

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

EDEVALDO DE CASTRO MONTEIRO

**DEGRADAÇÃO DE SOLOS SOB PASTAGENS NA BACIA DO RIO
ALEGRE-ES: COBERTURA DO SOLO E INDICADORES DE
QUALIDADE**

ALEGRE-ES
2015

EDEVALDO DE CASTRO MONTEIRO

**DEGRADAÇÃO DE SOLOS SOB PASTAGENS NA BACIA DO RIO ALEGRE-
ES: COBERTURA DO SOLO E INDICADORES DE QUALIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, na linha de pesquisa de Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Diego Lang Burak

**ALEGRE-ES
2015**

M775d Monteiro, Edevaldo de Castro, 1991-
Degradação de solos sob pastagens na bacia do rio Alegre-ES : cobertura do solo e indicadores de qualidade.
78 f. : il.

Orientador: Diego Lang Burak.

Coorientador: Renato Ribeiro Passos ; Alexson de Mello Cunha.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Atributos do solo. 2. Análise de componentes principais. 3. Carbono orgânico. 4. Solos – Cobertura vegetal. 5. Solos – Degradação de pastagens. 6. Variabilidade sazonal. I. Burak, Diego Lang. II. Passos, Renato Ribeiro. III. Cunha, Alexson de Mello. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

EDEVALDO DE CASTRO MONTEIRO

**DEGRADAÇÃO DE SOLOS SOB PASTAGENS NA BACIA DO RIO ALEGRES:
COBERTURA DO SOLO E INDICADORES DE QUALIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, na linha de pesquisa Solos e Nutrição de Plantas.

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2015

COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. Dr. Diego Lang Burak
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador



Dr. Alexson de Mello Cunha
Instituto Nacional de Colonização
Reforma Agrária - INCRA - ES
Coorientador



Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Otacílio José Passos Rangel
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Espírito Santo - IFES - Campus
de Alegre

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de realização dos meus estudos;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

Ao professor Dr. Diego Lang Burak, pela orientação, pela confiança, pela atenção e pelos ensinamentos que jamais serão esquecidos, meus agradecimentos e admiração;

Ao professor Dr. Renato Ribeiro Passos e Dr. Alexson de Mello Cunha pela coorientação. E a todos os professores que contribuíram com seus conhecimentos em prol de meu crescimento profissional;

A secretaria do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na pessoa de Madalena Caetana Capucho e Alessandra Moreira de Carvalho pela disponibilidade;

Aos membros examinadores da banca, Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça e Prof. Dr. Otacílio José Passos Rangel pelas sugestões e pelo enriquecimento do trabalho;

Aos amigos do projeto Mateus Moreira Engelhardt, Tamiris Oliveira Rodrigues e Rayana Lemos, agradeço pelo empenho, pela prontidão, pela dedicação;

A todos os amigos que auxiliaram na pesquisa, Danilo Andrade, Lucas Rosa, Anatan, Paulo Roberto, Arêssa, Ariany, Victor Maurício, Camila, Luís, Túlio, Mateus, Liliane, Bárbara, Carlos Eduardo e Mariana. Obrigado pela disponibilidade!

A minha família, em especial meus pais João Batista Monteiro e Maria dos Anjos de Castro Monteiro pela confiança, pelo exemplo de vida, pelo amor e pela educação. Aos irmãos Valdeberto de Castro Monteiro e Josâinia de Castro Monteiro pelo jornada juntos, pelas lutas, pelas escolhas e pelos momentos;

Aos amigos de república: Anatan, Darley Tavares, Jadson e Samuel por fazerem parte dos momentos de muitos estudos e de alegria;

A todos que contribuíram na realização deste trabalho e no meu crescimento pessoal e profissional, muito obrigado!

BIOGRAFIA

Edevaldo de Castro Monteiro, filho de João Batista Monteiro e Maria dos Anjos de Castro Monteiro, nascido em Lajinha, Minas Gerais, em 21 de março de 1991. Aos 18 anos (2009), obteve habilitação profissional de Nível Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES – Campus de Alegre. Aos 19 anos ingressou no curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura, pelo Instituto Federal do Espírito Santo- IFES- Campus de Alegre, na cidade de Alegre-ES. Atuou como estudante de iniciação científica durante o ano 2010/2011 trabalhando com qualidade do solo sobre diferentes sistemas de uso no Sul do Espírito Santo e foi monitor das disciplinas relacionadas à área de ciência do solo no ano de 2011/2012 e aos 21 anos (2012) obteve o título de Tecnólogo em Cafeicultura. No primeiro semestre de 2013, ingressou no Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, atuando na área de Solos e Nutrição de Plantas, sob a orientação do Prof. Dr. Diego Lang Burak, submetendo-se à defesa da dissertação em fevereiro de 2015.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| RESUMO GERAL | v |
| GENERAL ABSTRACT | vii |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 Caracterização das áreas de estudo | 12 |
| 2. OBJETIVOS | 13 |
| 2.1. Objetivos específicos..... | 13 |
| 3. REFERÊNCIAS..... | 14 |
| | |
| CAPÍTULO 1: COBERTURA DO SOLO EM PASTAGENS: RELAÇÃO COM NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS | 17 |
| | |
| Resumo..... | 17 |
| Abstract..... | 18 |
| 1. INTRODUÇÃO | 19 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 20 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 23 |
| 4. CONCLUSÃO | 34 |
| 5. REFERÊNCIAS..... | 34 |
| | |
| CAPÍTULO 2: AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E DA MATÉRIA ORGÂNICA COMO INDICADORES DE PASTAGENS DEGRADADAS | 39 |
| | |
| Resumo..... | 39 |
| Abstract..... | 40 |
| 1. INTRODUÇÃO | 41 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 42 |
| 2.1 Região de estudo..... | 42 |
| 2.2 Coleta e preparo das amostras de solo | 42 |
| 2.3 Atributos químicos do solo..... | 43 |
| 2.4 Atributos físicos de solo | 43 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5 Atributos relacionados à matéria orgânica | 44 |
| 2.6 Análises estatísticas..... | 45 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 45 |
| 4. CONCLUSÃO | 58 |
| 5. REFERÊNCIAS..... | 58 |
| | |
| CONCLUSÃO GERAL | 64 |
| APÊNDICE | 65 |

RESUMO GERAL

MONTEIRO, Edevaldo de Castro. **Degradação de solos sob pastagens na bacia do rio Alegre-ES: cobertura do solo e indicadores de qualidade**. 2015. 84f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Departamento de Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2015.

O manejo inadequado das pastagens tem ocasionado sua degradação que ocorre gradativamente em diferentes etapas. Estas podem estar relacionadas a diferentes níveis de degradação. As pastagens degradadas apresentam naturalmente limitações como: baixa fertilidade, elevada acidez, topografia acidentada, compactação e má drenagem. Monitorar o processo de degradação nas pastagens a partir de indicadores de qualidade do solo torna-se fundamental na avaliação das suas funções no solo. O presente trabalho teve como objetivos: avaliar a cobertura do solo em pastagens e sua relação com os níveis de degradação e variáveis climáticas (Capítulo 1) e avaliar os atributos físicos, químicos e da matéria orgânica como indicadores de qualidade de pastagens degradadas (Capítulo 2) contextualizando a influência de relevo (altitude, declividade e exposição solar) nestes indicadores. No primeiro capítulo, avaliou-se a relação entre os níveis de degradação de pastagens separadas por indicadores visuais e cobertura do solo do solo medidos a campo no período de verão e inverno por meio de análise multivariada de dados. Foi avaliado o percentual de braquiária, o solo exposto, vegetação de espontâneas (folha larga e estreita) e cobertura morta pelo método da corda em 35 áreas com diferentes níveis de degradação visual. A análise discriminante canônica mostrou que espontâneas de folha estreita dificultam a separação visual dos níveis de degradação, que têm melhor relação com a cobertura do solo medida à campo no verão e quando simplifica-se os níveis de degradação. No inverno, a semelhança do solo exposto e cobertura morta reduzem a percepção dos diferentes níveis de degradação, tornando-os menos precisos neste período: o uso de método direto é recomendado o campo nessa situação. O segundo capítulo teve como objetivo selecionar indicadores de qualidade do solo, no período de verão e inverno, e avaliar a relação destes atributos com fatores ambientais e cobertura do solo em pastagens degradadas na bacia do rio Alegre-ES. Amostras deformadas e indeformadas foram coletadas nas profundidades de 0,10 e 0,10-0,20 m, na quais se realizou análises químicas do solo, análise granulométrica, densidade, macro e microporosidade e carbono orgânico total. Na profundidade de 0,10 m foi determinada carbono da biomassa microbiana, respiração

microbiana e matéria orgânica leve. Estatística descritiva, análise de componentes principais e análise discriminante foram realizadas. Os indicadores mais sensíveis e com melhor desempenho na separação dos níveis de degradação de pastagens em diferentes condições de relevo foram o carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana e quociente metabólico no período de inverno na profundidade de 0,0 a 0, 10 m. Este desempenho depende de fatores climáticos e altitude. As bases trocáveis K, Ca e Mg e a fração areia grossa, apresentaram maior potencial como indicadores nos dois períodos avaliados.

Palavras-Chave: Análise multivariada, indicadores de qualidade, *Brachiaria spp.*, variabilidade sazonal, atributos químicos do solo, atributos físicos do solo, matéria orgânica do solo.

GENERAL ABSTRACT

MONTEIRO, Edevaldo de Castro. **Soil degradation of pastures in Alegre basin, Espírito Santo State: soil coverage and quality indicators.**

The inadequate pastures management caused their degradation that can occur gradually in different stages. These stages can be related to different degradation levels. Degraded pastures naturally have limitations such as low fertility, high acidity, hilly topography, compaction and poor drainage. Monitoring the degradation process in pastures from soil quality indicators is fundamental to assess their soil functions. The present work was the following objectives: assess the soil cover in pastures and its relationship to degradation levels and climatic variables (Chapter 1) and evaluate chemical, physical attributes and organic matter as quality indices to degraded pastures (Chapter 2) and understanding the influence of relief (altitude, slope and sun-faces slopes) in these indicators. In the first chapter we evaluate the relationship between degradation levels of pastures separated by visual indicators and soil ground cover measured the field in summer and winter period using multivariate data analysis. We evaluated the percentage of brachiaria, bare soil, weed vegetation (broad and narrow leaf basin) and mulch by linear method in 35 areas with different levels of visual degradation. The canonical discriminant analysis showed that narrow leaf weed make difficult the visual separation of the degradation levels which have better relationship with the land cover measured in the field and in the summer when simplifying at lower levels. In winter, the similarity of bare soil and mulch reduces the perception of the different levels of degradation making them less accurate and in this period: the use of direct method the field is recommended in this situation. The second chapter aimed to select soil quality indicators, in summer and winter period, and evaluate the relationship of these attributes with environmental factors and soil cover on degraded pastures in the basin of the river Alegre-ES. Disturbed and undisturbed samples were collected at 0-0.10 and 0.10-0.20 m depths in which was carry out chemical analysis of soil, grain size analysis, bulk density, macro and microporosity and total organic carbon. In the 0.10 m depth were determined microbial biomass carbon, microbial respiration and light organic matter. Descriptive statistical, Principal Component Analysis and Discriminant analysis were performed. They identified the most sensitive indicators of the degradation levels of pastures in

different conditions of relief, presenting best performing the total organic carbon, microbial biomass carbon and metabolic quotient in winter period at a depth of 0.0 to 0, 10 m. This performance depends on climatic factors and altitude. The exchangeable bases K, Ca and Mg and the coarse sand fraction, have greater potential as quality indicators in summer and winter period.

