



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
*CAMPUS FLORESTAL/ INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS*  
**DEPARTAMENTO/AGRONOMIA**

## **Estudo da qualidade visual do solo**

BOLSISTA: Ana Clara Ribeiro Fernandes

ORIENTADOR: Prof. Diego Antonio França de Freitas

Relatório Final, referente ao período de Agosto/2018 a Julho/2019, apresentado à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do **PIBIC/CNPQ**.

**Florestal**  
**Minas Gerais – Brasil**  
**Agosto de 2019**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
CAMPUS FLORESTAL/ INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO/AGRONOMIA

## RESUMO

### ESTUDO DA QUALIDADE VISUAL DO SOLO

São atributos físicos utilizados como parâmetros de classificação de qualidade do solo a porosidade total (PT), que inclui macro e microporosidade e a estabilidade dos agregados (EA) do solo. Estando diretamente relacionados com os índices de degradação do solo, por meio da erosão, compactação, queimada, ausência da matéria orgânica (MO) dentre outros. Dessa forma, esse projeto objetivou levantar e avaliar esses atributos físicos do solo com relação ao sistema de pastagem subdividido em Pastagem sob queimada (PQ) e Pastagem sem queimada (PS) em diferentes níveis de degradação do solo (N.d.s). A porosidade do solo e EA foram definidas por meio de Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial, com quatro níveis de degradação, nível 1, 2, 3 e 4, submetidos a queimada ou não, com três repetições. Os resultados foram submetidos a análise estatística, no software R, utilizando o teste de Tukey quando necessário, a um nível de significância de 5%. Observou-se que os fatores área (PQ e PS) e os N.d.s não apresentaram interação significativa, ou seja, atuam de forma independente. Logo, os fatores são avaliados separadamente. Mediante análise do fator área observou-se que as médias estatisticamente não apresentaram diferença. Já quanto ao N.d.s somente as amostras de microporosidade sob os níveis 1 e 4 na profundidade de 10 a 20 centímetros (cm) apresentaram diferença significativa. E com relação a EA os valores do Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Diâmetro Médio Geométrico (DMG) obtidos por meio de planilha pronta no Software Excel e mediante ANOVA indicaram que...

Palavras chave: porosidade do solo, agregados, degradação e pastagem.

Data: \_\_/\_\_/\_\_

---

Prof Diego Antonio França de Freitas  
ORIENTADOR

---

Ana Clara Ribeiro Fernandes  
BOLSISTA CNPQ

## 1 Introdução

O solo é um recurso natural vital para o funcionamento do ecossistema terrestre e representa um balanço entre os fatores físicos, químicos e biológicos (Araújo & Monteiro, 2007; Moura, 2010). Ele apresenta papéis ecológicos, como habitat para diversos seres vivos e banco genético de espécies, principalmente de plantas, capaz de filtrar e tamponar substâncias, além da ciclagem de nutrientes, produzindo biomassa e estoque de carbono. Enquanto as suas funções antrópicas estão relacionadas desde o substrato para fundações até matéria prima para construção, deposição de rejeitos, patrimônio geológico e arqueológico (Larson & Pierce, 1994; Araújo & Monteiro, 2007; Cec, 2006; Bouma & Droogers, 2007).

É essencial assegurar a qualidade do solo, conceito definido como a capacidade do solo de funcionar como ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter a qualidade da água e do ar e suportar, prover moradia e saúde humana (Karlen *et al.*, 1997; Cândido *et al.*, 2015). Existem outras definições como a de Larson & Pierce (1991), em que a qualidade do solo, seria um local apto ao uso ou Johnson *et al.* (1997) que definiu como a condição do solo relativa aos requerimentos de uma ou mais espécies biológicas e/ou de algum propósito humano.

Uma vez definida, a qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores ambientais, considerados como atributos que medem ou refletem uma condição do ecossistema (Casali, 2008).

A degradação dos solos representa um dos principais quadros de problemas ambientais da atualidade e afeta na qualidade visual do mesmo. Segundo Cherobin, 2012 a erodibilidade se manifesta principalmente pela ação da chuva contrabalaneada com a resistência apresentada pelo solo quanto a desagregação de partículas e o transporte, que são influenciados pelas propriedades do solo, como tamanho das partículas, estabilidade estrutural, MO, natureza dos minerais e constituintes químicos.

A Qualidade do Solo pode ser descrita como a capacidade que um determinado tipo de solo apresenta, em ecossistemas naturais ou agrícolas, para desempenhar uma ou mais funções relacionadas à sustentação da atividade, da produtividade e da diversidade biológica, à manutenção da qualidade do ambiente, à promoção da saúde das plantas e dos animais e à sustentação de estruturas socioeconômicas e de habitação humana (KARLEN *et al.*, 1997).

O solo para ser considerado estável e de boa qualidade fisicamente e visualmente deve apresentar critérios físicos, químicos e biológicos. Os principais indicadores físicos de qualidade de solo sob o ponto de vista agrícola, são: textura, estrutura, resistência à penetração (RP), profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível, percolação ou transmissão da água e sistema de cultivo. Quanto aos fatores químicos tem-se o pH, carbono orgânico (CO), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) efetiva, nitrogênio do solo, nutrientes disponíveis para as plantas, condutividade elétrica e sais solúveis totais GOMES & FILIZOLA, 2006. Já a fração que compreende a fase biológica é composta principalmente pela microbiota do solo que inclui minhocas, insetos, bactérias, fungos, algas, nematóides e gases como oxigênio (O<sub>2</sub>), dióxido de carbônico (CO<sub>2</sub>) e nitrogênio (N). A biota do solo está diretamente relacionada com a decomposição da MO gerando substâncias que podem ser absorvíveis pelas plantas, além de conferir a diminuição dos níveis de toxidez e aumentar a CTC do solo (DORAN, 1996; KENNEDY & DORAN, 2002 citado por ARAÚJO & MONTEIRO, 2007). O objetivo deste trabalho é destacar alguns atributos físicos do solo, sendo eles, macro e microporosidade e por consequência a PT e a EA do solo com a finalidade de avaliar a sua qualidade quanto sistema de pastagem sob e ausente de queimada com diferentes níveis de degradação.

## **2 Revisão de literatura**

### **2.1 Qualidade do solo**

Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura que é o resultado da agregação das partículas primárias do solo e de outros componentes bióticos e abióticos, é considerada como uma das mais importantes do ponto de vista agrícola. Solos bem estruturados possuem maior porosidade, o que resulta numa melhor percolação da água da chuva ou irrigação. Além disso, facilita a troca gasosa, conferido melhores condições para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e uma maior resistência aos agentes erosivos, (PERUSI, 2005). Segundo Otto um solo considerado ideal deve apresentar cerca de 45% de matéria mineral, 5% de MO, 16,5 % de macroporos e 33,5% de microporos, ou seja, totalizando 50% de PT. No entanto, demasiada presença de microporos com relação a macroporos pode ser indicador de compactação do solo.

