

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS FRANCISCO BELTRÃO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

FÁBIO HENRIQUE LANZARIN

**DETERMINAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS FÍSICOS DO
SOLO EM SEUS DIFERENTES USOS NA REGIÃO DE FRANCISCO
BELTRÃO, PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2016

FÁBIO HENRIQUE LANZARIN

**DETERMINAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS FÍSICOS DO
SOLO EM SEUS DIFERENTES USOS NA REGIÃO DE FRANCISCO
BELTRÃO, PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Davi Zacarias de Souza
Coorientadora: Prof. Msc. Naimara Vieira do Prado

FRANCISCO BELTRÃO

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

DETERMINAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS FÍSICOS DO SOLO EM SEUS DIFERENTES USOS NA REGIÃO DE FRANCISCO BELTRÃO, PR

por

Fábio Henrique Lanzarin

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 08 horas e 00 min., do dia 17 de junho de 2016, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Marcelo Bortoli

Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental

Davi Zacarias de Souza

Professor Orientador

Fernando César Manosso

Membro da Banca

Naimara Vieira do Prado

Professor Coorientador

Denise Andréia Szymczak

Professora do TCC2

“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

LANZARIN, Fábio, H. Determinação e caracterização de aspectos físicos do solo em seus diferentes usos na região de Francisco Beltrão, PR. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso superior de Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2016.

O uso inadequado e os diferentes tipos de usos e manejos do solo podem alterar sua estrutura e propriedades físicas, comprometendo a produção de alimentos. O excesso de compactação e a falta de matéria orgânica propiciam a redução da disponibilidade de água e conseqüentemente à produtividade de culturas. O presente trabalho aplica técnicas de caracterização e análises físicas do solo e com isto levanta dados sobre os efeitos dos diferentes usos e manejos do solo e os compara estatisticamente. As amostras de solo foram coletadas em uma região da zona rural na cidade de Francisco Beltrão – PR (2015), em três tipos de uso do solo, um cultivado com milho, outro onde são depositados dejetos provindos da criação bovino leiteira e o terceiro na mata nativa. As características físicas analisadas foram umidade natural, umidade higroscópica, quantidade de terra fina, cascalho e calhaus, limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade. Aplicando o teste de Tukey para comparar as amostras foi possível evidenciar que o solo de mata nativa e de deposição de dejetos apresentaram semelhanças na maioria dos fatores diferente do solo de agropecuária.

Palavras-chave: Solo. Física. Uso.

ABSTRACT

LANZARIN, Fábio, H. Determination and characterization of physical aspects of soil in its different uses in the region of Francisco Beltrão, PR. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso superior de Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2016.

Improper use and the different types of land use and management may change its structure and physical properties, compromising food production. The excess compaction and lack of organic material to provide reduced water availability and thus the productivity cultures. This study applies techniques of characterization and physical analysis of the soil and this raises data on the effects of different uses and management of soil and compare statistically. Soil samples were collected in a rural area in the city of Francisco Beltrão – PR (2015), in three types of land use, a cultivated with corn, another where they are deposited stemmed waste of dairy cattle breeding and the third in bushland. Physical characteristics analyzed were natural moisture, hygroscopic humidity, amount of fine earth, gravel and pebbles, liquid limit, plastic limit and plasticity index. Applying the Tukey test to compare the samples was possible to show that the soil of native forest and deposition of waste showed similarities in most different factors of agricultural soil.

Keywords: Solo. Physical. Use.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	6
2.1 OBJETIVO GERAL.....	6
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
3 JUSTIFICATIVA.....	7
4 REFERENCIAL TEORICO	8
4.1 USOS DO SOLO.....	8
4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO	9
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	10
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
5.1 MÉTODO DE AMOSTRAGEM.....	12
5.2.1 umidade natural	13
5.2.2 umidade higroscópica	14
5.2.3 quantidade de terra fina, cascalho e calhaus.....	15
5.2.4 limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade	16
5.3 DELINEAMENTO E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	18
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6.1 UMIDADE NATURAL.....	20
6.2 UMIDADE HIGROSCÓPICA.....	20
6.3 TERRA FINA	21
6.4 CASCALHO.....	21
6.5 CALHAUS	22
6.6 LIMITE DE LIQUIDEZ.....	22
6.7 LIMITE DE PLASTICIDADE.....	22
6.8 INDICE DE PLASTICIDADE.....	23
7 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS	25
ÍNDICE DE ANEXOS.....	31
ANEXOS	32

1 INTRODUÇÃO

Representados por apenas uma fina camada de material não consolidado que envolve a face exterior do planeta Terra, os solos são constituídos, em várias parcelas, por diversos tipos de minerais e matéria orgânica, que interagem gerando grupos de partículas chamadas de agregados que possuem entre si, espaços vazios denominados de poros, os quais são preenchidos por água e ar (MATEUS, 2008).

Os solos são essenciais para dar suporte à vida humana pois é onde constrói-se, planta-se e colhe-se grande parte de nossa alimentação. A sua utilização adequada traz inúmeros benefícios, mas, se mal manejados, os malefícios também podem ser grandes. A demanda de alimentos vem crescendo dia-a-dia e com isso a necessidade do aumento da produção tem como consequência, a desestruturação de muitos solos no mundo (BERBERT 2006).