Key-words: Multivariate analysis, quality assessment, *Brachiaria spp.*, seasonal variability, soil chemical attributes, soil physical attributes, soil organic matter.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária semiextensiva e extensiva em países de clima tropical deve ser mais bem monitorada quanto a sua sustentabilidade, devido a sua maior susceptibilidade ao processo de degradação das pastagens (LAL e PIERCE, 1991). Na região Sul do Estado do Espírito Santo, nas últimas décadas, a conversão de floresta em pastagens de forma rápida foi uma das principais mudanças nos sistemas de uso da terra. A ocupação do solo para o desenvolvimento de atividades agropecuárias no Estado do Espírito Santo ocorreu por meio do desmatamento indiscriminado das áreas, sem o planejamento correto do uso do solo, e sem a utilização de práticas conservacionistas adequadas. Estes fatos têm trazido uma série de consequências econômicas e sociais ao produtor rural, ao setor público e a toda sociedade capixaba. Tais prejuízos resultam da redução da capacidade produtiva do solo, escassez de recursos naturais, assoreamento de cursos d'água, enchentes, irregularidade no fluxo d'água e poluição da água (SEAG, 2008).

Nos dias atuais, a relevância da agropecuária para o desenvolvimento sustentável da microrregião Caparaó, onde está inserido o município de Alegre - ES, pode ser avaliada pela expressão do PIB do setor agrícola da região comparativamente ao Estado. Com efeito, enquanto o setor agropecuário participa com cerca de 8,8% do PIB estadual, na região do Caparaó essa percentagem é de 26%. Por outro lado, a degradação do solo nas áreas agrícolas no Estado do Espírito Santo está relacionada, na sua maior parte, às pastagens cultivadas. Estas correspondem a uma área de 1.320.029,27 hectares, onde 238.943,66 hectares (18%) encontram-se degradadas (BARRETO, 2012). Contudo, na maior parte dessas áreas, as pastagens são mal manejadas e se encontram em condições de relevo acidentado, condição mais propícia à erosão, o que leva a uma baixa produtividade e à degradação da qualidade do solo (SEAG, 2008).

Em regiões de relevo acidentado há aumento de presença das pastagens degradadas, influenciadas erosão e escoamento superficial. Conjuntamente a isso, a implantação incorreta da pastagem, alta taxa de lotação de animais, ausência de correção do solo e manejo inadequado (pastejo excessivo, escolha inadequada da espécie forrageira, falta do controle de pragas, doenças e plantas espontâneas) são as principais causas das pastagens degradadas (SEAG, 2008). A influência do relevo agrava o processo das pastagens que pode estar relacionado de forma mais direta ao manejo.

A degradação de pastagens pode ser interpretada como o processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade e de capacidade de recuperação natural para sustentar economicamente os níveis de produção e de qualidade exigidos pelos animais, além da diminuição da capacidade de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas espontâneas, culminando com a degradação avançada do solo e água (MACEDO, 2000; MACEDO e ZIMMER, 1993).

A compreensão do processo de degradação das pastagens para a predição de suas etapas iniciais, a partir de indicadores torna-se importante para evitar situações de quebra da sustentabilidade da produção. Indicadores facilitam o monitoramento da qualidade do solo detectando tendências de mudanças em um período curto de prazo. Geralmente esses indicadores são determinados por um conjunto de atributos físicos, químicos e biológicos, que representam as diferentes características e propriedades do solo e que influenciam nas suas diversas funções. Cada um destes atributos, por sua vez, pode ou não ter bom desempenho, o que vai influenciar de modo significativo o monitoramento da pastagem na produção agropecuária (PIGNATARO NETTO et al., 2009). Alternativas de recuperação e renovação das pastagens degradadas de forma direta, com métodos mecânicos e químicos ou de forma indireta, com a utilização de culturas de grãos e pastos anuais, já estão disponíveis, mas devem ser adequadas a cada sistema de produção e condições pedoambientais para maximizar as inter-relações biológicas, econômicas e sociais (MACEDO, 1999).

Os indicadores de qualidade de solo são atributos mensuráveis que fornecem indícios sobre a qualidade de solo. Esses indicadores podem ser físicos, químicos ou biológicos, devendo atender os seguintes critérios: a) ser sensível a variação de manejo e clima, para possibilitar intervenções, visando melhorar a qualidade do solo, quando este for o caso; b) ser bem correlacionado com algumas funções destinadas ao solo; c) ser de fácil mensuração e baixo custo; d) ser útil para elucidar processos do ecossistema e, e) ser compreensivo e útil para o agricultor (DORAN e ZEISS, 2000). Além disso, os indicadores são direcionados para a compreensão das principais funções do solo: promover o crescimento das raízes, armazenar e suprir água e nutrientes e promover a atividade biológica e ciclagem de nutrientes (KARLEN et al., 1997; TÓTOLA e CHAER, 2002). Nestes aspectos, os indicadores de qualidade do solo fornecem também indícios sobre o vigor e a produtividade das pastagens.

A identificação dos níveis de degradação das pastagens tem sido realizada a partir de indicadores de qualidade do solo e de indicadores visuais relacionados à cobertura do

solo (SPAIN e GUALDRÓN, 1991; COSTA et al., 2000; CARDOSO et al., 2009; FREITAS et al., 2012). Alterações sobre a cobertura do solo podem estar diretamente ligadas às alterações nos atributos do solo, o que demonstra a potencialidade destes como indicadores de degradação em pastagens (COSTA et al., 2000). Aspectos visuais são amplamente utilizados em estudo de pastagens degradadas apesar de certa subjetividade, podendo variar de técnico para técnico ou até mesmo fiscal ambiental. Diferentemente, a mensuração da cobertura do solo a campo quantificando-se presença de solo exposto ou de plantas espontâneas torna as avaliações da qualidade das pastagens menos subjetivas (COSTA et al., 2000). Nesse sentido, há a necessidade de se definir níveis de degradação das pastagens com base nos indicadores menos subjetivos e caracterizando os melhores com vistas a facilitar a compreensão entre técnicos estabelecer melhores valores limites para cada nível de degradação.

Contudo, a influência do relevo sobre atributos do solo altera indicadores de qualidade no diagnóstico de um manejo inadequado, visto que o relevo pode potencializar a degradação do solo. A posição na paisagem e a declividade do solo criam um padrão complexo de transporte de solutos e sedimentos que atua no desenvolvimento do solo (MARQUES JÚNIOR e LEPSCH, 2000). De fato, os indicadores de qualidade do solo têm forte relação com fatores de formação do solo (relevo, organismos, clima e material de origem). Segundo Norfleet et al., (2003), os estudos de indicadores de qualidade do solo devem considerar a influência de processos pedológicos. Diferentes trabalhos têm demonstrado a influência da variabilidade dos atributos do solo na paisagem, dificultando uma avaliação mais criteriosa da relação entre indicadores de qualidade do solo e distúrbios devido ao manejo (EMMERLING e UDELHOVEN, 2002; LENTZSCH et al., 2005; ZORNOZA et al., 2007). Por isto, a necessidade de avaliar por seguimento da paisagem a fim de estabelecer o efeito do relevo.

A atenuação dessa variabilidade utilizando-se condições pedogenéticas homogêneas tem sido recomendada para desenvolvimento de índices de qualidade do solo (TRASAR-CEPEDA et al., 1998). Portanto, identificar segmentos da paisagem com condições homogêneas quanto à pedogênese e aos atributos do solo (GHIDIN et al., 2006; SOUZA et al. 2004) pode auxiliar na definição de zonas de manejo (SADLER et al., 1998; BOUMA et al., 1999). Entretanto, a utilização ampla desses índices é limitada, tornando-os desvantajosos, como na aplicação em pedoambientes de relevo

mais acidentado, visto que, a elevada variabilidade do solo ocorre desde a escala de bacias hidrográficas até a de topossequências.

1.1 Caracterização da área de estudo

Na região Sul e Caparaó do Estado do Espírito Santo, definidas pelo Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura Capixaba - PEDEAG (SEAG, 2008), está inserida a região estudo. Nesta região realizaram-se estudos na sub-bacia hidrográfica do rio Alegre, localizada no município de Alegre, e inserida na bacia hidrográfica do rio Itapemirim. A sub-bacia possui área total de aproximadamente 20.521 ha, sendo o centro da sub-bacia localizado nas coordenadas 232.977,968 m E e 7.697.067,930 m N, pelo sistema UTM (Sirgas 2000 - zona 24S). Representa, aproximadamente, 26,35% da área total do município de Alegre - ES e 3,41% da bacia hidrográfica do rio Itapemirim (MESQUITA, 2011), apresentando altitude variando de 119,2 e 1.227,43 metros e declividade do relevo variando de plano (< 3% de declividade) a escarpado (>75% de declividade), com predominância de relevo forte ondulado (20 a 45%). A declividade média é de 28% (MESQUITA, 2011). Atualmente a composição das áreas de pastagem da bacia do rio Alegre, ES, é predominantemente de braquiária (*Brachiaria decumbens*). Essa forrageira está presente em grande parte das propriedades rurais (SCOLFORO, 2012). As unidades de mapeamento de solos são compostas principalmente por Latossolos, Cambissolos e em menor percentagem, Argissolos (MESQUITA, 2011).

O clima regional na classificação de Köppen é do tipo Awa, com período chuvoso no verão e seco no inverno (SANTOS et al., 2009). A precipitação acumulada registrada pela estação de Alegre (20,751°S; 41,489°W; 138 m) no período de out/2013 a set/2014 foi de 1.306,8 mm, a média da temperatura mínima foi de 18,8 °C e a média das máximas de 30,8 °C (Figura 1).