Os indicadores físicos do solo estabelecem relações fundamentais com os processos hidrológicos, como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Além disso

possibilitam o suprimento e armazenamento de água, nutrientes e O<sub>2</sub> no solo. Que estão diretamente relacionados com a disposição estrutural do solo levando em consideração a macro e microporosidade. Vale destacar que estes critérios podem ser avaliados pela curva de retenção da umidade do solo ou pela agregação e a distribuição de tamanho dos agregados cujas técnicas de medida incluem peneiramento a úmido ou a seco (KEMPER & ROSENAU, 1986) e os resultados podem ser expressos como percentagem de agregados estáveis em água, com diâmetro maior que 0,5 milímetros (mm) ou 1,0 mm, utilizando o aparelho de Yooder, 1936.

Segundo Mota et al., 2012, os microporos são menos afetados pelo uso do solo, do que os macroporos, sendo mais influenciados pela textura e MO. Logo, o conhecimento acerca da PT do solo, não tem tanta relevância quando comparada ao conhecimento sobre a macro e microporosidade. A MO do solo apresenta papel fundamental na manutenção das boas condições físicas e químicas, afetando a aeração, retenção e armazenamento de água, além de ser fonte de nutrientes e contribuir de forma expressiva com a CTC do solo (FIGUEIREDO et al., 2008). Sendo também fonte de N, na qual a maior parte está contido em formas orgânicas (CANTARELLA, 2007). Contudo, a quantidade fornecida é muito variável, necessitando de maiores cuidados no manejo do solo (CORSI et al., 2007).

A compactação é a situação que mais impacta as propriedades físicas do solo, principalmente em ambientes degradados e/ou queimados, tendo como exemplo as pastagens. Conferindo assim um aumento da densidade do solo devido ao rearranjo das partículas e consequente redução da porosidade em função de forças externas que atuam sobre a superfície. No geral, a compactação tem sido avaliada principalmente pela densidade do solo e RP (REICHERT et al., 2010).

Segundo Dias-Filho (2011), cerca de 70 milhões de ha de pastagens cultivadas no território nacional encontram-se degradadas ou em algum grau de degradação. Os ecossistemas de pastagens, normalmente, conferem maiores valores de densidade e menores de porosidade ao solo, principalmente em relação a macroporosidade, quando comparado a outros sistemas agrícolas, especialmente devido ao efeito do pisoteio animal (MOTA et al., 2012). Os estádios de degradação podem ser divididos em dois grandes grupos, pastagens em degradação, caracterizado pelo menor vigor da forragem, diminuição da capacidade suporte da área e início da infestação de plantas daninhas. E pastagens degradadas, que possuem essas características acentuadas em associação com a morte das plantas forrageiras, solo descoberto e algum nível de erosão (Dias-Filho, 2017). A seguir na Tabela 1 a classificação proposta por Dias-Filho quanto aos N.d.s:

**Tabela 1** – Variações na degradação das pastagens

Níveis de degradação do solo	Características	Capacidade de suporte (%)
1 – Leve	Solo descoberto	até 20
2 – Moderado	Nível 1 + plantas daninhas	21 a 50
3 – Forte	Nível 1 + 2 + degradação do solo	51 a 80
4 – Muito forte	Nível 1 + 2 + 3 + degradação biológica	> 80

**Fonte:** Dias-Filho, 2017 adaptado.

A qualidade pode então ser definida como a capacidade do solo funcionar dentro dos limites do ecossistema. Portanto, ser capaz de sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental, promovendo a saúde vegetal e animal (DORAN & ZEISS, 2000).

## 2.2 Porosidade do solo

A porosidade, fração do volume ocupado com solução e ar do solo, é de grande importância aos processos físicos, químicos e biológicos, como infiltração, condutividade, drenagem, retenção de água, difusão de nutrientes, crescimento de microrganismos, raízes e pelos absorventes (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). A curva de retenção da água no solo por ser uma medida indireta da distribuição do tamanho de poros é considerada um parâmetro da qualidade dos solos sendo de grande importância na agricultura para indicar quando e quanto irrigar. Essa pode ser obtida por intermédio da mesa de tensão que confere determinadas tensões as amostras com estrutura indeformada do solo, possibilitando a retirada d'água de seus macro e microporos (REINERT & REICHERT, 2006).

No Brasil a mesa de tensão foi apresentada por Oliveira (1968). Esse método usa uma camada de material poroso conectado a um tubo flexível na forma de “U” cheio de água, que serve como manômetro, indicando a tensão aplicada pela diferença do nível d'água. O material poroso pode ser composto por papel mata borrão, asbestos, esferas de vidro ou formando-se uma camada porosa com camadas de areia fina e/ou silte, de maneira que a capilaridade desse material sustente uma coluna de água de altura variável, exercendo tensão no material poroso.

Segundo Kiehl (1979) a mesa de tensão, constitui-se de uma mesa de madeira com tampo de vidro, tendo um furo central que se comunica com um tubo plástico transparente, e este, por sua vez, estará conectado a um frasco cheio com água (kitassato). O kitassato liga-se

a uma torneira, que fornecerá água à mesa, tendo ainda um tubo por onde sairá o ar, e na sua lateral um tubo de descarga. A altura da coluna de água que exerce a sucção.

A maior deficiência desse método é o limite da tensão aplicada capaz de sustentar a coluna de água sem a entrada de ar. Essa tensão pode ser aplicada por meio de uma coluna de água ou uma bomba reguladora de vácuo, de modo que o solo em contato com o meio poroso perde ou ganha água de acordo com a tensão aplicada, ou seja, se a tensão for maior que o valor inicial da água presente no solo, ocorrerá a perda de água. Quanto a capacidade de água disponível, ou seja, reserva de água no solo esta é definida pela diferença entre Capacidade de campo ( $C_c$ ), capacidade máxima do solo em reter água ( $\text{dm}^3/\text{dm}^3$ ) e Ponto de murcha permanente (Pmp) que é o teor de umidade no qual a planta não consegue mais retirar água do solo ( $\text{dm}^3/\text{dm}^3$ ). A avaliação da  $C_c$  é feita por meio de sucção (tensão) de 0,03 a 0,05 MPa em solos argilosos e de 0,006 a 0,01 Mpa em solos arenosos. Já a avaliação do Pmp é feita por meio de sucção (tensão) de 0,5 a 1,5 Mpa (KLUTE, 1986). Obs: 1 Mpa = 10 atm.

Ainda conforme Oliveira, 1968, devido a frequente necessidade de drenagem da água em amostras de solo, normalmente a uma tensão próxima à  $C_c$  vários pesquisadores aderiram à utilização de mesas de tensão. A determinação da retenção de água em baixas tensões até 100 hPa (hecto Pascal, onde, 1 hPa equivale a 100 Pa) torna-se imprescindível para diferenciação entre os poros capilares (microporos) e não capilares (macroporos), bem como, no estudo da retenção da água no solo. O equilíbrio entre a amostra de solo e a tensão aplicada pode ser determinado pelo processo de pesagem, até que a amostra de solo atinja peso constante, ou o fluxo da água cesse ou torne-se mínimo através da mangueira de descarga (KLUTE, 1986).

