO, E. A. S. (ed.). Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos. Brasília: CIAT/Embrapa, 1982. p. 219-251.

SOBRINHO, Ulisses Vargas. **Revisão bibliográfica de métodos de avaliação da qualidade física do solo.** Minas Gerais, 2017. Disponível em: https://www.agn.ufv.br/wp-content/uploads/2017/08/tcc_versao_final_pdf.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.

STOLF, R. **Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 15, n. 2, p. 229-235, 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. **Penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf: recomendações para seu uso**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. 9 p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim, 1).