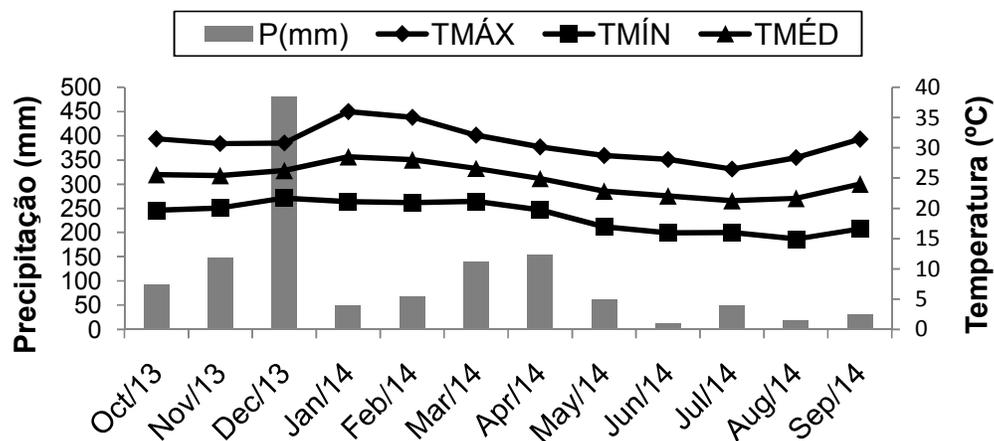


Figura 1. Climograma da região de Alegre-ES.

Fonte: Estação Meteorológica de Alegre-ES (2014).

2. OBJETIVOS

- O objetivo geral é compreender a influência dos atributos do clima e do relevo sob os indicadores de qualidade do solo para melhor identificação dos níveis de degradação das pastagens que apresentam relação com a cobertura vegetal nos períodos de verão e inverno.

2.1. Objetivos específicos

- Relacionar a cobertura do solo com níveis de degradação para melhor discriminação da degradação em pastagens;
- Avaliar a influência das variáveis climáticas sob a cobertura do solo e níveis de degradação em pastagens em duas condições sazonais;
- Avaliar os atributos do solo com melhor desempenho como indicadores de qualidade do solo e sua relação com variáveis climáticas e do relevo em duas condições sazonais.

3. REFERÊNCIAS

BARRETO, P.; SARTORI, M.; DADALTO, G.G. **Levantamento de áreas agrícolas degradadas no Estado do Espírito Santo**. Vitória: Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (CEDAGRO), 2012.

BOUMA, J.; STOOORVOGEL, J.; ALPHEN, B. J.; BOOLTINK, H. W. G. Pedology, precision agriculture, and the changing paradigm of agricultural research. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v. 63, n. 6, p. 1763-1768, 1999.

COSTA, O.V.; COSTA, L.M.; FONTES, L.E.F.; ARAUJO, Q.R.; KER, J.C.; NACIF, P.G.S. Cobertura do solo e degradação de pastagens em área de domínio de Chernossolos no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.843-856, 2000.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, p.354, 2006.

EMMERLING, C. e UDELHOVEN, T.: Discriminating factors of the spatial variability of soil quality parameters at landscape-scale, **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. v.165, p. 706 -712, 2002.

FREITAS, D. F.; SILVA, M. L.N.; CARDOSO, E. L.; CURI, N.; Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, p. 417-428, 2012.

GHIDIN, A. A.; MELO, V. F.; LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C. Topossequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná: I - mineralogia da fração argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 293-306, 2006.

KARLEN, D.L., M.J. MAUSBACH, J.W. DORAN, R.G. CLINE, R.F. HARRIS, AND G.E. SCHUMAN. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**. v.61, p. 4-10. 1997.

LAL, R.; PIERCE, F.J. **The vanishing resource**. In: LAL, R.; PIRCE, F.J., eds. Soil management for sustainability. Ankeny, Soil and Water Conservation Society, p.1-5, 1991.

LENTZSCH, P., WIELAND, R., WIRTH, S.: Application of multiple regression and neural network approaches for landscape-scale assessment of soil microbial biomass, **Soil Biology e Biochemistry**. v. 37, 1577–1580, 2005.

MACEDO, M. C. M. Degradação de pastagens; conceitos e métodos de recuperação. In: Sustentabilidade da pecuária de leite no Brasil. **Anais**. Juiz de Fora. p.137-150.1999.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, UNESP, p.216-245.1993.

MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A.N.; ZIMMER, A.H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, p. 4. 2000.

MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I.F. Depósitos superficiais neocenoicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP. **Geociências**, São Paulo, v.19, n.2, p.265-281, 2000.

MESQUITA, L.F.; **Caracterização de solos sob diferentes coberturas vegetais da sub-bacia hidrográfica do Rio Alegre- ES** – 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

NORFLEET, M.L.; DITZLER, C.A.; PUCKETT, W.E.; GROSSMAN, R.B.; SHAW, J.N. Soil quality and its relationship to pedology. **Soil Science**, v.168, n. 3, p. 149-155, 2003.

PIGNATARO NETTO, I.T.; KATO, E.; GOEDERT, W.J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens e com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 1441-1448, 2009.

SADLER, E.J.; BUSSCHER, P.J.; BAUER, P.J.; KARLEN, D.L. Spatial scale requirements for precision farming: a case study in the southeastern USA. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n.2, p.191-197, 1998.

SEAG. Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura Capixaba: novo PEDEAG 2007-2025/** Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca – Vitória: SEAG, p. 284. 2008.

SANTOS, L.N.S.; PASSOS, R.R.; CARDOSO, L.C.M.; SANTOS, C.L.; GARCIA, G.O.; CECÍLIO, R.A. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais em Alegre (ES). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, p. 140-149,2009.

SCOLFORO, L. Manejo de pastagens nas condições topográficas predominantes no sul do Espírito Santo In: JÚNIOR, A. G.A.; JUNIOR, D.S.; SILVA, E.C.G.; ANDRADE, M.A.N.; JÚNIOR, J.G.N.; CORDEIRO, M. D. **O profissional de Zootecnia no século XXI: Manejo de pastagens nas condições topográficas predominantes no Sul do Espírito Santo – Alegre -ES: CAUFES**, p. 203. 2012.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; MOREIRA, L. F.; Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg, e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana- de- açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1763-1771, 2004.

SPAIN, J. M.; GUALDRÓN, R. **Degradación e rehabilitación de pasturas**. In: Lascano, C.; Spain, J. M. (eds.). Establecimiento y renovación de pasturas. Cali: CIAT, p. 426.1991.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. **Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo**. In: ALVAREZ VENEGAS, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F. de; MELLO, J.W.V. de; COSTA, L.M. da. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.195-276. 2002.

TRASAR-CEPEDA, C., LEIRO´S, C., GIL-SOTRES, F., AND SEOANE, S.: Towards a biochemical quality index for soils: An expression relating several biological and biochemical properties, **Biology and Fertility of Soils**.v.26, p.100-106, 1998.

ZORNOZA, R.; MATAIX-SOLERA, J.; GUERRERO, C.; ARCENEGUI, V.; MAYORAL, A. M.; MORALES, J.; AND MATAIX-BENEYTO, J.: Soil properties under natural forest in the Alicante Province of Spain, **Geoderma**.v.142, p. 334–341, 2007.

CAPÍTULO 1

Cobertura do solo em pastagens: relação com níveis de degradação e variáveis climáticas

Resumo

A avaliação da cobertura vegetal do solo (braquiária, plantas espontâneas, cobertura morta, dentre outras coberturas) é essencial na distinção dos níveis de degradação de pastagens, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de recuperação. Neste sentido, o presente trabalho avaliou a relação da cobertura do solo com níveis de degradação identificados visualmente, utilizando a Análise Discriminante Canônica (ADC), nos períodos de verão e inverno. Adicionalmente avaliou-se a relação da variação sazonal com dados de precipitação, temperatura e radiação solar. Para tanto, foram selecionadas trinta e cinco áreas sob pastagens com diferentes níveis de degradação, inseridos na bacia hidrográfica do rio Alegre-ES. A ADC avaliou os atributos da cobertura do solo que melhor discriminaram os níveis de degradação e a variação sazonal foi avaliada pela diferença das áreas estudadas entre inverno e verão. Os resultados demonstraram que aspectos visuais para definição dos quatro níveis de degradação geram maior subjetividade em comparação a separação em dois níveis, diminuindo-se a porcentagem de erros nas classificações. No entanto, a maior presença de plantas espontâneas dificulta a percepção do nível forte de degradação no verão e a maior presença de cobertura morta dificulta a percepção dos níveis de degradação mais leves no inverno. A presença de plantas espontâneas e cobertura morta são mais fortemente influenciadas pela sazonalidade e, por outro lado, a braquiária apresenta maior variabilidade sazonal em condições de menor precipitação, principalmente em altitude entre 140 a 400 m. Já em altitudes entre 400 a 1200 m foi observada menor variabilidade sazonal principalmente em locais de maior intensidade de radiação solar. A altitude interfere nas correlações entre cobertura do solo e variáveis climáticas.

Palavras-chave: Variabilidade sazonal, braquiária, plantas espontâneas, cobertura morta, degradação de pastagens.

Soil coverage in pastures: relation of deterioration levels and climatic variables

Abstract

The evaluation of soil coverage (brachiaria, weeds, mulch and others) is essential to distinguish pasture degradation levels, contributing to the development of recuperation strategies. In this sense, we evaluated in the present study the soil coverage relation in different levels of degradation visually evaluated using Canonical Discriminant Analysis (CDA), in summer and winter seasons. Additionally, we evaluated the relation of seasonal variation to precipitation data, temperature and solar radiation. Therefore, we selected thirty-five pastures areas with different levels of degradation, inserted in Watershed Alegre river, ES. The CDA assessed the attributes of land coverage that best discriminated the degradation levels and the seasonal variation was assessed by the difference of the areas studied between winter and summer. Results showed that visual aspects for definition of the four levels of degradation generate greater bias compared to two levels, reducing the percentage of errors classification. However, the increased presence of weeds difficult the perception of the strong level of degradation in the summer and the major presence mulch difficult the perception of the lightest levels of degradation in the winter. The presence of weeds and mulch are more strongly influenced by the seasonality. Brachiaria seasonal variability is higher in areas of lower precipitation; especially at altitude between 140-400 m. Already at altitude between 400 and 1200 m we observed lower seasonal variability mostly at sites of greatest intensity of solar radiation. The altitude interferes with correlations between land cover and climate variables.

Keywords: Seasonal variability, brachiaria, weeds, mulch, degradation of pastures.