### 2.3 Estabilidade dos agregados

Os agregados são partículas primárias de solo aderidas por meio de uma força maior do que aquelas submetidas as unidades vizinhas. Essa junção ocorre por meio de substâncias cimentantes (KEMPER & ROSENAU, 1986) como o húmus, formando agregados muito estáveis, especialmente os agregados menores do que 1 mm. A EA é baseado na sua classificação por tamanho, que caracteriza a sua vulnerabilidade de ser movido pela água e vento, processos erosivos e também determina as dimensões do espaço poroso do solo (FERREIRA, 2016). Além disso é um indicador da estrutura do solo (SIX et al., 2000) que pode ser influenciado por outras propriedades como CO do solo, teor de argila e CTC. Dessa forma, o uso do solo possui grande interferência na estabilidade de agregados, influenciando assim na produtividade agrícola e erosão dos solos (BRONIK & LAL, 2004).

Segundo Oades, 1978 as raízes das plantas estimulam a agregação do solo em razão da população microbiana presente na rizosfera que libera resíduos orgânicos (exsudatos). Que provavelmente são os agentes efetivos na estabilização de agregados (OADES, 1984). E conforme Otto, em solos bem estruturados a presença de agregados grandes e estáveis, os macroagregados, condiciona a ocorrência de poros grandes, pelos quais a água e o ar podem se mover livremente e as raízes de plantas encontram caminhos fáceis para crescer. Em oposição ao conceito de solo bem estruturado, solos de estrutura massiva (adensados ou compactados) apresentam poucos ou raros macroporos, sendo por isso que o movimento de água e ar e o crescimento de raízes são praticamente inexistentes.

A formação e a estabilização dos agregados do solo que é a resistência do solo à desagregação frente a atuação de uma ou mais forças externas ocorrem simultaneamente na atuação de processos físicos, químicos e biológicos. Esses processos atuam por mecanismos próprios, ao qual estão envolvidos por substâncias que agem na agregação e na estabilização como argila, sílica coloidal, compostos orgânicos, metais polivalentes, carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), óxido e hidróxidos de ferro e alumínio ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  e  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) (SILVA & MIELNICZUK, 1997).

Segundo Beutler et al. (2001) a degradação do solo deve-se ao excessivo revolvimento da camada superficial pela utilização de sistemas de preparo convencional, como o uso de grades aradoras e arados de discos. Tais sistemas de manejo, em geral, resultam na formação de camadas compactadas, levando ao aumento das perdas de solo, água e nutrientes e à redução da produtividade das culturas. Kluthcouski et al. (2000) reafirma que a desestruturação do solo é provocada pelo intenso revolvimento, compactação e a redução nos teores de MO desencadeando a degradação dos solos agrícolas. O estado de agregação do solo apresenta estreita relação com o cultivo e o manejo dos restos culturais. Logo a movimentação do solo e o tráfego de máquinas e implementos agrícolas contribuem para promover modificações no tamanho dos agregados do solo, resultando em aumento da densidade, redução da porosidade total e aumento na proporção de poros pequenos em relação aos grandes, uma vez que os poros grandes são altamente afetados pelo manejo do solo (CINTRA, 1980; SILVA, 1980).

O método padrão de (YOODER, 1936) separa da amostra agregados grandes ( $> 4 \text{ mm}$ ) e pequenos ( $< 2 \text{ mm}$ ), os quais podem ser fundamentais na estruturação do solo e no desempenho de suas funções. A estrutura do solo diz respeito a forma como as suas partículas estão arrançadas, definindo o espaço poroso e a distribuição desses poros por tamanho (FERREIRA, 2016). Solos bem estruturados são aqueles que apresentam melhores condições



de desenvolvimento para as plantas, conferindo boa infiltração e retenção de água, aeração apropriada, bom desenvolvimento radicular (DEXTER, 2004) e maior resistência aos processos erosivos (FERREIRA, 2016). Ou seja, nesse contexto, solos que apresentam adequada densidade, porosidade, RP e EA (FERREIRA, 2016; REICHERT et al., 2007).

Nas pastagens os maiores valores de DMG e DMP dos agregados tornam o sistema mais resistente à desagregação do solo (Prado et al., 2014). Além disso, a EA diminuiu com o aumento da profundidade (Souza et al., 2005), em função do maior teor de MO na camada superficial, proveniente do sistema radicular das plantas (Prado et al., 2014), associado à maior densidade e maior conteúdo de argila do solo nesse perfil.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo geral**

Por intermédio da caracterização dos atributos físicos do solo avaliar a sua qualidade mediante o sistema de pastagem sob as condições de PQ e OS em diferentes N.d.s.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Analisar a macro e microporosidade, bem como, a PT em área de PQ e OS sob diferentes N.d.s;
- Avaliar a EA do solo em área de PQ e OS sob diferentes N.d.s.

### **4 Metodologia**

#### **Os experimentos**

Os experimentos foram realizados em áreas de pastagens com diferentes N.d.s e submetidas, ou não, a queimadas, conduzidos na Universidade Federal de Viçosa *Campus* Florestal, região central de Minas Gerais, Brasil, nas coordenadas geográficas SAD69 (Lat. 19°52'40"S; Long. 44°25'15"W), altitude de 748,76 m, precipitação anual média de 1434 mm e temperatura anual média de 21,81°C (INMET, 2017). O solo da área é caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo. O clima predominante da região é do tipo AW - Tropical com estação seca de inverno pela classificação de *Köppen-Geiger* (Brasil, 1992). Os dados secundários de clima foram obtidos pela estação meteorológica da região de Florestal – MG,

monitorado pela Agência Nacional das Águas – ANA e reconhecida oficialmente pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, registrada com número sinóptico 83581. A menor temperatura média registrada foi de 6,48 °C no mês de julho de 1988. A máxima temperatura média registrada foi em janeiro de 2015, com 34,56°C. A média de temperatura invernal é de 14,37°C e de verão 29,25°C.

As áreas experimentais possuem 2500 m<sup>2</sup> (50 x 50 m) cada formadas a mais de 20 anos com *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Após a formação das áreas não foram feitas intervenções e entre os anos de 2012 e 2017 as pastagens foram submetidas à altas taxa de lotação, indicada pela capacidade de suporte (cb) do solo que era de 2 cb/ha. No ano de 2018 as áreas foram expostas a taxas mais baixas, 1 cb/ha, visando a recuperação da sua capacidade produtiva. Todas as áreas foram tratadas da mesma maneira desde a formação em relação ao manejo do pastejo. Quanto as áreas queimadas essas tiveram como características fogo de baixa intensidade, devido ao tipo de material. Além disso, as queimadas ocorreram no mês de agosto e setembro nos anos de 2016 e 2017.