Segundo Cardoso (1992), os objetivos do manejo dos solos produtivos são manter suas características originais melhorando algumas propriedades para que se possa sustentar a produtividade sem provocar mudanças que venham a diminuir, retardar ou impedir o cultivo deste solo. Assim, a produção de uma cultura em solos com propriedades químicas, físicas e biológicas ótimas, serão dependentes apenas do clima e do potencial energético da cultura.

De modo geral, solos antropicamente inalterados e com vegetação nativa, apresentam características físicas adequadas ao desenvolvimento das plantas. No entanto, conforme os solos vão sendo trabalhados mecanicamente pelo homem, alterações físicas consideráveis na permeabilidade, estrutura, densidade do solo e espaço poroso ocorrem com o passar do tempo (ANDREOLA, 2000).

Neste contexto, o presente trabalho levanta dados sobre as qualidades físicas de um solo antropizado e sob vegetação nativa utilizando indicadores tradicionais como umidade higroscópica e a umidade natural e também indicadores não tradicionais como porções de terra fina, cascalho e calhaus, limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade para inferir o uso do solo em relação a sua qualidade física.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar e comparar as qualidades físicas de um solo da cidade de Francisco Beltrão – PR, de acordo com seus usos: agropecuária, depósito de dejetos animais e mata nativa.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as características físicas como densidade aparente, umidade higroscópica e a umidade natural, porções de terra fina, cascalho e calhaus, limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade de um solo da cidade de Francisco Beltrão – PR;
- Comparar estatisticamente as características físicas do solo estudado entre seus diferentes usos.

3 JUSTIFICATIVA

A necessidade de produção agropecuária cada vez maior e a escassez de recursos financeiros e tecnológicos especialmente em países emergentes como o Brasil fazem com que a produção agrícola e agropecuária exceda o limite de sustentabilidade dos solos que as suportam. Fatores como a retirada da biomassa para forragem, superpastejo, pisoteio animal e trânsito de maquinário pesado, estão entre os principais fatores de risco de degradação física dos solos, trazendo assim negatividades em termos agronômicos e ambientais, os quais, a amplitude depende das características dos solos, das circunstâncias climáticas e do manejo utilizado (GIAROLA, 2007).

Segundo Blainski (2008), qualificar, quantificar e compreender as alterações físicas do solo oriundo de seu uso e manejo é crucial para o desenvolvimento de um sistema agrícola sustentável que promove a manutenção da capacidade do solo oferecer uma condição física adequada para o crescimento das raízes das plantas favorecendo o suprimento de água, nutrientes, minerais e oxigênio.

De acordo com Dexter e Youngs (1992), a maneira mais adequada de avaliar as alterações físicas de um solo é analisar seu comportamento sob as condições de cultivo desejadas e comparar suas características com as de um solo que ainda mantenha preservada suas condições naturais, sendo que sejam controlados os critérios genéticos, topográficos e processos de formação do solo em estudo.

Desta forma, o presente trabalho compara estatisticamente as características físicas de um solo enquanto mantido de forma natural/inalterada e o solo cultivado da maneira desejada, tornando visíveis as possíveis alterações causadas apenas pelos seus diferentes usos.

4 REFERENCIAL TEORICO

4.1 USOS DO SOLO

O ser humano é dependente do solo antes mesmo de aprender a cultivá-lo. Arqueólogos e antropólogos discutem até hoje quais as causas pelo qual os humanos abdicaram a vida de coleta e caça pelo cultivo. Sabe-se que foi a partir daí que teve início as primeiras formas de agricultura e a preocupação com a manutenção da fertilidade do solo (WORSTER, 2003).

Souza & Alves (2003) esclarecem que no Brasil, de modo geral, as vegetações nativas veem sendo progressivamente substituídas por culturas agrícolas, pastagens ou espécies florestais de crescimento rápido. Esta modificação no uso do solo implica em um desequilíbrio no ecossistema natural, pois o novo manejo adotado altera os processos físico, químicos e biológicos do solo, e isto proporciona a modificação de suas características podendo levar a sua degradação.

O uso do solo para fins agrícolas que é tradicionalmente feito após a retirada da vegetação nativa e conseqüentemente alterado quanto suas propriedades químicas, físicas e biológicas naturais, também pode estabelecer uma condição de equilíbrio dependendo da inter-relação de alguns fatores como condições do solo, do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas (JÚNIOR, 2000).

Da mesma forma, outras inúmeras inter-relações entre vários outros atributos como físicos, químicos e biológicos acontecem no solo, os quais contribuem para o controle de processos e aspectos ligados à sua variação com o tempo e espaço. Qualquer modificação no solo pode alterar diretamente sua estrutura bem como sua atividade biológica, conseqüentemente sua fertilidade, trazendo reflexos no ecossistema, podendo alavancar prejuízos à qualidade do solo e, se for o caso de solos agrícolas, à produtividade das culturas. Perante isso, a variação desses atributos, definido pelo manejo e uso do solo, e sua avaliação são

importantes para o melhoramento dos manejos objetivando um sistema sustentável (CARNEIRO, 2008).