1. INTRODUÇÃO

O manejo inadequado das pastagens tem ocasionado sua degradação que ocorre gradativamente em diferentes etapas. Estas podem estar relacionadas a diferentes níveis de degradação. Segundo Macedo et al., (1993), a degradação das pastagem é definida como um processo de perda de vigor, produtividade e da capacidade de recuperação natural das gramíneas, que ficam susceptíveis aos efeitos de pragas, doenças e plantas espontâneas, culminando com a presença de solos expostos e erosão. Considerando Spain e Gualdrón (1991), define-se a degradação como sendo a diminuição gradual na produtividade potencial e aumento de solo exposto e presença de plantas espontâneas para as condições edafoclimáticas e bióticas a que a pastagem está submetida, podendo-se identificar e separar os diferentes níveis de degradação.

O monitoramento da degradação das pastagens tem sido realizado a partir de indicadores de qualidade do solo e de indicadores visuais relacionados à cobertura do mesmo (SPAIN e GUALDRÓN, 1991; COSTA et al., 2000; CARDOSO et al., 2009; FREITAS et al., 2012). Aspectos visuais são amplamente utilizados em estudo de pastagens degradadas, apesar de certa subjetividade. Desta maneira, as conclusões sobre o estado de degradação podem variar de técnico para técnico, produtor para produtor ou até mesmo fiscal ambiental. Diferentemente, a mensuração da cobertura do solo a campo com a quantificação de solo exposto ou de plantas espontâneas torna as avaliações da qualidade das pastagens menos subjetivas (COSTA et al., 2000). Acrescentando-se também a substituição da avaliação visual do rigor na quantificação da cobertura de braquiária tornando a avaliação menos subjetiva. Nesse sentido, há necessidade de se identificar níveis de degradação das pastagens com base nos indicadores menos subjetivos e estabelecer melhor os valores limites para cada nível de degradação. De tal maneira, o usuário teria melhor visualização e conscientização dos níveis de degradação, o que permite a ele mais segurança na tomadas de decisão com vista à recuperação.

A implementação na recuperação de pastagens degradadas é difícil, devido à falta de informações atualizadas e detalhadas a respeito de sua distribuição espacial (SANO et al., 2000). Nesse contexto, variáveis climáticas como temperatura e precipitação podem auxiliar na identificação de regiões mais susceptíveis à degradação. De fato, tal degradação é desencadeada por uma interação de fatores, incluindo as propriedades do solo, variáveis climáticas, características biológicas das espécies implantadas, manejo

do gado e da pastagem. O efeito negativo de um ou mais fatores pode resultar em declínio da pastagem tanto em qualidade como em quantidade (MARTÍNEZ e ZINK, 2004). Nesse contexto, o estresse climático provocado pela estação seca prolongada a uma estação chuvosa concentrada é outro fator que contribuiu para degradação das pastagens. As pastagens apresentam uma queda de produção de matéria seca durante as diferentes estações do ano. A variação na cobertura vegetal ocorre, por vezes, sazonalmente em função de fatores abióticos. Tais variações sazonais irão influenciar diferentes níveis de degradação das pastagens.

A variabilidade sazonal na temperatura e precipitação pode influenciar na produção de biomassa, alterando sua taxa de acumulação e o período e a taxa de senescência (LEE et al., 2002). A dinâmica da vegetação natural e agrícola, nessa situação deve ser avaliada dentro de modelos regionais e globais destinados ao entendimento da variabilidade sazonal de ecossistemas terrestres e das interações biosfera-clima (ZHANG et al., 2003). Temperaturas excessivamente altas ou baixas e precipitação deficiente são principais causas de estresse abiótico (LARCHER, 2000). As secas, quando prolongadas e severas, podem reduzir a produção e o vigor das pastagens, desfavorecendo o estabelecimento de plantas forrageiras e aumentando sua senescência. Por outro lado, a umidade excessiva durante a época chuvosa pode favorecer doenças e pragas, sendo que as chuvas mais intensas podem, ainda, em áreas sem cobertura vegetal adequada, contribuir para a perda da fertilidade do solo por erosão e lixiviação principalmente em condições de relevo mais montanhoso.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a relação da cobertura do solo com níveis de degradação de pastagens identificados com a utilização da Análise Discriminante Canônica, nos períodos de verão e inverno. Adicionalmente, avaliou-se a relação da variação sazonal da cobertura do solo com dados de precipitação, temperatura e radiação solar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na sub-bacia hidrográfica do rio Alegre, localizada no município de Alegre, ES, e inserido na bacia hidrográfica do rio Itapemirim. A sub-bacia possui área total de aproximadamente 20.521 ha, com 81,38 km de perímetro, sendo o centro da sub-bacia localizado nas coordenadas 232.977,968m e 7.697.067,930 m N, pelo sistema UTM (Datum SAD 69 - zona 24S). Representa aproximadamente

26,35% da área total do município de Alegre - ES e 3,41% da bacia hidrográfica do rio Itapemirim (MESQUITA, 2011). Nesse ambiente são encontrados solos classificados como Latossolos, Cambissolos e, em menor percentagem, Argissolos (MESQUITA, 2011). O clima regional na classificação de Köppen é do tipo Awa, apresentando-se chuva no verão e período seco no inverno (SANTOS et al., 2009). A precipitação acumulada registrada pela estação de Alegre no período out/ 2014 foi de 1.306,8 mm. A média da temperatura mínima foi de 18,8 °C e a média das máximas de 30,8 °C(Figura 1 - Introdução).

Posteriormente as áreas de pastagens representativas da sub-bacia de estudo com maior para nível de degradação para separar as áreas foram com auxílio de ortofotomosaicos disponibilizados pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), e imagens do Google Earth. Inicialmente, utilizou-se o “Normalized Difference Vegetation Index” (NDVI) e elaborado com imagem TM do Landsat-5 de maio de 2010, para indicar as áreas com menor produtividade de vegetação. Os valores de NDVI variaram de 0,11 a 0,38 (sendo que valores entre 0,56 e 0,74 indicam a presença de pastagem não degradada segundo estudos de Lima et al., 2013) (Figura 2).

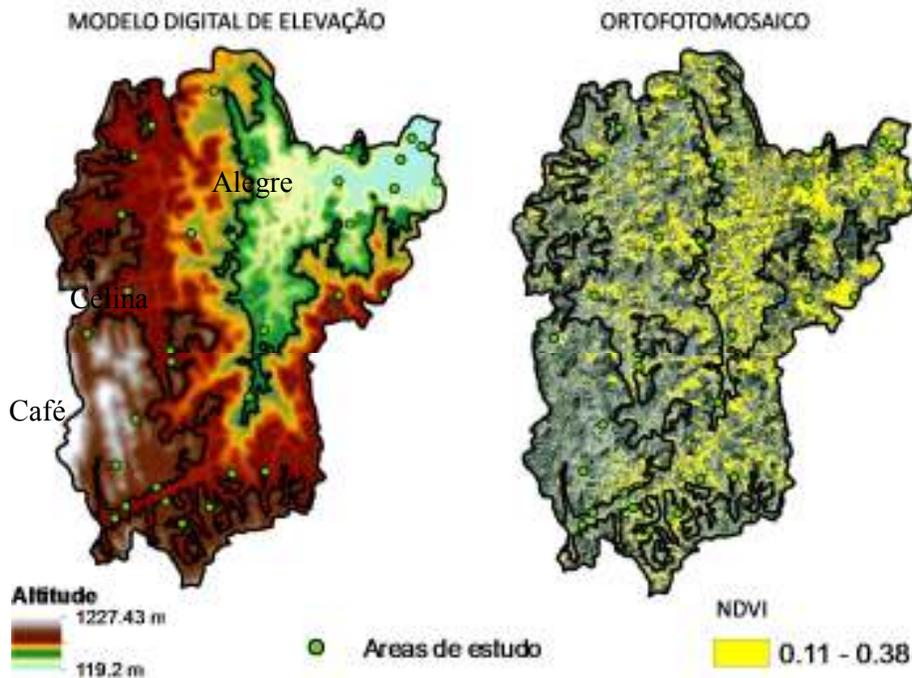


Figura 2. Área de estudo e localização dos pontos coletados dentro da bacia do rio Alegre com limites dos ambientes Café, Celina e Alegre (MESQUITAS, 2000) (a) e valores de NDVI obtidos de uma imagem LANDSAT de 2010 (b) colocar A e B nas figuras.

Simultaneamente, com o auxílio de informações de altitude, declividade e faces de exposição, foram selecionados 35 locais para uma amostragem representativa da sub-bacia do rio Alegre.

Dessa forma, foram selecionadas 35 (trinta e cinco) áreas de pastagens para avaliação visual da degradação das pastagens nos períodos de verão e inverno. Utilizando-se a percepção visual de três avaliadores para separar os níveis de degradação, segundo os preceitos relatados por Spain e Gualdrón (1991), conforme adaptado por Moreira e Assad (2000): leve (pastagem com vigor e qualidade - massa verde abundante), moderado (pastagem com menor vigor e menor qualidade - massa verde pouco abundante), forte (moderado + presença marcante de plantas espontâneas) e muito forte (presença marcante de solo exposto, presença de formigas/térmitas e sinais de processos erosivos).

Para estimar a frequência de cobertura vegetal do solo foi realizada a avaliação a campo, pelo método da corda proposto por Olszewski et al., (1998) e citado por Costa et al., (2000), que emprega a associação do método linear e de pontos utilizados para determinação da composição botânica (BROWN, 1954) e da cobertura do solo. As avaliações foram realizadas em duas épocas distintas, período de verão (janeiro de 2014) e de inverno (agosto de 2014). A frequência de cobertura do solo foi determinada, em local representativo da área, para isso, foi delimitada uma área de 30 x 30 metros e georreferenciadas no ponto central com aparelho de GPS (Sistema de Posicionamento global) para posterior coleta de inverno evitando-se assim uma variação espacial.

Para avaliação da cobertura utilizou-se uma corda de 10 metros, marcada a cada 10 centímetros, estendida no sentido perpendicular à declividade do solo. Cada avaliação com a corda correspondeu a uma repetição dentro da qual foram avaliados 100 pontos, que posteriormente foram transformados em frequências. Realizou-se 20 repetições, ou seja, em cada parcela as informações foram coletadas 20 vezes com a corda a cada três metros. As seguintes avaliações foram (a cada 10 cm de corda): presença de braquiária, cobertura morta, solo exposto, plantas espontâneas de folha larga e folha estreita e outros (cupins, formigueiros, dejetos de animais e pedras).