As análises por sua vez foram realizadas no laboratório de Solos 2, na Universidade Federal de Viçosa, Campus Florestal, MG. No período de julho a agosto de 2019. Abaixo as imagens de satélite da localização do laboratório:



**Figura 2.** Laboratório de Solos, UFV Campus Florestal-MG.

#### 4.1 Determinação da porosidade do solo

A macro e microporosidade juntamente com a PT do solo, foram avaliadas sob áreas de pastagem, sendo respectivamente, PQ e PS na qual foram coletadas 48 amostras, em oito subáreas diferentes com quatro níveis de degradação, sendo, 1 leve, 2 moderado, 3 forte e 4 muito forte. Cada área apresenta seis amostras representativas, sendo três amostras da

profundidade de 0 a 10 cm e as demais de 10 a 20 cm. As amostras indeformadas foram coletadas por anéis volumétricos, cujo volume é de 74,81 mililitro (ml). Quanto ao processo de amostragem do solo esse foi realizado conforme os dados descritos na Tabela 2 abaixo:

**Tabela 2.** Classificação das áreas experimentais quanto ao estágio de degradação e ocorrência de fogo.

Estádios de Degradação	Pastagem sob queimada	Área
1	Não	4
2	Não	3
3	Não	1
4	Não	2
1	Sim	7
2	Sim	5
3	Sim	6
4	Sim	8

Após serem extraídas e identificadas as amostras foram encaminhadas para o laboratório de solos onde procedeu-se com a retirada do solo em excesso nos anéis, ficando apenas o centro do anel preenchido com solo. Depois na sua base foram colocados pedaços de TNT a qual foram presos ao anel por meio de elástico. Em seguida as amostras foram saturadas com água contida em vasilhas de plástico, de forma que a água ocupasse  $\frac{2}{3}$  do anel, conforme representado nas Figuras 3 e 4 abaixo.



**Figura 3** – Amostra com base vedada por TNT.



**Figura 4** – Amostras sob saturação.

Após 21 horas sob saturação as amostras foram pesadas obtendo-se assim o P1 e colocadas sobre a bandeja de vidro da mesa de tensão. A qual ajustou-se a altura da coluna de água abaixo da mesa para 60 cm para se obter uma tensão de 0,006 MPa. Essa provoca a drenagem da água retida nos poros do solo, através de sucção provocada pelo vácuo formado na mesa de tensão. A cessão do fluxo de água da bandeja por meio da mangueira em U para o kitassato, que é a mangueira alimentadora do sistema, até a mangueira que libera o excedente

drenado ocorreu em torno de uma hora e meia a cinco horas, essa variação do tempo ocorreu em função da formação de muitas bolhas no sistema impedindo o fluxo d'água. Dessa forma, ao observar o término do gotejamento na mangueira de descarte foi adicionado mais uma lâmina de água sobre a bandeja contendo as amostras, de forma a ocupar a metade da circunferência do anel. E depois as amostras ficaram por mais horas na mesa de tensão até cessar novamente o fluxo d'água completando ao todo aproximadamente 17 horas. As Figuras 5, 6 e 7 a seguir ilustram o que foi dito anteriormente.



**Figura 5** – Amostras sob mesa de tensão. **Figura 6 e 7** – Mesa de tensão montada.

Vale salientar que foram colocadas de cada vez 12 amostras, ou seja, utilizou-se da mesa de tensão quatro vezes. Depois de submetidas a tensão as amostras foram pesadas e colocadas novamente sobre a mesa a qual aguardaram por mais trinta minutos (min), depois foram pesadas novamente. Esse processo continuou até as amostras não demonstrarem variação no peso, ou seja, o peso não variar em mais de 0,1 gramas. Assim obtendo-se os pesos das amostras sob tensão, logo, P2. A Figura 8 adiante ilustra a pesagem de uma amostra qualquer.



**Figura 8** – Amostra sendo pesada em balança.

O próximo passo foi a secagem das amostras em estufa. É indicado que seja em torno de 105°C à 110°C por período de 24 a 48 horas ou até se estabilizar o peso indicando não apresentando mais teor de água nas amostras. Neste caso a estufa foi ligada por volta de 150°C à 170°C por um período de 12 horas, depois as amostras foram pesadas e colocadas novamente em estufa por mais uma hora e pesadas novamente. Caso não apresentassem variação no peso este era anotado, obtendo o P3, mas caso contrário, continuava a submetê-las ao aquecimento

até obter constância no peso. Em seguida as Figuras 9, 10 e 11 representam as amostras secas em estufa.



**Figura 9, 10 e 11** – Amostras sob aquecimento em estufa.

Tendo os três valores das amostras, saturada, sob tensão e seca em estufa basta inseri-las nas seguintes equações, 1, 2 e 3 para obtenção da PT, micro e macroporosidade:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| 1) POROSIDADE TOTAL: | $PT (\%) = \text{Micro} + \text{Macro}$    |
| 2) MICROPOROSIDADE:  | $\text{Micro} (\%) = (P2 - P3) * 100 / Vt$ |
| 3) MACROPOROSIDADE:  | $\text{Macro} (\%) = (P1 - P2) * 100 / Vt$ |

Onde, P1 é o peso da amostra saturada, P2 peso da amostra sob tensão, P3 peso da amostra seca em estufa e Vt o volume do cilindro (EMBRAPA, 2012).

#### 4.1.1 Análises estatísticas

O experimento foi realizado em DIC com esquema fatorial, sendo quatro níveis de degradação, nível 1, 2, 3 e 4 submetidos a queimada ou não, com três repetições. A análise de variância (Anova) foi realizada para os atributos físicos do solo, e quando pertinente, as médias foram submetidas ao teste de Tukey a nível de significância de 5%.

#### 4.2 Determinação da EA

As coletas para análise de agregados foram feitas de forma aleatória, sendo coletadas 48 amostras de torrões com mais de 10 mm, por meio de auxílio do equipamento enxadão. Foram excluídos 5 m das laterais, como bordadura. Após serem armazenados separadamente e devidamente identificados seguiram para o laboratório de solos da UFV-CAF. As amostras



de solo, após serem coletadas no campo, são mantidas à sombra até a terra atingir o ponto de friabilidade, sendo cuidadosamente destorroadas manualmente. A seguir a Figura 12 representando algumas amostras coletas, identificadas e levadas para o laboratório.



**Figura 12** – Amostras coletadas.

Dessa forma, o volume total das amostras, foram fracionados em sub amostras de aproximadamente 25 gramas (g) de solo, para posteriormente serem submetidas ao teste de estabilidade. Primeiramente as amostras foram passadas pela peneira de 9,52 mm de abertura de malha, onde exclui-se da amostra os fragmentos de plantas, outros resíduos não componentes do solo, pedras e cascalhos retidos. Em seguida cada amostra que passou pela peneira de 9,52 mm, foram submetidas ao peneiramento na peneira de 4,75 mm e desse material retido sobre a malha dessa peneira, foi retirado uma amostra representativa de 25 g. Conforme representado nas Figura 13, 14 e 15 abaixo.