Portanto, o monitoramento do solo deve ser direcionado para detectar tendências de mudanças que podem ser mensuráveis em um longo período de tempo pois pode ser útil na tarefa de avaliação de impactos ambientais, tornando-se um importante instrumento em funções de controle, fiscalização e monitoramento em áreas de proteção ambiental. Porém, o ideal é que as práticas de uso e manejo do solo fossem implementadas visando manter ou melhorar seus atributos, de modo a aumentar a capacidade do solo de sustentar sua produtividade biológica. (ARAÚJO, 2007).

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO

A modificação de ecossistemas naturais ocorre na medida em que eles vão sendo substituídos por atividades antrópicas, sejam voltadas para fins industriais ou produção de alimentos, podem provocar degradação geralmente proveniente de uso e manejo inadequado dos solos. Existem inúmeras formas de usos e manejos para o solo, porém estima-se que as maiores alterações ocorrem na prática de agricultura convencional já que possui capital e nível tecnológico mínimo (CENTURION, 2001).

Bertol (2003) afirma que o solo cultivado tem suas propriedades físicas alteradas em relação a solos virgens e que tais alterações são mais acentuadas em sistemas convencionais de preparo do que em sistemas conservacionistas podendo influenciar, em geral, na densidade do solo, volume e distribuição de tamanho dos poros e estabilidade dos agregados do solo os quais influir na infiltração da água, erosão hídrica e desenvolvimento das plantas.

O conhecimento das propriedades físicas do solo pode contribuir na definição de melhores estratégias para o manejo sustentável do solo, pois a maioria dos estudos neste sentido tem demonstrado uma ampla diversidade de resultados, com variação entre os locais estudados, devido principalmente ao sistema de manejo e às características intrínsecas dos solos (GREGO & VIEIRA, 2005).

Um dos principais objetivos de uma pesquisa direcionada a usos e manejos de solos é assimilar e idealizar sistemas de manejo que se ajustem às condições edafoclimáticas, sociais, culturais e regionais. Da perspectiva técnica, um sistema de manejo ideal deve promover a manutenção ou melhoria da qualidade do solo e do ambiente, bem como para a otimização da produtividade das culturas a longo prazo (COSTA, 2003).

De acordo com isso, Souza (2004) aponta que o conhecimento das características, propriedades e variabilidade espacial físicas do solo auxilia na escolha de melhores formas de usos e manejos, proporciona a redução de custos de produção por meio da economia de agroquímicos, conseqüentemente inúmeros benefícios ambientais e a manutenção ou aumento do potencial produtivo das culturas.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Segundo Gonçalves (2001), as análises estatísticas possibilitam a verificação e interpretação de dados, os quais podem ser empregados de forma a facilitar a organização, esquematização, e apresentação de resultados a partir dos dados, dando a estes elementos uma importância e uma razão de ser.

Esta abordagem é muito utilizada na área de estudos do solo pois permite a comparação entre as características obtidas por meio das análises do solo que em resposta proporcionam resultados confiáveis (MILAN, 2002).

Quanto às propriedades físicas dos solos, Berg (1997) afirma que as ferramentas estatísticas em geral podem ser fundamentais no delineamento de unidades de mapeamento pois permite ilustrar a variabilidade das características físicas enquanto a parâmetros como umidade, textura e granulometria, possibilitando assim projetar padrões de variação espacial das características dos solos dentro das unidades de mapeamento.

Os atributos físicos do solo podem ser descritos por meio da estatística, contribuindo para o entendimento sobre a influência destes atributos e do manejo do solo em determinação do que se pretende obter, em exemplo:

produtividade de culturas ou degradação ambiental. Desta forma, conhecer os atributos físicos do solo que controlam a produtividade das culturas, riscos de contaminação do ambiente e a investigação dessas causas são fatores importantes em sistemas de manejo, nos quais se visa geralmente a sustentabilidade por meio da aplicação consciente de insumos e práticas agrícolas, como é largamente utilizado em sistemas de agricultura de precisão (CORÁ, 2004).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 MÉTODO DE AMOSTRAGEM

O solo em estudo foi coletado em uma propriedade na zona rural de Francisco Beltrão – PR em julho do ano de 2015, em que a estação do ano era o inverno. O clima predominante na região é o subtropical úmido mesotérmico com verões quentes, geadas pouco frequentes, com tendência à concentração de chuvas nos meses de verão. O calor começa em outubro e vai até meados de março, tendo a temperatura em uma média de 26° C (PREFEITURA – FRANCISCO BELTRÃO). A geologia da bacia se caracteriza por Rochas basálticas do Grupo São Bento, Formação Serra Geral. O solo predominante no local amostrado é o LVe - Latossolo Vermelho Eutrófico (TOMAZZINI & GUIMARÃES).

Foram amostradas oito porções de solo em cada um dos três tipos de uso do solo utilizando o método transecto onde cada um dos pontos do zigzag se distanciam 1 metro entre si possuindo uma profundidade entre 0 e 20 cm.

Nas áreas onde foram realizadas as coletas são desenvolvidos os seguintes tipos de uso: um cultivado com milho durante a safra de verão e aveia preta para pastejo de vacas leiteiras durante o inverno (26°02'19.93"S; 53°08'11.90"O), outro recebe carga de esterco bovino e suíno provindo de alojamentos dos animais (26°02'21.36"S; 53°08'03.08"O) e o terceiro tipo de uso é um solo no qual se mantém em condições naturais incluindo sua vegetação nativa que permanece inalterada (26°02'11.29"S; 53°08'29.36"O).