As relações entre as variáveis climáticas e a cobertura do solo foram avaliadas por meio da análise de correlação de Pearson. As variáveis foram: temperatura média, precipitação média e radiação total no período seco (maio a setembro). A temperatura média em graus Celsius de cada ponto amostrado foi obtida a partir das informações das

coordenadas geográficas e altitude conforme funções geradas por Castro et al., (2010) para os meses de maio a setembro (períodos seco) a partir de séries históricas de dados no período de 1977 a 2006 (30 anos). A precipitação total do período seco (em mm) foi obtida do estudo de Cunha et al., (2013), no qual os valores foram interpolados a partir da co-krigagem altitude e distância do mar, como covariáveis, considerando séries históricas de dados de 30 anos (1976 a 2006). A radiação solar ($MWh\ m^{-2}$) foi obtida por meio da ferramenta de análises espaciais “Point Solar Radiation” do software ArcGis 10 a partir das informações do modelo digital de elevação. O período utilizado para avaliação das variáveis climáticas foi de maio a setembro, caracterizado como inverno com clima mais seco e temperaturas mais baixas.

Foram realizadas análises descritivas (média, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria, curtose e percentil) e os dados foram testados quanto à distribuição normal (SHAPIRO e WILK, 1965). Os dados referentes à cobertura vegetal do solo foram submetidos ao teste t Student para amostras pareadas para avaliar a diferença entre inverno e verão nas pastagens em estudo. A Análise Discriminante Canônica (ADC) foi utilizada para avaliar os atributos da cobertura do solo que melhor discriminam níveis de degradação. A eficiência da função discriminante na predição foi avaliada pela percentagem de erros de classificação das funções discriminantes que ocorreram por validação cruzada. Com isso, gera-se uma tabela com a percentagem de classificações corretas e incorretas, ou também denominada matriz de confusão, com a qual se avalia a capacidade preditiva das funções.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os resultados da estatística descritiva referente à frequência de cobertura vegetal do solo nas pastagens envolvendo todos os níveis de degradação no período de verão e inverno (n=35 pastagens). A frequência média de recobrimento por braquiária é de 49,62 % no verão e 46,71 % no inverno. Esse resultado é considerado baixo se comparado a um sistema produtivo sustentável que vise maximizar os ganhos em peso animal e evitar processos de erosão do solo (SOUZA et al., 2009). Os solos do Estado do Espírito Santo apresentam baixa fertilidade natural (PREZOTTI et al., 2007) e conjuntamente com fatores climáticos e de manejo podem ser um fator limitante para o desenvolvimento da parte aérea e resultam na ampliação de áreas com pastagens degradadas.

Para frequência de recobrimento das diferentes coberturas vegetais destacam-se condições com 34 e 42 % de solo exposto (percentil 90) no verão e inverno, respectivamente o que está de acordo com severo nível de degradação de algumas pastagens (Tabela 1). As plantas espontâneas de folha larga e estreita se destacaram no período de verão e a cobertura morta foi maior no inverno. A maior presença de solo exposto e a menor de vegetação e cobertura morta resultam em uma menor proteção do solo contra impactos das gotas da chuva, proporcionando a degradação superficial do solo, destruindo a estrutura do solo e tornando-o propício a erosão (GOMES et al., 2007).

Tabela 1. Análise descritiva da frequência da cobertura vegetal pelo método da corda em duas épocas de avaliação sob pastagem em diferentes níveis de degradação na bacia do rio Alegre-ES.

| Est ⁽¹⁾ (%) | BR | | SE | | EFL | | EFE | | CM | |
|---------------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|
| | Verão | Inverno | Verão | Inverno | Verão | Inverno | Verão | Inverno | Verão | Inverno |
| Média | 49,62 | 46,71 | 20,44 | 22,15 | 9,22 | 5,67 | 10,86 | 6,98 | 9,69 | 18,40 |
| Min | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 1,55 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,00 | 2,60 |
| Max | 77,15 | 83,25 | 58,95 | 67,15 | 44,4 | 28,65 | 54,70 | 39,6 | 29,9 | 47,95 |
| DV | 24,02 | 24,22 | 13,24 | 15,30 | 11,50 | 7,40 | 15,15 | 10,95 | 6,75 | 9,79 |
| CV | 48,41 | 51,86 | 64,77 | 69,07 | 124,8 | 130,51 | 139,52 | 156,9 | 67,75 | 53,21 |
| AS | -0,86 | -0,70 | 1,30 | 0,95 | 1,60 | 1,48 | 1,68 | 1,82 | 1,63 | 1,06 |
| CT | -0,29 | -0,45 | 2,32 | 1,01 | 1,80 | 1,49 | 1,97 | 2,30 | 3,09 | 1,62 |
| PC 10 | 8,29 | 4,12 | 8,69 | 3,42 | 0,19 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 3,18 | 7,48 |
| PC 90 | 73,69 | 73,04 | 34,85 | 42,05 | 30,14 | 17,07 | 37,48 | 24,17 | 16,38 | 28,71 |

⁽¹⁾ Estatística descritiva (%). Min: Mínimo; Max: Máximo; DV: Desvio; CV: Coeficiente de variação; AS: Assimetria; CT: Curtose; PC: Percentil; BR: Braquiária; SE: Solo exposto; EFL: Espontânea folha larga; EFE: Espontânea folha estreita; CM: Cobertura morta.

De modo geral, as observações referentes às espécies espontâneas apresentaram os coeficientes de variação altos, em ambas as épocas. Espera-se essa variação em estudos com plantas espontâneas, uma vez que elas se encontram em forma de manchas desuniformes. Desta maneira, durante o levantamento de dados, pode ocorrer a avaliação sobre locais que apresentam apenas as gramíneas ou em locais que apresentam elevada concentração de espontâneas (SILVA NETO et al., 2012).

Na tabela 2 são apresentadas as correlações entre a cobertura vegetal nos dois períodos. No verão há uma correlação positiva entre BR e CM, sugerindo a contribuição da pastagem na formação da cobertura morta com relação negativa com a FLFE, a BR apresentou correlação negativa, o que evidencia efeito provável das repetições entre as mesmas. Dessa forma, maior presença de braquiária e cobertura morta ocorrem de forma simultânea podendo-se caracterizar situação de menor degradação. No inverno a

correlação negativa entre BR e SE é mais forte e significativamente em 10 % e a FLFE apresenta correlação positiva em 5 % e correlação negativa fraca com a CM.

Tabela 2. Correlação de Pearson das diferentes coberturas vegetais do solo ⁽¹⁾ no período de verão e inverno.

| (1) | Verão | | | | Inverno | | | | |
|------|----------------|---------------|----------------|------|---------|----------------|-------|------|------|
| | BR | SE | FLFE | CM | BR | SE | FLFE | CM | |
| BR | 1,00 | | | | BR | 1,00 | | | |
| SE | -0,37* | 1,00 | | | SE | -0,58** | 1,00 | | |
| FLFE | -0,86** | 0,03 | 1,00 | | FLFE | -0,70* | 0,01 | 1,00 | |
| CM | 0,36* | -0,38* | -0,47** | 1,00 | CM | -0,32 | -0,19 | 0,07 | 1,00 |

⁽¹⁾BR: Braquiária; SE: Solo exposto; FLFE: Espontânea folha larga e folha estreita; CM: Cobertura morta. * P<0,05; ** P<0,10.

Levando-se em consideração as avaliações visuais baseadas em Spain e Gauldrón (1991) observa-se que, no verão, as 35 áreas apresentaram os seguintes níveis de degradação: 8 com nível leve, 9 com nível moderado, 12 com nível forte e 6 com nível muito forte. Já no inverno as 35 áreas apresentaram os seguintes níveis de degradação: 10 com nível leve, 8 com nível moderado, 8 com nível forte e 9 com nível muito forte.

Com o propósito de se avaliar a acurácia da classificação visual tomando como base as informações da cobertura vegetal mensurada pelo método da corda, foi realizada a análise discriminante canônica (ADC) conforme Hair et al., (2009). As funções discriminantes são combinações lineares das variáveis originais em que os coeficientes da função atribuídos a cada variável são calculados de forma a minimizar a variação dentro do grupo (variáveis categóricas) e maximizar a variação entre os grupos na análise discriminante (HAIR et al., 2009).

Observa-se na Tabela 3 a porcentagem de classificação correta e incorreta pela função discriminante a partir das frequências de cobertura vegetal no período de verão. 28,6 % das amostras classificadas visualmente como nível moderado estão classificadas pelas funções discriminantes no nível leve de degradação. O mesmo ocorre ao classificar pelo aspecto visual os níveis das pastagens degradadas como de forte degradação, visto que 58,3 % das classificações visuais foram classificadas em outras classes pelas funções discriminantes. Existe maior facilidade em classificar visualmente o nível leve de degradação das pastagens visto a menor porcentagem de classificação incorreta (10%).

Tabela 3. Classificações corretas e incorretas dos quatro níveis de degradação preditos pelas funções discriminantes a partir das frequências da cobertura vegetal no período de verão.

| Nível | Classificação pela função discriminante (%) | | | | Classificações Incorretas (%) |
|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| | Leve | Moderado | Forte | Muito forte | |
| Leve | 90,0 | 10,0 | 0,0 | 0,00 | 10,0 |
| Moderado | 28,6 | 57,1 | 14,3 | 0,00 | 42,9 |
| Forte | 16,7 | 16,7 | 41,7 | 25,0 | 58,3 |
| Muito forte | 33,3 | 0,0 | 16,7 | 50,0 | 50,0 |

Na tabela 4 encontram-se as porcentagens de classificação corretas e incorretas dos níveis de degradação no período de inverno, 37,5 % das pastagens classificadas no nível leve de degradação pelos aspectos visuais foram classificadas como moderada pela análise discriminante. A percepção visual dos avaliadores superestimou o nível de degradação forte no período de inverno visto que 42,9% das áreas avaliadas como leve e moderado pelos aspectos visuais foram classificadas em forte pela função discriminante.

Tabela 4. Classificações corretas e incorretas dos quatro níveis de degradação preditos pelas funções discriminantes a partir das frequências da cobertura vegetal no período de inverno.

| Nível | Classificação pela função discriminante (%) | | | | Classificações Incorretas (%) |
|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| | Leve | Moderado | Forte | Muito forte | |
| Leve | 62,5 | 37,5 | 0,0 | 0,0 | 37,5 |
| Moderado | 40,0 | 50,0 | 0,0 | 10,0 | 50,0 |
| Forte | 28,6 | 14,3 | 57,1 | 0,0 | 42,9 |
| Muito forte | 10,0 | 30,0 | 10,0 | 50,0 | 50,0 |

Observa-se, de modo geral, que os níveis de degradação, de modo geral são confundidos ao se classificar com base no aspecto visual, gerando divergência entre as classificações pela função discriminante e pelo aspecto visual. As classificações incorretas diminuem ao agrupar o nível leve com moderado e o nível forte com muito forte, indicando que existe maior acurácia na classificação visual quando menos níveis são avaliados (Tabela 5). 23,53 % das pastagens classificadas nos níveis leve a moderado pelo aspecto visual enquadraram-se como forte e muito forte pela função discriminante.