**Figuras 13, 14 e 15** – Amostras de aproximadamente 25 g.

Em seguida as amostras foram secas ao ar de um dia para o outro e posteriormente os agregados foram separados em classes de tamanho pela dispersão e peneiramento em meio úmido pelo conjunto de peneiras com aberturas de 2,00 mm; 1,00 mm; 0,50 mm e 0,25 mm, que se encontram dentro de um balde e acopladas a um agitador com oscilação vertical, todo o conjunto é denominado de aparelho de Yoder, 1936. Em cada balde é colocado volume de água suficiente para encobrir a amostra de solo depositada na peneira de 2,0 mm quando na posição mais elevada do curso de oscilação. As amostras são agitadas neste conjunto durante 15 min, a 42 oscilações por min. A seguir as Figuras 16 e 17 que ilustram respectivamente o equipamento e o conjunto de peneiras.



**Figura 16** – Aparelho de Yoder.



**Figura 17** - conjunto de peneiras.

Além da separação das amostras para serem submetidas ao aparelho de Yoder visando quantificar a EA, foram separadas amostras de pesos aleatórios que foram levadas à estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  por 24 horas com o propósito da obtenção da umidade e a partir desta o peso seco do solo das amostras que foram submetidas ao conjunto de peneiras no aparelho de Yoder sendo possível determinar as perdas das amostras nesse processo.

Após submetidos ao aparelho de Yoder os agregados retidos em cada malha do conjunto de peneiras foram transferidos para recipientes metálicos, identificados e conduzidos à estufa de secagem a  $105^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas. A quantificação do conteúdo retido em cada peneira permitiu a determinação da porcentagem de agregados por classes de diâmetros associadas às aberturas das malhas. Conforme as Figuras 18 e 19 a seguir:



**Figura 18** – Amostras sendo pesadas após secas em estufa.



**Figura 19** – Amostras retidas nas cinco peneiras.

Depois foram calculados os índices de DMP e DMG. O DMP é uma estimativa da quantidade relativa de solo em cada classe de agregados e é expresso em mm. Este índice é diretamente proporcional à porcentagem dos maiores agregados. E é calculado pela equação 4 abaixo:

Equação 4:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (xi * wi)$$

Onde, xi é o diâmetro médio das classes e wi a proporção de cada classe em relação ao total.

Já o DMG mostra o tamanho mais frequente dos agregados, também é expresso em mm. E é calculado pela equação 5 abaixo:

Equação 5:

$$DMG = \exp \left[ \sum_{i=1}^n wi \log xi / \sum_{i=1}^n wi \right]$$

Onde, wi é igual ao peso de agregados (g) dentro de uma classe de agregados de diâmetro médio xi.

#### 4.3.1 Análise estatística

Os cálculos para DMP e DMG foram realizados com o auxílio de planilha pronta no Software Excel, e em seguida, os resultados foram submetidos a análise estatística por DIC em sistema fatorial, no software R, utilizando o teste Tukey a um nível de significância de 5% e os resultados serão agrupados a fim de avaliar se existe ou não diferença entre a PQ e PS em função dos N.d.s com relação a EA.

## 5 Resultados

### 5.1 Porosidade do solo

O Quadro 1 abaixo apresenta os resultados dos testes realizados com as amostras do solo para obtenção da macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e PT. Onde N.d.s indica os níveis de degradação do solo já descritos na Tabela 1 anteriormente, A é a área de coleta das amostras, P a profundidade do solo e P1, P2 e P3.



**Quadro 1** – Resultados dos testes de porosidade do solo

<b>N.d.s</b>	<b>A</b>	<b>P (cm)</b>	<b>P1 (g)</b>	<b>P2 (g)</b>	<b>P3 (g)</b>	<b>PT (%)</b>	<b>Micro (%)</b>	<b>Macro ( %)</b>
3	1	0-10	173,38	160,96	135,68	50,39	33,79	16,60
3	1	10-20	185,84	177,39	146,3	52,85	41,56	11,30
3	1	0-10	190,38	186,18	154,32	48,20	42,59	5,61
3	1	10-20	191,15	185,04	153,02	50,97	42,80	8,17
3	1	0-10	184,76	175,2	145,49	52,49	39,71	12,78
3	2	10-20	203,73	200,78	168,02	47,73	43,79	3,94
4	2	0-10	173,72	162,37	135,82	50,66	35,49	15,17
4	2	10-20	169,43	148,54	122,49	62,75	34,82	27,92
4	2	0-10	205,66	199,36	165,53	53,64	45,22	8,42
4	2	10-20	172,27	153,75	127,06	60,43	35,68	24,76
4	2	0-10	179,41	168,9	136,26	57,68	43,63	14,05
4	3	10-20	184,04	179,13	146,98	49,54	42,98	6,56
2	3	0-10	175,43	166,12	131,98	58,08	45,64	12,44
2	3	10-20	177,11	170,5	135,46	55,67	46,84	8,84
2	3	0-10	169,33	155,59	122,81	62,18	43,82	18,37
2	3	10-20	173,25	161,19	130,35	57,35	41,22	16,12
2	3	0-10	167,25	158,92	126,27	54,78	43,64	11,13
2	4	10-20	173,7	164,57	132,61	54,93	42,72	12,20
1	4	0-10	193,26	188,08	152,28	54,78	47,85	6,92
1	4	10-20	172,35	162,97	128,26	58,94	46,40	12,54
1	4	0-10	171,6	161,76	127,4	59,08	45,93	13,15
1	4	10-20	169,98	160,28	126,56	58,04	45,07	12,97
1	4	0-10	180,77	173,33	137,91	57,29	47,35	9,95
1	5	10-20	174,22	164,88	130,8	58,04	45,56	12,48
2	5	0-10	171,41	163,13	125,14	61,85	50,78	11,07
2	5	10-20	169,39	161,76	126	58,00	47,80	10,20
2	5	0-10	164,91	157,67	118,8	61,64	51,96	9,68
2	5	10-20	166,3	160,81	125,73	54,23	46,89	7,34
2	6	0-10	190,73	187,16	153,22	50,14	45,37	4,77
2	6	10-20	167,77	154,96	126,65	54,97	37,84	17,12
3	6	0-10	177,54	164,42	134,72	57,24	39,70	17,54
3	6	10-20	166,63	153,58	125,65	54,78	37,33	17,44
3	6	0-10	174,17	157,04	127,98	77,73	54,83	22,90
3	6	10-20	190,07	184,66	149,98	53,59	46,36	7,23
3	7	0-10	159,4	153,56	117,77	55,65	47,84	7,81
3	7	10-20	182,82	168,1	133,01	66,58	46,91	19,68
1	7	0-10	170,94	158,4	121,97	65,46	48,70	16,76
1	7	10-20	175,69	167,01	130,51	60,39	48,79	11,60
1	7	0-10	158,74	143,88	113,61	60,33	40,46	19,86
1	7	10-20	172,31	162,65	125,28	62,87	49,95	12,91
1	8	0-10	162,52	153,31	118,18	59,27	46,96	12,31
1	8	10-20	171,22	162,97	127,19	58,86	47,83	11,03