A Figura 1 apresenta os pontos onde foram coletadas as amostras, sendo destacadas as distâncias entre os pontos de coleta entre os usos desempenhados neste solo.



Figura 1 – Mapa de Localização das Amostragens nos Diferentes Usos do Solo e a Distância Entre Eles.

Fonte: Google Earth.

5.2 ANÁLISE DAS AMOSTRAS.

Os métodos de ensaio laboratorial utilizados foram embasados nas normas da ABNT: NBR 6457 de 1986 e NBR 7180 de 1984 Versão Corrigida 1988, onde dispunham, entre outros, os métodos de determinação de umidade natural, umidade higroscópica, quantidade de terra fina, cascalho e calhaus, limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade os quais foram os parâmetros de interesse na avaliação física do solo.

5.2.1 Umidade natural

A aparelhagem necessária para a determinação da umidade natural foi uma balança de precisão, uma estufa, um dessecador de sílica, 24 placas de Petri e

duas pinças metálicas.

Para a execução do ensaio tomou-se oito amostras de aproximadamente 40 gramas de cada tipo de solo em seu estado natural, anotou-se o peso das amostras que serão posteriormente levadas à estufa pré-aquecida à 105°C onde permaneceram por 24 horas. Após isso foi realizado o resfriamento das amostras no dessecador de sílica posteriormente pesando e anotando o valor para cada amostra.

A equação 1 foi utilizada para calcular a umidade natural de cada amostra.

$$H_n = ((m_1 - m_2) / (m_2 - m_3)) \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

H_n = Teor de umidade (%);

m_1 = Massa do solo úmido com o recipiente utilizado;

m_2 = Massa do solo seco com o recipiente utilizado e;

m_3 = Massa do recipiente utilizado.

5.2.2 Umidade higroscópica

A aparelhagem necessária para a determinação da umidade higroscópica foi uma balança de precisão, uma estufa, um dessecador de sílica, 24 placas de Petri e duas pinças metálicas.

Para a execução deste ensaio tomou-se oito amostras de aproximadamente 40 gramas de cada tipo de solo em seu estado natural, estas foram pesadas e posteriormente dispostas na bancada em condições ambientes naturais por 24 horas, após isso pesou-se novamente e anotou-se o peso das amostras.

A equação 2 foi utilizada para calcular a umidade higroscópica de cada amostra.

$$H_h = ((m_1 - m_2) / (m_2 - m_3)) \times 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

Hh = Teor de umidade (%);

m1 = Massa do solo úmido com o recipiente utilizado (g);

m2 = Massa do solo seco com o recipiente utilizado (g), e;

m3 = Massa do recipiente utilizado (g).

5.2.3 Quantidade de terra fina, Cascalho e Calhaus

A aparelhagem utilizada para determinar a quantidade de terra fina, cascalho e calhaus das amostras, consiste em um agitador de peneiras, uma balança de precisão, um recipiente metálico de aproximadamente 500 ml e duas peneiras, uma com malha de 2mm e outra com malha de 20 mm.

Para a execução do ensaio tomou-se no recipiente metálico uma porção de aproximadamente 100 gramas de solo de cada uma das três amostras escolhidas aleatoriamente entre as oito amostras de cada tipo de solo, então pesou-se cada uma das porções anotando seu peso. Posteriormente cada porção de solo foi submetida ao peneiramento com o auxílio das peneiras de 2 e 20 mm e do agitador de peneiras.

A porção de terra retida na peneira de 20mm é denominada calhau, a retida na peneira de 2mm é denominada cascalho e a porção que passar pelas duas peneiras é denominada terra fina. Posteriormente pesou-se cada porção para obter a massa de cada componente então se calculou a proporção dos mesmos em cada amostra utilizando as equações 3, 4 e 5.

$$\text{Cascalho (g/kg)} = 1000 \times b/a; \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\text{Calhaus (g/kg)} = 1000 \times c/a; \quad \text{Eq. (4)}$$

$$\text{Terra fina (g/kg)} = 1000 - (\text{Cascalho} + \text{Calhaus}). \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde:

a = Massa total da amostra (g), e;

b = Massa de cascalho (g).

5.2.4 Limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade

A aparelhagem necessária para a determinação do limite de liquidez, do limite de plasticidade e do índice de plasticidade, consiste em uma cápsula de porcelana, uma espátula metálica, um aparelho de casa grande, 18 placas de Petri, uma balança de precisão e uma estufa.

Para a execução deste ensaio, foram escolhidas aleatoriamente três amostras de cada um dos três usos do solo analisado, das quais foram tomados cerca de 100 gramas de solo por amostra, colocou-se estas 100 gramas de solo em uma cápsula de porcelana e adicionou-se água até a formação de uma massa homogênea.

Posteriormente espalhou-se aproximadamente 30 mL desta massa na cápsula metálica do aparelho de Casagrande, de modo que a parte central tivesse um cm de espessura. Cortou-se a massa de solo na parte central com o cortador próprio do aparelho e após isso se girou a manivela do aparelho numa velocidade constante de duas rotações por segundo até quando a ranhura central se fechou á espessura de um centímetro, então se anota o número de pancadas.