Tabela 5. Classificações corretas e incorretas dos dois níveis de degradação¹ preditos pelas funções discriminantes a partir das frequências da cobertura vegetal no período de verão.

| Nível | Classificação pela função discriminante (%) | | Classificações Incorretas (%) |
|---------------------|---|---------------------|-------------------------------|
| | Leve a Moderado | Forte a Muito forte | |
| Leve a Moderado | 76,47 (13) | 23,53 (4) | 23,53 |
| Forte a Muito forte | 33,33 (6) | 66,67 (12) | 33,33 |

¹ Entre parênteses o número de amostras (áreas) classificadas correta ou incorretamente.

O que ocorre também na classificação do nível forte a muito forte, onde 33,33% foram classificadas como leve a moderada pela função discriminante.

No período de inverno 5,56 % da classificação leve e moderada pela função discriminante foi classificada como forte a muito forte pelo aspecto visual (Tabela 6). Quando se reagrupa os níveis de degradação é possível obter melhor acurácia na classificação dos níveis de pastagens em comparação à classificação com maiores números de níveis. Para aqueles produtores que estão em processo inicial de melhoria de seu manejo, o fato de classificar a pastagem em pouco degradada e muito degradada para definir as estratégias de recuperação. Há um total de erros maior nos períodos de verão (56,86 % de classificações incorretas) em comparação ao inverno (34,97%).

Tabela 6. Classificações corretas e incorretas dos dois níveis de degradação¹ preditos pelas funções discriminantes a partir das frequências da cobertura vegetal no período de inverno.

| Nível | Classificação pela função discriminante (%) | | Classificações Incorretas (%) |
|---------------------|---|---------------------|-------------------------------|
| | Leve a Moderado | Forte a Muito forte | |
| Leve a Moderado | 94,44 (17) | 5,56 (1) | 5,56 |
| Forte a Muito forte | 29,41 (5) | 70,59 (12) | 29,41 |

¹ Entre parênteses o número de amostras classificadas correta ou incorretamente.

Os dois níveis formados foram utilizados como variáveis categóricas dependentes na análise discriminante, a qual mostrou que, no período do verão, a primeira função discriminante canônica (FDC₁) explicou 92% das duas funções discriminantes geradas, e a segunda (FDC₂), 8 %, a qual não foi importante para separar os níveis de degradação (Tabela 7). As variáveis braquiária e cobertura morta foram as que mais ajudaram na predição e a presença das espontâneas foi a que menos contribuiu para separação dos níveis de degradação.

Tabela 7. Resultados da proporção explicada, autovalor e correlação canônica das funções discriminantes canônicas geradas e cargas discriminantes⁽¹⁾ das variáveis utilizadas no período de verão.

| Ajuste do modelo | | |
|----------------------------|-----------------------|------------------|
| Correlação Canônica = 0,66 | FDC ₁ | FDC ₂ |
| Proporção explicada | 0,92 | 0,08 |
| Variáveis | Cargas Discriminantes | |
| | FDC ₁ | FDC ₂ |
| BR | 0,81 | -0,14 |
| SE | <u>-0,68</u> | 0,25 |
| FLFE | <u>-0,54</u> | 0,27 |
| CM | 0,75 | 0,14 |

⁽¹⁾negrito – forte carga discriminante (>0,75), sublinhado moderada carga discriminante (0,5 a 0,74) (HAIR et al., 2009). BR: Braquiária; SE: Solo exposto; FLFE: Espontânea folha larga e folha estreita; CM: Cobertura morta.

A correlação canônica é de 0,66, ou seja, a FDC₁ explica somente 48% da relação das variáveis dependentes e independentes (Tabela 7).

No período de inverno, a primeira função discriminante canônica (FDC₁) explicou 96%, enquanto que a segunda (FDC₂), explicou 4 % (Tabela 8). Dessa forma, a FDC₁ foi a que melhorou a discriminação entre níveis de degradação. O ajuste do modelo apresentou uma correlação canônica de 74 %, ou seja, a FDC1 explica apenas 55% da relação das variáveis dependentes e independentes. A variável BR apresentou correlação positiva com FDC₁ e o SE apresentou correlação negativa, sendo estas as variáveis mais importantes para separar os níveis de degradação no período do inverno.

Tabela 8. Resultados da proporção explicada, autovalor e correlação canônica das funções discriminantes canônicas geradas e cargas discriminantes⁽¹⁾ das variáveis utilizadas no período de inverno.

| Ajuste do modelo | | |
|----------------------------|-----------------------|------------------|
| Correlação Canônica = 0,74 | FDC ₁ | FDC ₁ |
| Proporção explicada | 0,96 | 0,04 |
| Variáveis | Cargas Discriminantes | |
| | FDC ₁ | FDC ₂ |
| BR | 0,92 | 0,30 |
| SE | <u>-0,74</u> | 0,59 |
| FLFE | <u>-0,67</u> | -0,53 |
| CM | 0,06 | -0,60 |

⁽¹⁾negrito – forte carga discriminante (>0,75), sublinhado moderada carga discriminante (0,5 a 0,74) (HAIR et al., 2009). BR: Braquiária; SE: Solo exposto; FLFE: Espontânea folha larga e folha estreita; CM: Cobertura morta.

Na Tabela 9 são apresentadas as médias da cobertura do solo dentro dos grupos avaliados corretamente e incorretamente pelas funções discriminantes nos dois níveis de degradação. Observa-se diferença para BR, SE e CM, entre os níveis de degradação nas avaliações corretas pelas funções discriminantes. Já FLFE não apresentou diferença,

indicando ser a principal responsável pelas classificações incorretas por dificultar a distinção dos níveis no período do verão. Segundo Andrade et al., (2010), a presença marcante de plantas espontâneas influenciando no aumento de área foliar é um dos fatores que dificulta a distinção dos níveis de degradação das pastagens ao utilizar o parâmetro do Índice de Área Foliar (IAF) estimado por satélite. Nota-se uma média elevada para as espontâneas nas avaliações incorretas, sugerindo-as como principal causa dos erros na classificação visual. Andrade et al., (2013) encontraram áreas de pastagens identificadas por técnicas de sensoriamento remoto como de degradação moderada e que foram classificadas como de degradação leve pela classificação visual a campo, sendo a presença marcante de espontâneas a principal causa desses erros.

Tabela 9. Médias ⁽¹⁾ e desvio padrão das variáveis da cobertura do solo entre diferentes níveis de degradação da área de estudo no período de verão, obtidos pelas funções discriminantes.

| Cobertura Vegetal | Avaliações corretas (%) | | | | Avaliações incorretas (%) | | | |
|-------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| | Leve a Moderado | Forte a Muito Forte | Leve a Moderado ⁽²⁾ | Forte a Muito Forte ⁽³⁾ | Leve a Moderado ⁽²⁾ | Forte a Muito Forte ⁽³⁾ | Leve a Moderado ⁽²⁾ | Forte a Muito Forte ⁽³⁾ |
| BR | 67,0 ±9,5 a | 30,0 ±21,3 b | 51,7 ±21,6 | 49,9 ±26,7 | 51,7 ±21,6 | 49,9 ±26,7 | 51,7 ±21,6 | 49,9 ±26,7 |
| SE | 10,2 ±4,9 a | 30,8 ±16,4 b | 20,4 ±2,7 | 18,0 ±11,8 | 20,4 ±2,7 | 18,0 ±11,8 | 20,4 ±2,7 | 18,0 ±11,8 |
| FLFE | 17,8 ±22,5 a | 16,6 ±24,3 a | 33,8 ±23,5 | 10,8 ±12,0 | 33,8 ±23,5 | 10,8 ±12,0 | 33,8 ±23,5 | 10,8 ±12,0 |
| CM | 13,8 ±7,2 a | 3,3 ±2,40 b | 7,4 ±2,9 | 12,0 ±5,6 | 7,4 ±2,9 | 12,0 ±5,6 | 7,4 ±2,9 | 12,0 ±5,6 |

⁽¹⁾ Comparação de médias para avaliação corretas para amostras desiguais pelo teste de Tukey Post-Hoc ($P \leq 0,05$).

⁽²⁾ Classificado no nível leve a moderado por aspectos visuais e classificado no nível forte a muito forte pelas funções discriminantes.

⁽³⁾ Classificado no nível forte a muito forte por aspectos visuais e classificado no nível leve a moderado pelas funções discriminantes.

BR: Braquiária; SE: Solo exposto; FLFE: Espontânea folha larga e folha estreita; CM: Cobertura morta.

De acordo com a tabela 10, há diferença significativa entre BR, SE e FLFE e não significativamente da cobertura morta. Observa-se que a média das amostras classificadas incorretamente como forte a muito forte pelos aspectos visuais apresenta valor médio de CM. A presença de cobertura morta dificulta a distinção dos níveis de degradação, pois pode gerar confusão com a presença de solo exposto, causando superestimação do nível de degradação pelo aspecto visual no período do inverno. Sano et al., (2000) utilizando informações radiométricas a campo, confirmam que a assinatura espectral da cobertura morta (biomassa seca) se assemelha com a assinatura do solo exposto dificultando a separação dos níveis de degradação em pastagens no cerrado.

Tabela 10. Médias ⁽¹⁾ e desvio padrão das variáveis da cobertura do solo entre diferentes níveis de degradação da área de estudo no período de inverno, obtidos pelas funções discriminantes.

| Cobertura Vegetal | Avaliações corretas (%) | | Avaliações incorretas | |
|-------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| | Leve a Moderado | Forte a Muito Forte | Leve a Moderado ⁽²⁾ | Forte a Muito Forte ⁽³⁾ |
| BR | 61,12 ±10,12 a | 19,56 ±18,38 b | 73,2 | 55,1 ±10,0 |
| SE | 13,00 ±8,47 a | 33,67 ±17,32 b | 5,5 | 19,6 ±12,7 |
| FLFE | 2,85 ±4,40 a | 22,13 ±18,57 b | 13,2 | 5,0 ±5,6 |
| CM | 18,79 ±10,26 a | 18,25 ±11,20 a | 8,1 | 22,0 ±8,1 |

⁽¹⁾ Comparação de médias para avaliação corretas para amostras desiguais pelo teste de Tukey Post-Hoc ($P \leq 0,05$).

⁽²⁾ Classificado no nível leve a moderado por aspectos visuais e classificado no nível forte a muito forte pelas funções discriminantes.