4	8	0-10	179,94	172,9	142,81	49,63	40,22	9,41
4	8	10-20	176,09	168,72	138,87	49,75	39,90	9,85
4	8	0-10	182,15	174,14	143,02	52,31	41,60	10,71
4	8	10-20	186,05	180,51	147,92	50,97	43,56	7,41
4	8	0-10	184,26	176,46	144,51	53,13	42,71	10,43
4	8	10-20	187,94	180,9	146,96	54,78	45,37	9,41

Mediante os resultados é possível observar que a PT da grande maioria das amostras é acima de 50%, como o ideal é em torno de 50% a porosidade do solo é considerada de boa a alta. Quanto a Micro essa apresentou-se alta com média de 44% sendo acima do ideal que é de 33,5% e a Macro 12,43% em média, sendo menor do que a ideal que é em torno de 16,5%. A maior percentagem de microporos com relação a microporos pode conferir ao solo dificuldades como a infiltração d'água ao longo de seus perfis e menor desenvolvimento das raízes.

#### 5.1.1 Micro, Macro e PT

As médias de micro, macro e PT das amostras em função dos N.d.s na profundidade de 0-10 cm não apresentaram diferença significativa estatisticamente. Indicando que independentemente dos níveis de degradação (1, 2, 3 e 4) essas propriedades físicas do solo não apresentaram diferenças relevantes quanto a sua percentagem de ocorrência. Quanto a profundidade de 10-20 cm as médias de Macro e PT das amostras de solo também não apresentaram diferença significativa quanto ao N.d.s. No entanto, as médias de Micro apresentaram diferença significativa estatisticamente, com relação ao N.d.s 1 e 4 indicando que com o aumento abrupto do N.d.s a percentagem de Micro do solo diminui de forma representativa. Conforme os resultados descritos da Tabela 3 abaixo:

**Tabela 3** – Micro, Macro e PT em função do N.d.s

Micro, Macro e PT				
Profundidade	N.d.s	Médias (Micro)	Médias (Macro)	Médias (PT)
0-10 (cm)	1	46,20 a	13,16 a	59,36 a
	2	46,86 a	11,24 a	58,11 a
	3	43,07 a	13,87 a	56,95 a
	4	41,47 a	11,36 a	52,84 a
	1	47,27 a	12,25 a	59,52 a

10-20 (cm)	2	43,88 ab	11,96 a	55,85 a
	3	43,12 ab	11,28 a	54,41 a
	4	40,38 b	14,31 a	54,70 a

---

Já com relação a Macro, Micro e PT na profundidade de 0-10 cm e 10-20 cm em função da área de PQ e PS observou-se que em ambas, as médias foram não significativas estatisticamente, indicando que todas as áreas apresentam médias muito próximas, sendo consideradas iguais. Isso pode ser observado, na Tabela 4 a seguir:

Micro, Macro e PT				
Profundidade	Área	Médias (Micro)	Médias (Macro)	Médias (PT)
0 – 10 cm	1	45,92 a	12,76 a	58,69 a
	2	42,88 a	12,04 a	54,93 a
10 – 20 cm	1	44,87 a	11,76 a	56,64 a
	2	42,44 a	13,14 a	55,62 a

---

**Tabela 4** Micro, Macro e PT em função da área sob queimada (1) e ausente de queimada (2)

## 6 Discussão

### 6.1 Porosidade do solo

O ato da queima da pastagem pode gerar perdas dos nutrientes do solo, sendo que o mesmo fica desprotegido, logo, mais susceptível a erosão pela ação principalmente do impacto direto no solo das gotas da chuva. Gerando redução na porosidade do solo e na infiltração da água (REDIN, 2011). Na análise em estudo não foi verificado influência da ação da queimada quanto porosidade do solo, sendo que Macro, Micro e PT mantiveram-se iguais estatisticamente nas áreas sob queimada e ausência de queimada. Isso pode ser explicado pelo grau da queimada na área, pelo relevo do local e o clima atuante. Diversos estudos indicam que há aumento no escoamento superficial nos dois primeiros anos após a queima, mas a intensidade do processo erosivo irá depender do grau de severidade do fogo e das características e distribuição da precipitação no local (CAMPO, et al., 2006). Dessa forma a

perda de solo gerada após a queimada da pastagem dependerá da intensidade do fogo que no caso foi de baixa intensidade em determinada parte da propriedade, no entanto, no período seco a queimada sobre o local sempre ocorre.

Segundo Ribon & Tavares Filho, 2008 a maior causa da degradação dos solos sob pastagem é a compactação do solo devido ao tráfego dos animais e maquinários para preparo do solo. A compactação, além de ser um impedimento mecânico ao crescimento radicular, afeta os processos de aeração, condutividade do ar, da água e do calor, infiltração e redistribuição da água, além dos processos químicos e biológicos (ROQUE et al. 2003). Dessa forma, esperava-se que com o aumento do N.d.s menores seriam os valores da porosidade do solo obtidos, ou seja, valores estatisticamente significativos. No entanto, isso não ocorreu na grande maioria das amostras sendo perceptível somente nas amostras de Micro coletadas na área com profundidade de 10 a 20 cm cujos níveis de degradação foram de 1 e 4. Logo, apresentaram p-valor menor do que  $\alpha$ . E os níveis de 2 e 3 não apresentaram diferença significativa entre si e nem se comparados aos níveis 1 e 4. Isso pode ser explicado pela intensa passagem do maquinário agrícola em certo ponto e com profundidade fixa no caso de 10 a 20cm.

## 6.2 Estabilidade dos agregados

Os solos com agregados estáveis de maior tamanho são considerados solos estruturalmente melhores e mais resistentes ao processo erosivo, pois a agregação facilita a aeração do solo, as trocas gasosas e a infiltração de água, em função do aumento da macroporosidade entre os agregados, além de garantirem a microporosidade e a retenção de água dentro dos agregados. Os agregados estáveis também aumentam a capacidade de o solo receber carga sem sofrer deformações plásticas irreversíveis, ou seja, aumentam a pressão de preconsolidação do solo (LETEY, 1985).