Feito isso se misturou bem a massa de solo contida na cápsula metálica do aparelho e repetiu-se a operação por mais duas vezes. Se o número de pancadas de cada uma das três repetições foi entre 18 e 32, então tirou-se uma quantidade aproximada de 40 gramas próximo á ranhura central da cápsula metálica e da qual foi calculada a umidade conforme o procedimento descrito no item 5.2.1.

A equação 6 foi usada para o cálculo do limite de liquidez.

$$LL = W \times (N/25)^{0,12} \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde:

LL = Limite de Liquidez;

W = Umidade (%), e;

N = Número de pancadas.

Após a realização do procedimento para a determinação do limite de liquidez, foi realizada a determinação do limite de plasticidade. Para isso retirou-se aproximadamente 10 a 15 de massa de solo, proveniente da cápsula do aparelho de Casagrande subsequentemente à determinação do limite de liquidez. Formou-se uma bola com esta massa a qual foi comprimida sobre uma placa de vidro, até formar um bastão cilíndrico de três a quatro mm de diâmetro de modo que o bastão formado começasse a quebrar quando atingir este diâmetro.

Então este procedimento foi repetido por mais duas vezes para cada amostra analisada e colocar-se-á os bastões formados nas placas de Petri para que seja possível fazer a determinação da umidade dos mesmos conforme o procedimento descrito no item 5.2.1.

O limite de plasticidade foi calculado pela equação 7.

$$LP = (h_1 + h_2 + h_3)/3 \quad \text{Eq. (7)}$$

Onde:

LP = Limite de plasticidade da amostra;

h₁ = Umidade do primeiro cilindro formado;

h₂ = Umidade do segundo cilindro formado;

h₃ = Umidade do terceiro cilindro formado;

O índice de plasticidade foi calculado pela equação 8.

$$IP = LL - LP \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde:

IP = Índice de plasticidade da amostra;

LL = Limite de liquidez da amostra e;

LP = Limite de plasticidade da amostra.

5.3 DELINEAMENTO E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a comparação entre características físicas do solo conforme seu uso, os resultados das análises laboratoriais, foram submetidos a análises da variância ANOVA seguida do teste de Tukey utilizando nível de significância de 5%. Para isso, aplicou-se a cada série de dados, teste de normalidade e homocedasticidade.

Para verificar a normalidade foi aplicado o método Shapiro Wilk com 5% de significância. Para verificar a homocedasticidade foi aplicado o teste de Bartlett com 5% de significância.

Os dados que atenderam os pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e se esta indicou diferença entre os diversos usos do solo, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de significância para a comparação de médias.

As análises foram desenvolvidas com o auxílio dos softwares Microsoft Office Excel (2010) com o suplemento Action (2016).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os dados obtidos a partir das análises laboratoriais encontram-se nos quadros 1 e 2 localizados no ANEXO A.

Na tabela 1 pode-se observar as médias das características físicas e suas relações de igualdade estatística obtidas a partir do teste de Tukey conforme descrito no item 5.3.

Tabela1. Médias das qualidades físicas do solo analisado, associado aos seus usos.

	Mata nativa	Deposição de dejetos	Agropecuária
Umidade natural (%)	14,21 ±1,22 a ¹	11,58 ±0,73 b	7,06 ±0,95 c
Umidade higroscópica (%)	21,38 ±1,58 a	21,20 ±0,92 a	16,50 ±1,09 b
Terra fina (g/kg)	450,45 ±87,38 a	473,50 ±76,78 a	189,10 ±132,38 b
Cascalho (g/kg)	549,54 ±87,38 b	526,50 ±76,78 b	810,90 ±132,38 a
Calhaus (g/kg)	0	0	0
Limite de liquidez	51,13 ±4,51 a	47,15± 4,20 a	41,84 ±7,79 a
Limite de plasticidade	47,37 ±3,50 a	45,43 ±4,75 a	38,36 ±7,20 a
Índice de plasticidade	3,76 ±1,09 a	3,48 ±0,60 a	1,72 ±0,67 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

6.1 UMIDADE NATURAL

Observando a tabela 1, verifica-se os teores de umidade do solo são diferente estatisticamente entre todos seus usos.

O solo mantido sob vegetação nativa foi o que apresentou o maior teor de umidade natural, seguido pelo solo de deposição de dejetos animais e por último, com menor valor de umidade, o solo onde é praticada a agropecuária leiteira.

De acordo com Araújo (2004), estes resultados evidenciam que, comparativamente ao solo sob mata nativa, a degradação da estrutura do solo pelo cultivo interfere na capacidade de absorção e retenção de água do solo, limitando-o ao crescimento das plantas pela redução na água disponível e pela restrição de aeração sob elevada umidade do solo.

6.2 UMIDADE HIGROSCÓPICA

Na tabela 1 podem ser observados os valores de umidade higroscópica dos solos analisados. Verifica-se então a umidade higroscópica do solo de mata nativa e a do solo de deposição de dejetos animais, são iguais estatisticamente, diferentemente do solo onde é praticada a agropecuária, o qual se apresentou diferente.