⁽³⁾ Classificado no nível forte a muito forte por aspectos visuais e classificado no nível leve a moderado pelas funções discriminantes. BR: Braquiária; SE: Solo exposto; EFL: Espontânea folha larga; EFE: espontânea folha estreita; CM: Cobertura morta.

Os resultados indicam que a dinâmica da cobertura vegetal com os períodos de verão e inverno modifica a capacidade de percepção dos níveis de degradação das pastagens. Para avaliar a variabilidade sazonal da cobertura do solo, compararam os períodos de inverno e verão a partir do teste t pareado (Tabela 11). A frequência das plantas espontâneas de folha estreita (EFE) e folha larga (EFL) foi avaliada conjuntamente para atender a pressuposição de distribuição normal. Ademais, a tendência de EFL e EFE foi semelhante com ambas aumentando no período de verão. A diferença entre plantas espontâneas (FLFE) e cobertura morta (CM) foi significativa entre os períodos de verão e inverno: maiores valores de CM foram encontrados no período de inverno e os maiores valores de FLFE no período de verão. Houve tendência de maior presença de braquiária no verão, considerando o nível de significância de 15%.

Tabela 11. Resultado do teste t Student para amostras pareadas para avaliar a diferença entre inverno e verão ⁽¹⁾.

| Cobertura | Médias | DP | EP | t | gl | p-value |
|-----------|--------|--------|-------|--------|----|--------------|
| BR | -3,260 | 13,048 | 2,205 | -1,478 | 34 | 0,146 |
| SE | 1,086 | 10,488 | 1,773 | 0,612 | 34 | 0,544 |
| FLFE | -5,093 | 3,276 | 0,554 | -9,198 | 34 | 0,000 |
| CM | 8,929 | 9,443 | 1,596 | 5,594 | 34 | 0,000 |

(1) (Frequência Inverno – Frequência Verão) Médias da diferença; DP: Desvio padrão da diferença; CV: Coeficiente de variação (%); BR: Braquiária; SE: Solo exposto; EFL: Espontânea folha larga; EFE: espontânea folha estreita; CM: Cobertura morta. * $P \leq 0,05$; *** $P \leq 0,01$.

Algumas espécies de espontâneas apresentam alta capacidade competitiva com as culturas, em virtude de sua velocidade de crescimento e formação rápida de um dossel denso, com destaque para as espécies de folhas largas (BRIGHENTI e OLIVEIRA, 2011). Segundo Dias Filho (1998), as plantas espontâneas devem ser vistas mais como uma consequência da degradação das pastagens do que uma causa, devido ao

comportamento oportunista das que ocupam espaços deixados pelas forrageiras. Devido à alta eficiência que a maioria dessas plantas apresenta em translocar nutrientes durante a senescência das folhas quando comparadas com algumas gramíneas forrageiras, essas espécies podem desempenhar um importante papel na absorção do P do solo, ajudando assim a diminuir sua disponibilidade para as plantas forrageiras.

A diferença sazonal das plantas espontâneas é influenciada pela persistência de sementes no solo. Sementes de plantas espontâneas passam por ciclos anuais de maior ou menor dormência. Essas mudanças são atribuídas às variações de temperatura, luz, características do solo, e precipitação pluviométrica (VIVIAN et al., 2008). Segundo Benech-Arnold et al., (1998), o aumento na temperatura mínima provoca re-indução à dormência nas espécies anuais de verão e a queda da temperatura máxima em espécies anuais de inverno. Em condições de cultivo, a presença da cultura também permite alterações na amplitude térmica do solo devido à redução na radiação recebida, inibindo a germinação das espécies que requerem alternância de temperatura para superação da dormência.

Com relação à cobertura morta, o período de inverno, no qual há menor precipitação e temperatura que contribuem para senescência de folhas e presença de cobertura morta. Tal fato foi observado Sterrenberg (1990) em florestas tropicais da Costa Rica que encontrou máxima senescência e formação de serapilheira no período da estação seca. A alta produção de massa verde no período de verão em pastagens favorece também a sua deposição e formação da serapilheira e cobertura morta no período mais seco (TEIXEIRA et al., 2011). De fato, observou-se uma correlação de 0,35 ($p \leq 0,05$) entre CM e precipitação total e uma correlação de 0,32 ($p = 0,063$) entre CM e precipitação no período úmido e, não significativa entre CM e precipitação no período seco. Cleveland et al., (2004) enfatizam ainda que a serapilheira depositada no período mais seco é de grande importância na regulação dos processos microbiológicos no período mais úmido, demonstrando a importância da dinâmica sazonal na ciclagem da matéria orgânica.

Para avaliar as variáveis climáticas que interferem na variabilidade sazonal da cobertura vegetal, foi realizada uma correlação da diferença entre os períodos de inverno e verão com temperatura média, precipitação pluviométrica total e radiação solar nos períodos de maio a setembro de 2014. Há uma correlação negativa entre a precipitação e a diferença na frequência de braquiária entre inverno e verão (Tabela 12). Os demais tipos de cobertura não apresentaram correlações significativas. Dessa forma,

demonstra-se que em locais onde a precipitação é maior existe menor diferença na oferta de pastagem pelo efeito sazonal. A menor precipitação no inverno, associada às regiões de menor altitude, favorecem a diminuição da oferta de pastagem no inverno.

Os dados indicam que outros locais de maior incidência de radiação solar diminuem a diferença entre inverno e verão. Costa e Monteiro (2007), avaliando a produção desenvolvimento de matéria seca de gramíneas em relação aos fatores climáticos (radiação solar, temperatura e água) observaram que as maiores produções encontradas no período de primavera-verão, se devem à maior precipitação neste período. Segundo Montserrat et al., (1989), entre os fatores ambientais que mais influenciam no crescimento das pastagens e no rendimento de matéria seca, destacam-se a radiação solar, temperatura e umidade do ar.

Tabela 12. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis climáticas⁽¹⁾ e a diferença⁽²⁾ de cobertura vegetal do solo entre os períodos de inverno e verão na bacia do rio Alegre, ES (n = 35).

| | D-BR | D-SE | D- FLFE | D-CM |
|--------------------|---------------|------|---------|-------|
| Precipitação Média | -0,34* | 0,25 | -0,16 | 0,23 |
| Temperatura Média | 0,27 | 0,05 | -0,14 | -0,11 |
| Radiação Total | -0,42* | 0,24 | 0,13 | 0,11 |

⁽¹⁾Correlação de Pearson em que *correspondem $p < 0,05$. Correspondente ao período de maio a setembro. ⁽²⁾ (frequência Verão – Frequência Inverno) BR: Braquiária; SE: Solo exposto; FLFE: Espontânea folha larga e estreita; CM: Cobertura morta.

Estratificando a bacia do rio Alegre em ambientes Celina e Café (altitude maiores que 400 m) e ambiente Alegre (altitude entre 140 e 400 metros) segundo Mesquita (2011) (Tabelas 13 e 14), observa-se aumento da correlação negativa entre BR e radiação total. Dessa forma, nas regiões em maior altitude onde a temperatura é menor e a precipitação média é maior, a radiação solar tem maior efeito na diminuição da variação sazonal da presença da braquiária.

Em regiões de menor altitude, onde em geral é menor a precipitação, e maior a temperatura a precipitação controla de forma mais efetiva a diferença da braquiária devido ao efeito da sazonalidade. Em condições de maior altitude, a menor oferta de pastagem no inverno é verificada em locais de menor incidência de radiação solar relacionada principalmente às faces de exposição Leste e Sul. Em condições de menor altitude, a menor oferta de pastagens no inverno está relacionada aos locais com menor precipitação. Destaca-se a tendência de que, em condições de menor altitude, locais de menor oferta de pastagem no inverno estão relacionados à maior incidência de radiação

solar ($p=0,114$) às faces de exposição Norte/Oeste, sugerindo seu efeito negativo quando as condições de umidade são mais baixas (ambiente Alegre).

Tabela 13. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis climáticas (1) e a diferença(2) de cobertura vegetal do solo entre os períodos sem regiões do ambiente Celina e Café (altitude entre 400 e 800 m), ($n = 23$).

| | D-BR | D-SE | D- FLFE | D-CM |
|--------------------|---------------|--------------|---------|-------|
| Precipitação Média | -0,04 | 0,17 | -0,26 | 0,18 |
| Temperatura média | -0,10 | 0,11 | 0,14 | -0,04 |
| Radiação total | -0,59* | 0,42* | 0,09 | 0,11 |

⁽¹⁾Correlação de Pearson em que *correspondem $p<0,05$. Correspondente ao período de maio a setembro. ⁽²⁾ (frequência Verão – Frequência Inverno); (D)- Diferença de inverno- verão; - BR: Braquiária; SE: Solo exposto; FLFE: Espontânea folha larga e estreita; CM: Cobertura morta.

Tabela 14. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis climáticas⁽¹⁾ e a diferença⁽²⁾ de cobertura vegetal do solo entre o período sem regiões do ambiente Alegre (altitude entre 140 e 400 m) ($n = 12$).

| | D-BR | D-SE | D-FLFE | D-CM |
|--------------------|---------------|-------|--------|-------|
| Precipitação média | -0,67* | 0,51 | -0,04 | 0,32 |
| Temperatura média | 0,18 | -0,31 | 0,32 | -0,31 |
| Radiação total | 0,36 | -0,07 | -0,30 | 0,05 |

⁽¹⁾ Correlação de Pearson em que *correspondem $p<0,05$. Correspondente ao período de maio a setembro. ⁽²⁾ (frequência Verão – Frequência Inverno); (D)- Diferença de inverno- verão; - BR: Braquiária; SE: Solo exposto; FLFE: Espontânea folha larga e estreita; CM: Cobertura morta.

Segundo Andrade et al., (2007), o saldo de radiação é uma informação de suma importância, visto que, é a variável básica na estimativa da evapotranspiração (ET) e no cálculo do balanço hídrico, que são essenciais para a utilização racional dos recursos hídricos. Borges (2002) relata que o balanço de radiação em superfícies vegetadas é um parâmetro para determinações de perdas de água e de acúmulo de matéria seca pelos vegetais, além de caracterizar o seu microclima. Essas medidas possibilitam, também, a caracterização do estado de conforto térmico e hídrico. Segundo Silva e Bremm (2010), é natural que em áreas com solo exposto ocorra maior reflexão da radiação incidente do que em solos cobertos por vegetação e sobre superfícies com água. Em condições de baixa umidade, a superfície tem baixo poder de retenção da radiação, sendo grande parte devolvida para a atmosfera na forma de radiação refletida.