A estabilidade de agregados será determinada pela metodologia do tamisamento úmido, proposta por Kemper & Rosenau (1986) e descrita pela Embrapa (2012). Esta metodologia tem por objetivo determinar a quantidade e a distribuição do tamanho de agregados estáveis em água. Esse método caracteriza-se pela agitação lenta, dentro de água, de uma amostra do solo, por tempo determinado. As frações das amostras que permanecem em uma ou várias classes de tamanho são usadas para descrever a condição estrutural da amostra inicial do solo

(Dufranc *et al.*, 2004). Espera-se, que solos com boa condição estrutural são aqueles que os agregados permanecem mais intactos ao final do peneiramento, pois são os que apresentam uma maior coesão das partículas.

Segundo Bronick e Lal (2004), a agregação do solo pode ser significativamente modificada através de práticas de manejo e alterações no meio ambiente, assim, práticas que diminuem a perturbação do solo aumentam a agregação e o desenvolvimento estrutural. O DMP, ou a presença de agregados grandes, pode refletir a resistência do solo à erosão. Valores elevados de DMG indicam solos com agregados estáveis, porém, pode ser resultado de compactação, configurando agregados de baixa qualidade (LUCIANO *et al.*, 2010).

## **7 Análise Estatística**

O experimento foi conduzido através do delineamento experimental inteiramente casualizados (DIC), divididos em dois fatores; áreas e profundidades, sendo consideradas cinco áreas amostradas e três profundidades diferentes com três repetições em locais distintos dispostos em formato triangular de forma que represente a área da parcela amostrada. Cada sistema de manejo obterá nove amostras, totalizando 45 amostras. Os resultados serão submetidos ao teste Scott & Knott com nível de confiança a 95% ( $\alpha = 0,05$ ), pelo Software R e pacote ExpDes (Scott & Knott, 1974).

As áreas serão agrupadas em um dendograma de similaridade através de uma análise multivariada (análise de cluster) dos valores médios obtidos pelos parâmetros físicos e químicos estudados. Esta análise será realizada pelo método de *Ward* com distância euclidiana (Melloni *et al.*, 2008) utilizando o software estatístico XLSTAT versão 2017.3.

## **8 Conclusões**

A porosidade do solo é essencial para que as raízes possam ter acesso a água, nutrientes e O<sub>2</sub> para se desenvolver ao longo dos perfis do solo. Neste estudo o processo de queimada na pastagem não influenciou na porosidade do solo, sendo insignificante a curto prazo para a sua qualidade. No entanto, não se pode afirmar que a longo prazo esse cenário se manterá viável. Quanto aos níveis de degradação esses não foram desencadeadores da menor qualidade do

solo quanto a porosidade, com exceção para as amostras de solo coletadas na profundidade de 10 a 20 cm referentes a Micro em função dos N.d.s 1 e 4, ao qual demonstraram diferença significativa desse atributo em função do maior N.d.s. A utilização de maquinário para preparo do terreno e alta taxa de lotação bovina à qual a área foi anteriormente submetida levou a compactação localizada da camada de 10 a 20 cm do solo. Como o solo foi preparado a mais de 20 anos a taxa de pisoteio animal é o indicativo mais provável da compactação do solo, **sendo que o pastoreio na área é constante**. No entanto, a camada de 0 a 10 cm também apresentava compactação, mas a sua recuperação foi possível graças a presença da cobertura vegetal que cobre o solo, no caso, a brachiária que confere MO que culmina na maior CTC do solo, menor erodibilidade da área pela disposição das raízes que apresentam sistema fasciculado que por consequência melhora a porosidade assim como a agregação do solo. Justifica-se o trabalho pela importância na compreensão da funcionalidade do solo em diferentes condições de uso, contribuindo para diagnosticar as condições ambientais da área e auxiliar o produtor rural a manter um sistema mais sustentável, visto os diversos papéis ecológicos que o solo possui.

## 9 Referências bibliográficas

ALVARENGA, C. C.; MELLO, C. R.; MELLO, J. M.; SILVA, A. M.; CURI, N. Índice de Qualidade do Solo Associado à Recarga de Água Subterrânea (IQSRA) na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 1608-1619, 2012.

ARAÚJO, A. R. Solos da Bacia do Alto Rio Grande (MG): base para estudos hidrológicos e aptidão agrícola. 2007. 332p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ARAÚJO, A. S. F. & MONTEIRO, R. T. R. (2007). *INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO*. v. 23, 66–75.

ARAÚJO, A.S.F; MONTEIRO, R.T.R.; Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, jul./set. 2007

ASSIS, R. L. De, & LANÇAS, K. P. (2005). AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM NITOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO, PREPARO CONVENCIONAL E MATA NATIVA. *R. Bras. Ci. Solo*, (2), p. 515–522.

BARROS, L.S.; VALE JUNIOR, J.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MOURÃO JUNIOR, M. Perdas de solo e água em plantio de *Acacia mangium wild* e savana em Roraima, norte da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 447-454, 2009.

BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981–1990. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 29, p.1453-1458, 1994.

BEUTLER, A. N. et al. (2001). AGREGAÇÃO DE LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TÍPICO RELACIONADA COM O MANEJO NA REGIÃO DOS CERRADOS NO ESTADO DE MINAS GERAIS. *R. Bras. Ci. Solo*, p. 129–136.

BRONIK, C. J., & LAL, R. (2004). Soil structure and management: a review. *Geoderma*.

CAMPO, J et al. (2006). Occurrence of soil erosion after repeated experimental fires in a Mediterranean environment. *Geomorphology*, v. 82 (3–4), p. 376–387. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.05.014>

CÂNDIDO, B. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F.; MINCATO, R.L.FERREIRA, M.M.; Métodos de indexação de indicadores na avaliação da qualidade do solo em relação à erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n.2, p. 589-597, 2015.

CANTARELLA, H. (2007). Nitrogênio. In R. F. Novais, V. H. Alvarez V., N. F. Barros, R. L. F. Fontes, R. B. Cantarutti, & Neves, J. C. L. (Eds.), *Fertilidade do Solo* (1ª, pp. 375–470). Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M.L.N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, p. 632/6-638, 2012.

CASALI, A. C. Qualidade da Água para Consumo Humano Ofertada em Escolas e Comunidades Rurais da Região Central do Rio Grande do Sul. 2001. 173f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

CASTRO, N. A. E.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CARVAHO, G. J.; MARQUES, R. M.; GONTIJO, G. F. Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. *Bioscience Journal*, v. 27, p. 775-785, 2011.

CEC.Commission of the European Communities. 2006. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council, establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC, Brussels.

CENSO, 2007. IBGE. Disponível em: <https://censo2007.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 de ag. de 2019.

CHEROBIN, S. F. (2012). Estimativa De Erosão E Sua Relação Com Os Diferentes Mecanismos Erosivos Atuantes: Estudo Da Voçoroca Vila Alegre. *UFOP*, p.14–109.

CERDÀ, A.; BRAZIER, R.E.; NEARING, M.; VENTE, J. Scales in Soil Erosion. *Catena*. v. 102, P. 1-82, 2013

CINTRA, F.L.D. **Caracterização do impedimento mecânico em Latossolos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980. 89p. (Tese de Mestrado).