Isso pode ser explicado, segundo Oliveira (2001) porque nas áreas de mata nativas da região encontra-se elevados teores de matéria orgânica e densa camada de serapilheira (quase 5 cm de espessura) na sua superfície, além da quantidade e qualidade dos resíduos vegetais retornados ao solo. Portanto pode-se inferir que a causa da semelhança entre a umidade do solo de mata nativa com o solo de deposição de dejetos pode ser o teor de matéria orgânica sob estes solos.

O baixo teor de umidade higroscópica no solo onde é desenvolvida a agropecuária, provavelmente, deve-se à compactação causada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas utilizados no plantio e colheita do milho e ao

pisoteio animal no período de inverno quando é feito o pastejo na área (ALBUQUERQUE, 2001).

6.3 TERRA FINA

Na tabela 1 observa-se que a concentração de terra fina do solo de mata nativa e a do solo de deposição de dejetos animais, são estatisticamente iguais. Já o solo onde é praticado a agropecuária o teor de terra fina apresenta-se significativamente inferior aos demais.

A compactação oferecida a este solo é a causa provável para o ocorrido já que o cultivo de milho para forragem demanda que maquinários pesados transitem pela área e no inverno o pastejo direto e conseqüentemente o pisoteio do gado também contribui para a formação de aglomerados, reduzindo assim a concentração de terra fina (CONTE, 2007).

6.4 CASCALHO

Observando a tabela 1 é possível também verificar os teores de cascalho contido nas amostras do solo sob seus diferentes usos.

O solo de deposição de dejetos animais e o de mata nativa apresentaram médias similares quanto ao teor de cascalho. Já onde o solo é usado para o desenvolvimento da agropecuária, o teor de cascalho apresenta-se em desigualdade estatística em relação aos demais usos com valor á cerca de 30% mais elevado.

Segundo Strieder (2010), é provável que este alto teor de cascalho no solo usado para agropecuária esteja associado a baixa oferta de matéria orgânica, devido o seu uso com milho no verão e pastagem no inverno, onde grande parte da biomassa é exportada na silagem de milho no verão e pelo pastejo intenso no inverno. Isto interfere na formação dos agregados e afetando sua estabilidade.

6.5 CALHAUS

Pela tabela 1 pode-se observar que nenhuma das amostras apresentou qualquer valor de calhaus.

6.6 LIMITE DE LIQUIDEZ

Pela tabela 1 é possível constatar que os limites de liquidez dos solos analisados apresentam médias similares entre os três usos do solo.

O limite de liquidez significa o teor de água em que as forças coesivas são tão pequenas que o solo pode fluir de forma plástica sob a aplicação de uma força (CAMARGO, 2009).

Segundo Braida (2006), é possível que solos argilosos com a mesma genética geológicos apresentem semelhança quanto seu limite de liquidez mesmo sob diferentes usos, porque, nesse caso, o efeito sobre as forças de adesão, predominantes na faixa de umidade em que o solo se comporta plasticamente, é diluído pelo fato de a fração mineral ser semelhante.

6.7 LIMITE DE PLASTICIDADE

É possível observar na Tabela 1, que embora o valor do limite de plasticidade do solo usado para agropecuária seja bastante inferior ao valor dos demais, os valores médios são estatisticamente iguais.

O limite de plasticidade corresponde à porcentagem de umidade que limita o estado úmido do molhado (CAMARGO, 2009). Segundo Silva, 2006 solos onde são disponibilizadas grandes quantidades de matéria orgânica como o solo de mata nativa e de deposição de dejetos animais podem apresentar elevação

significativa em seu limite de plasticidade em relação a um solo que tenha baixa disposição de matéria orgânica como o solo de cultivo agropecuário, quando a coleta é feita em até 10 cm de profundidade.

No entanto, de acordo com Vasconcelos, 2010 quando a amostragem é feita em até 20 cm, como no caso deste trabalho, estas elevações ainda ocorrem, porém sua influência é mais branda podendo a 5% de significância igualar-se estatisticamente ao limite de plasticidade de um solo geneticamente idêntico, porém com baixa quantidade de matéria orgânica.

6.8 INDICE DE PLASTICIDADE

Observando a tabela 1 verifica-se que o índice de plasticidade do solo sob diferentes usos apresentou igualdade estatística ao nível de 5%.

Estes resultados acordam com o estudo de Vasconcelos (2010) o qual esclarece que índice de plasticidade pode ser afetado pelo teor de matéria orgânica disposta no solo. Desta forma em solos de mata nativa este índice se eleva assim como no solo em que são dispostos dejetos animais evidenciando assim que a matéria orgânica mesmo sendo de origem diferente tem o mesmo efeito sob o índice de plasticidade do solo.

7 CONCLUSÃO

Os solos de mata nativa e o solo de deposição de dejetos animal apresentaram semelhança na maioria das características físicas analisadas, porém no solo em que é cultivado milho no verão e praticado o pastejo no inverno apresentou diferenças significativas estatisticamente na maioria delas.

Possivelmente um dos fatores que mais influenciam nas características físicas do solo é a quantidade de matéria orgânica disposta neste. No solo de cultivo agropecuário um provável agravante em suas qualidades físicas é o intenso tráfego de maquinários pesados no verão para a produção de silagem de milho e no inverno o pisoteio dos bovinos leiteiros durante o pastejo desta área.