CORSI, M. et al. (2007). Nitrogênio e Enxofre em Pastagens. In T. Yamada, S. R. S. Abdalla, & G. C. Vitti (Eds.), *Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira* (pp. 487–517). Piracicaba, SP: IPNI - International Plant Nutrition Institute.

DEXTER, A. R. **Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth.** *Geoderma*, v.120, p.201-214, 2004.

DIAS-FILHO, M. B. (2011). *Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação*. (M. B. Dias-Filho, Ed.) (4ª). Belém, PA: MBDF.

DIAS-FILHO, M. B. (2017). Degradação de pastagens o que é e como evitar. *Embrapa*, p. 9–18.

DORAN, J. W., & ZEISS, M. R. (2000). Soil health and sustainability : managing the biotic component of soil quality. *ELSEVIER Applied Soil Ecology*, v. 15, p. 3–11.

FAO. (2015). *Intergovernmental Technical Panel on Soils. Status of the World's Soil Resources*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (1997). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura - EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p.

FERREIRA, M. M. (2016). CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO. In Q. de J. van Lier (Ed.), *Física do Solo* (1st ed., pp. 1–24). Viçosa - Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

FIGUEIREDO, C. C., Ramos, M. L. G., & TOSTES, R. (2008). PROPRIEDADES FÍSICAS E MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB SISTEMAS DE MANEJO E CERRADO NATIVO. *Bioscience Journal*, 24(3), 24–30.

GEIGER, R. (1936). *Classificação climática de Köppen- Geiger*. p. 1–7.

GOMES, Marco Antonio Ferreira & FILIZOLA, Heloisa Ferreira. (2006). INDICADORES FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE DE SOLO DE INTERESSE AGRÍCOLA. *Embrapa Meio Ambiente*.

INMET, 2017. Dados históricos (1987-2017), estação meteorológica de Florestal, número sinóptico 83581. Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Meteorologia. Disponível em < <http://migre.me/waArJ> > Acesso em: 28 set. 2016.

KARLEN, D. L. (1997). Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). *Soil Sci. Soc. Am.J.*, v. 61, p. 4–10.

KEMPER, W. D. & ROSENAU R. C. (1986). Aggregate Stability and Size Distribution'. *Soil Science Society of America*, v. 9, p. 425–442.

KIEHL, E. J. *Manual de edafologia: relações solo planta*. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

KLUTE, Arnold (Editor), CAMPBELL, G. S et al. (1986). (Editorial Committee). METHODS OF SOIL ANALYSIS. American Society of Agronomy, Lnc. *Soil Science Society of America*, Lnc., Second Edi (9).

KLUTHCOUSKI, João. (2000). Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Embrapa Arroz e Feijão*.

LETEY, J. (1985). Relationship between Soil Physical Properties and Crop Production. *Advances in Soil Science*, v. 1.

LUCIANO, R. V. et al. (2010). Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural , num Cambissolo Háplico. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.9(n.1), p. 9–19

EMBRAPA, 2012. *Materiais e métodos*. PUC-Rio-Certificação Digital Nº 1112005/CA, p. 81–101.

MOREIRA, Fátima M. S. & SIQUEIRA, José Oswaldo. (2006). Microbiologia e Bioquímica do Solo. UFLA, p. 1–730.

MOTA, F. O. B. et al. (2012). physical quality of an oxisol under different uses. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 36, 1828–1835.

OLIVEIRA, L. B. (1968). DETERMINAÇÃO DA MACRO E MICROPOROSIDADE PELA. "MESA DE TENSÃO" EM AMOSTRAS DE SOLO COM ESTRUTURA

INDEFORMADA. *Pcsq. Ogropec, Bras.*, p. 197–200.

OTTO, Rafael. (n.d.). *Porosidade do Solo*. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3347796/mod\\_resource/content/1/Aula%207\\_%20Porosidade%20do%20solo.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3347796/mod_resource/content/1/Aula%207_%20Porosidade%20do%20solo.pdf). Acesso em: 15 de jul. de 2019.

PERUSI, Maria Cristina. (2005). DISCRIMINAÇÃO DE ARGISSOLOS E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE AGREGADOS POR VIAS SECA E ÚMIDA EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO.

PRADO, E.A.F et al. (2014). Índice de dispersão de agregados de um Latossolo Vermelho distroférrico cultivado com cana sob aplicação de vinhaça. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35(4), p. 2347–2356. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2347>.

REDIN, M. et al. (2011). Impactos Da Queima Sobre Atributos Químicos, Físicos E Biológicos Do Solo Impacts of Burning on Chemical, Physical and Biological Attributes of Soil. *Ciência Florestal*, v. 21(2), p. 381–392. Disponível em: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5902/198050983243>.

REICHERT, J. M. et al. (2007). Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. *Tópicos Ci. Solo*, 5, 49–134.

REICHERT, J. M. et al. (2010). II – Mecânica do Solo. In Q. D. J. Van Lier (Ed.), *Física do Solo* (1st ed., pp. 30–100). Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

REINERT, Dalvan José & REICHERT, José Miguel. (2006). Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e teste. Use of sand column to measure soil water retention – prototypes and test. *Ciência Rural*, v.36, p.1931-1935.

RIBON, A. A., & TAVARES F. J. (2008). Estimativa Da Resistência Mecânica À Penetração De Um Latossolo Vermelho Sob Cultura Perene No Norte Do Estado Do Paraná. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, v. 32(1), p.1817–1825.

ROQUE, C. G. et al. (2003). Comparação de dois penetrômetros na avaliação da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v. 25, p.53–57.

SILVA, I.F. **Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um Latossolo**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980. 76p. (Tese de Mestrado).

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.113-117, 1997.

SIX, J., Elliott, E. ., & PAUSTIAN, K. (2000). Soil structure and soil organic matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 1042-1049.

SOUZA, Z. M. et al. (2005). Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 40(3), p. 271–278.

WILLIAMS, J.R. Sediment-yield prediction with Universal Equation using runoff energy factor. In: Present and prospective technology for predicting sediment yield and sources. Oxford: USDA. ARS-S-40, 1975. p.244-252.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58 p. (Agricultural Handbook, 537)

YODER, R.E. (1936). A DIRECT METHOD OF AGGREGATE ANALYSIS OF SOILS AND A STUDY OF THE PHYSICAL NATURE OF EROSION LOSSES. *American Society of Agronomy*, v. 28.

ZIMMER, A. H et al. (2012). Degradação, recuperação e renovação de pastagens. *Embrapa Gado de Corte*, (November), p. 6–39.

ZHOU, G. Y.; MORRIS, J. D.; YAN, H. H.; YU, Z. Y.; PENG, S. L. Hidrological impacts of reafforestation with eucalypts and indigenous species: a case study in souther China. *Forest Ecological Management*, v. 167, p.209-222, 2002.