Tanto o solo de mata nativa quanto o de deposição de dejetos apresentam grande quantidade de matéria orgânica sob si ao contrário do solo de cultivo agropecuário que tem sua matéria orgânica retirada no verão pela silagem do milho e no inverno pelo pastejo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. **Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho.** Lages (SC), R. Bras. Ci. Solo, n.25, p. 717-723, abr. 2001.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. **Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada.** Viçosa, R. Bras. Ci. Solo, n.24, p. 857-865, jul. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457:** Amostras de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. p. 09, Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 7180:** Determinação do limite de plasticidade. p. 03 Rio de Janeiro, 1988.

ARAÚJO, Ricardo; GOEDERT, Wenceslau, J.; LACERDA, Marilusa, P. C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo.** Maringá (PR), R.Bras. Ci. Solo, n.31, p. 1099-1108, mai. 2007.

ARAÚJO, M.A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. **Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa.** Brasília (DF), R.Bras. Ci. Solo, n.28, p. 337-345, mar. 2004.

BERBERT, Carlos O. **Ciências da Terra para a sociedade: o Ano Internacional do Planeta Terra: Terra e vida.** Revista USP, São Paulo, n.71, p. 70-80, setembro/novembro 2006.

BERG, M. V. D.; KLAMT, E. **Variabilidade espacial de características de solos na região do planalto médio, RS:II. análise da semivariância e da variância.** Viçosa

(MG), R. bras. Ci. Solo, Viçosa, n. 21, p. 401-408, mar. 1997.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; JUNIOR, Zoldan, W.A. **Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo.** Lages (SC), R. Bras. Ci. Solo, n.28, p.155-163, nov. 2003.

BLAINSKI, Éverton,; TORMENA, Cássio, A.; FIDALSKI, Jonez,; GUIMARÃES, Rachel, M. L. **Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração.** Maringá, R.Bras. Ci. Solo, n.32, p. 975-983, mar. 2008.

BRAIDA, Alfredo, J.; REICHERT, João, M.; VEIGA, Milton, de.; REINERT, Dalvan, J. **Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor.** Pato Branco (PR), R.Bras. Ci. Solo, n.30, p. 605-614, mar. 2006.

CARDOSO, Alcides; POTTER, Reinaldo, O.; DEDECEK, Renato,A. **Estudo comparativo da degradação de solos pelo uso agrícola no noroeste do Paraná.** Pesquisa agropecuária Brasileira, Brasília, n.27, p. 349-353, fev.1992.

CAMARGO, A. O. ; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A. ; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas.** Governo do estado de São Paulo secretaria de agricultura e abastecimento coordenadoria da pesquisa agropecuária instituto agronômico. Campinas (SP), Boletim técnico 106, nov. 2009.

CARNEIRO, Marco, A. C.; SOUZA, Edicarlos, D. de; REIS, Edésio, F. R. ; PEREIRA, Hamilton, S.; AZEVEDO, Watson, R. **Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo.** Jataí (GO), R.Bras. Ci. Solo, n.33, p. 147-157, nov. 2008.

CENTURION, José, F.; CARDOSO, Juliana, P.; NATALE, William. **Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas.** Campina Grande (PB), R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.5, n.2, p.254-258, mar. 2001.

CONTE, Osmar. **Atributos físicos do solo e demanda de tração em semeadura direta de soja, com diferentes pressões de pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária.** Porto Alegre (RS), R. Lumes- Repositório digital - UFRGS, <<http://hdl.handle.net/10183/11053>>, mar. 2007. Acesso em mai. 2016.

CORÁ, José, E.; ARAÚJO, Anamari, V. M.; PEREIRA, Gener, T.; BERBALDO, José, M. G. **Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar.** Jaboticabal (SP), R. Bras. Ci. Solo, n. 28, p. 1013-1021, out. 2004.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBERTO, C. **Propriedades físicas de um latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional.** Lages (RS), R.Bras. Ci. Solo, n.27, p. 527-535, abr. 2003.

DEXTER, A.R.; YOUNGS, I.M. **Soil and Tillage Research.** Issue Soil physics towards 2000: Vol. 24, P. 101-106, Jul. 1992.

GIAROLA, Neyde, F.B.; TORMENA, Cássio, A.; DUTRA, Adriano, C. **Degradação física de um latossolo vermelho utilizado para produção intensiva de forragem.** Ponta Grossa, R.Bras. Ci. Solo, n.31, p. 863-873, jun. 2007.

GONÇALVES, Antônio, C.A.; FOLEGATTI, Marcos, V.; DA MATA, José, D.V. de. **Análise exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho.** Maringá (PR), Acta Scientiarum, v.23, n.5, p.1149-1157, ago. 2001.

GREGO, Celia, R. & VIEIRA, Sidney, R. **Variabilidade espacial de propriedades físicas de solo em uma parcela experimental**. Campinas (SP), R. Bras. Ci. Solo, n.29, p.169-177, jan. 2005.

JÚNIOR, Milton, M.; MELO, Wanderley, J. de. **Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido à diferentes manejos**. Rio de Janeiro (RJ), Pesq. agropec. bras., v.35, n.6, p.1177-1182, jun. 2000.

MATEUS, Antônio. **Solo a pele da Terra: Solo – recurso natural a preservar**. Lisboa, Departamento de Geologia da FCUL, 45 pp, 2008. Disponível em <<http://geologia.fc.ul.pt/documents/163.pdf>> , Acesso em 14 ago. 2015, 10:45.

MICROSOFT EXCEL, Server for Windows, part of Microsoft Office Professional Plus 2010. Brazil: Microsoft Corporation, Versão 14.0.7166.5000 (64 bits) - CD-ROM.

MILAN, Marcos; ALVES, Ricardo; FERNANDES, Thomaz. **Qualidade das operações de preparo de solo por controle estatístico de processo**. Piracicaba (SP), Scientia Agricola, v.59, n.2, p.261-266, abr/jun. 2002.

OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VIVALDI, L. **Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração**. Brasília (DF), R.Bras. Ci. Solo, n.25, p. 863-871, mai. 2001.

PREFEITURA DE FRANCISCO BELTRÃO. Disponível em:<<http://franciscobeltrao.pr.gov.br/secretarias/obras-e-urbanismo/aspectos-fisicos-e-politicos/>>. Acesso em: 21 jun. 2016, 15:52

SILVA, Apolino, J.N.; CABEDA, Mário, S.V.; CARVALHO, Fabíola, G. **Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas**

de manejo com cana-de-açúcar. Porto Alegre (RS), Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 10, n. 3, p. 579 – 585, jan. 2006.

Software Action. Estatcamp- **Consultoria em estatística e qualidade.** Versão 2.9.29.368.534 – julho de 2015. Equipe Estatcamp. São Carlos - SP, Brasil, (2015). URL: <<http://www.portalaction.com.br/>>.

SOUZA, Zigomar, M.; ALVES, Marlene, C. **Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos.** Ilha Solteira (SP), R.Bras. Ci. Solo, n.27, p. 133-139, mai. 2003.

SOUZA, Zigomar, M.; JÚNIOR, José, M.; PEREIRA, Gener, T. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar.** Jaboticabal (SP), R. Bras. Ci. Solo, n.28, p.937-944, out. 2004.

STRIEDER, Gilberto.; MATIESKI, Tiago.; ROSTIROLLA, Pablo.; PAULETTO, Eloy, A.; SUZUKI, Luis, E. A. S. **Estabilidade de agregados de solos submetidos ao uso intensivo de agricultura - pecuária.** Pelotas (RS), R. C.I.C., n. 2, p.11-15, out. 2010.

TOMAZZONI, Julio, C.; GUIMARÃES, Elisabete. **Determinação da capacidade de uso do solo da bacia hidrográfica através da sistematização da EUPS no spring.** UNESP, Geociências, vol. 26, n.4, p. 323-332, São Paulo, 2007.

VASCONCELOS, Romero, F. B.; CANTALISE, José, R. B.; SILVA, Apolino, J. N.; OLIVEIRA, Varonildo, S.; SILVA, Yuri, J. A. B. **Limites de consistência e propriedades químicas de um latossolo amarelo distrocoeso sob aplicação de diferentes resíduos da cana-de-açúcar.** Macaíba (RN), R. Bras. Ci. Solo, n. 34, p. 639-648, mar. 2010.

WORSTER, Donald. **Transformações da terra: para uma perspectiva agroecológica na história.** Ambiente & Sociedade, Vol. 5 – n. 2, p. 23-44 - jan./jul. 2003.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A – Resultados das análises laboratoriais.....33

ANEXOS

ANEXO A – Resultados das análises laboratoriais.

Quadro 1 – Resultado das análises de umidade natural e higroscópica.

uso do solo	umidade natural	umidade higroscópica
Criação animal	11,90	22,70
Criação animal	11,66	21,70
Criação animal	11,15	21,60
Criação animal	12,09	21,15
Criação animal	9,99	20,86
Criação animal	12,04	21,64
Criação animal	11,59	20,07
Criação animal	12,29	19,87
Agropecuária	5,68	18,46
Agropecuária	7,24	17,26
Agropecuária	6,33	15,53
Agropecuária	7,07	16,02
Agropecuária	8,19	16,04
Agropecuária	8,43	15,19
Agropecuária	6,23	16,09
Agropecuária	7,35	17,38
Mata nativa	16,34	22,55
Mata nativa	14,97	23,83
Mata nativa	12,88	21,94
Mata nativa	13,92	20,57
Mata nativa	13,35	20,15
Mata nativa	13,72	18,66
Mata nativa	15,39	21,51
Mata nativa	13,15	21,91

Quadro 2 – Resultado das análises laboratoriais de terra fina, cascalho, calhaus, limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade.

uso do solo	terra fina	cascalho	calhaus	Limite de Liquidez	Limite de Plasticidade	Índice de Plasticidade
Criação animal	481,80	518,20	0,00	45,39	43,16	2,24
Criação animal	545,81	454,19	0,00	51,95	50,89	1,06
Criação animal	392,91	607,09	0,00	44,12	42,25	1,87
Agropecuária	332,16	667,84	0,00	33,08	30,35	2,73
Agropecuária	70,92	929,08	0,00	47,99	44,31	3,68
Agropecuária	164,22	835,78	0,00	44,47	40,42	4,05
Mata nativa	551,33	448,67	0,00	56,00	50,97	5,03
Mata nativa	398,10	601,90	0,00	50,34	47,18	3,16
Mata nativa	401,94	598,06	0,00	47,07	43,97	3,10