4. CONCLUSÕES

- As classificações visuais dos níveis de degradação das pastagens apresentam menor acurácia quando se utiliza maior número de níveis, sendo necessário simplificar os números de níveis (leve a moderado e nível forte a muito forte);
- A presença de plantas espontâneas dificulta a percepção dos níveis forte a muito forte no período de verão enquanto no período de inverno, a cobertura morta não contribui para percepção dos níveis leve e moderado;
- A utilização de indicadores (cobertura) quantitativos possibilitou boa acurácia de predição dos níveis de degradação das pastagens utilizando-se dois níveis de degradação: leve a moderado e nível forte a muito forte;
- Foi possível estabelecer a relação cobertura x níveis por meio da ADC que identificou a BR como melhor indicador dos níveis realizados pelo ADC;
- As diferenças nas coberturas vegetais do solo entre o período seco e úmido estão em geral correlacionadas com a precipitação e temperatura, ou seja, maiores precipitação e radiação solar reduzem a diferença sazonal na cobertura;
- A altitude interfere nas correlações entre cobertura vegetal do solo e variáveis climáticas.

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. G.; RODRIGUES, C. A. G.; QUARTAROLI, C. F.; FURTADO, A. L. dos S.; BRUNINI, O.; SANCHES, I. I'A. Estudo do índice de área foliar de pastagens em diferentes níveis de degradação com aplicação de imagens Landsat 5 - TM e dados de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém, **Anais...** Belém, PA: SBMET, p. 5. 2010.

ANDRADE, R. G.; RODRIGUES, C. A. G.; SANCHES, D'A. I.; TORRESAN, F. E.; QUARTAROLI, C. F. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, maio/jun. p. 234-243, p. 234-243. 2013.

ANDRADE R. G.; SEDIYAMA, G. C.; COLL, R. D.; LIMA, E. de P.; MENEZES, S. J. M. da C. de. Saldo de radiação e fluxo de calor no solo na região do município de Juiz de Fora, MG. **Anais**. I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09. IPABHi, p. 371-373. 2007.

BENECH ARNOLD, R. L.; GHERSA, C. M.; SANCHEZ, R. A.; GARCIA FERNANDEZ, A. E.; The role of fluctuating temperatures in the germination and establishment of *Sorghum halepense* (L.) Pers. Regulation of germination under leaf canopies. **Funct Ecolp.** 311-318, 1988.

BORGES, P. de F. **Crescimento, desenvolvimento e balanço de radiação do algodoeiro herbáceo BRS-201 em condições irrigadas.** Tese (Doutorado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, PB. 99 p. 2002.

BRIGHENTI, A.M.; OLIVEIRA, M.F. Biologia de plantas daninhas. In: JR OLIVEIRA, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Eds.). **Biologia e Manejo de plantas daninhas.** Curitiba, PR: Omnipax, p. 269-283, 2011.

BROWN, D. Methods of surveying and measuring vegetation. Commonwealth Bureau of Pasture and Field Crops, Hurley, Berkshire, 223p. (**Bulletin** 42). 1954.

CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. R. M; CECILIO, R. A.; PEZZOPANE, J. E. M. Uso de imagens de radar na espacialização da temperatura do ar. **Idesia** (Chile). Vol.28, n.3, pp. 69-79, 2010.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v.44, p. 631-637. 2009.

CLEVELAND, C. C., A. R. TOWNSEND, R. E. LEY, S. K. SCHMIDT and B. C. CONSTANCE. Soil Microbial Dynamics in Costa Rica: Seasonal and Biogeochemical Constraints. **Biotropica**, 36 (2): 184-195. 2004.

COSTA, O.V.; COSTA, L.M.; FONTES, L.E.F.; ARAUJO, Q.R.; KER, J.C.; NACIF, P.G.S. Cobertura do solo e degradação de pastagens em área de domínio de Chernossolos no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.843-856, 2000.

COSTA, C.; MONTEIRO, A.L.G. Alfafa como forrageira para corte e pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 3, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, p.297-317.1997.

CUNHA, A. M.; LANI, J.L.; SANTOS, G. R.; FILHO, E. I. F.; TRINDADE, F. S.; SOUZA, E. Espacialização da Precipitação Pluvial por Meio de Krigagem e Co-krigagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n. 9, p.1179-1191. 2013.

DIAS FILHO, M.B. Pastagens cultivadas na Amazônia oriental brasileira: processos e causas de degradação e estratégias de recuperação. In: Dias, L.E.; Mello, J.W.V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa: UFV-DPS/Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p.135-149. 1998.

FREITAS, D. F., SILVA, M.L.N., CARDOSO, E. L. CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43(3), p. 417-428, 2012.

GOMES, N. M.; FARIA, M. A. de; SILVA, A. M. da; MELLO, C. R. de; VIOLA, M. R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.4, p.427-435, 2007.

HAIR, F.J.; BLACK, W. C.; BABIN, B.; ANDERSON, R. E.; TATHAN, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, p.593.2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Editora Rima. p. 539. 2000.

LEE, R.; YU, F.; PRICE, K.P. Evaluating vegetation phenological patterns in inner mongolia using NDVI time-series analysis. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 12, p. 2505-2512, 2002.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2. **Anais...**, Jaboticabal: FUNEP, UNESP. p.216-245.1993.

MARTINEZ, L. J.; ZINK, J.A. Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Columbian Amazonia. **Soil and Tillage Research**, v. 75, p.3-18. 2004.

MESQUITA, L.F. **Caracterização de solos sob diferentes coberturas vegetais da sub-bacia hidrográfica do Rio Alegre – ES**. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias. (Dissertação de Mestrado). p. 61. 2011.

MONTSERRAT, P.; TREIDL, R.A.; MKTCHAN, R.S. **Climate aspects of forage provision and animal production**. World Meteorological Organization. CAgM - VIII Joint Rapporteurs on meteorological aspects of forage provision and animal production. p.106.1989.

MOREIRA, L.; ASSAD, E. D. Segmentação e classificação supervisionada para identificar pastagens degradadas. Workshop Brasileiro de Geoinformática, 2, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBC, p. 15. 2000.

OLSZEWSKI, N.; BRAGA, A.P.; COSTA, L.M.; SILVA, H.R.F. Proposição de metodologia para avaliação da degradação de pastagens em propriedades rurais. In:

Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo – Agricultura e sustentabilidade no Semi-Árido, 12. Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: SBCS, p.256-257. 1998.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, p.305. 2007.

SANO, E. E.; CHAVES, J. M.; BEZERRA, H. S.; FEITOZA, L. Identificação dos principais tipos de pastagens cultivadas do Cerrado a partir de Sensoriamento Remoto. In: International Symposium of Soil functioning under pastures in intertropical areas, Brasília. **Anais**... CD-Rom. Brasília: Embrapa Cerrados – IRD, 2000.

SANTOS, L.N.S.; PASSOS, R.R.; CARDOSO, L.C.M.; SANTOS, C.L.; GARCIA, G.O.; CECÍLIO, R.A. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais em Alegre (ES). Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, p. 140-149, 2009.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. Ananalysis of variancetest for normality (complete samples). **Biometrika**, Disponível em:<<http://www.math.utah.edu/~morris/Courses/ShapiroWilk.pdf>>. Acesso em: 26 de dezembro. 2014.v. 52, n. 3, p. 591-611, 1965.

SILVA NETO, S.P.; SANTOS, A.C.; LIMA LEITE, R.L.; DIM, V.P.; NEVES NETO, D.N.; DA CRUZ, R.S. Dependência espacial em levantamentos do estoque de carbono em áreas de pastagens de Brachiaria brizantha cv. Marandu. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n. 4, p. 547-556, 2012.

SILVA, C.S.; BREMM, C. Influência de variáveis climáticas nas características do pasto e desempenho animal – **Anais**. II SICIT, Salão de iniciação científica, inovação e tecnologia. Porto Alegre – RS. 2010.

SOUZA, C. M. P.; SILVA, K. F. M. C.; MOREAU, A. M. S. S.; FONTES, E. O.; MOREAU, M. S.; GÓES, L. M. Zoneamento agroecológico da bacia hidrográfica do Rio Colônia-BA. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 3 n. 2 p. 49-66, 2009.

SPAIN, J. M.; GUALDRÓN, R. Degradación rehabilitación de pasturas. In: Lascano, C.; Spain, J.M. (Eds.). **Establecimiento y renovación de pasturas**. Cali: CIAT. p.426. 1991.

STERREBERG, B. K **Nutrient availability during vegetational regrowth in a lowland tropical rain forest, Corcovado, National Park, Costa Rica**. M.S. Thesis. University of Texas, Austin, Texas. 1990.

TEIXEIRA, F.A.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F.F.; FRIES, D. D.; HORA, D. S. Produção anual e qualidade de pastagem de Brachiaria decumbens diferida e estratégias de adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 33, n. 3, p. 241-248, 2011.

VIVIAN, R.; SILVA, A.A.; GIMENES, Jr. M.; FAGAN, E.B.; RUIZ, S.T; LABONIA, V.; Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – breve revisão. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 695-706, 2008.

ZHANG, X.; FRIEDL, M.A.; SCHAAF, C.B.; STRAHLER, A.H.; HODGES, J.C.F.; GAO, F.; REED, B.C.; HUETE, A. Monitoring vegetation phenology using MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 84, p. 471-475. 2003.

CAPÍTULO 2

Atributos químicos, físicos e da matéria orgânica do solo como indicadores de solos sob pastagens degradadas

Resumo

Indicadores de qualidade do solo podem refletir funções no solo importantes para diagnosticar o processo de degradação e quebra da sustentabilidade na produção agropecuária. O presente trabalho teve como objetivo selecionar um conjunto mínimo de indicadores químicos, físicos e biológicos de qualidade de solo no período de verão e inverno e avaliar a relação desses atributos com o relevo e com a cobertura do solo sob pastagens degradadas na bacia do rio Alegre, em Alegre-ES. Foi utilizada a Análise de Componentes Principais para a seleção dos atributos. O teor de carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana e quociente metabólico apresentaram melhor desempenho como indicadores de qualidade no período de inverno e na profundidade de 0,0-0,10 m. Tal desempenho depende de fatores climáticos e altitude. Em ambientes de maior altitude, onde a precipitação é maior e temperatura menor, destaca-se a função do solo em aumentar a atividade biológica e ciclagem de nutrientes favorecendo a pastagem. Os atributos químicos do solo, em particular as bases trocáveis K, Ca e Mg, e areia grossa, apresentam maior potencial como indicadores dos diferentes níveis de degradação das pastagens independente do período e da profundidade avaliada. O carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana e quociente metabólico apresentaram melhor desempenho como indicadores de qualidade no período de inverno, na profundidade de 0,0-0,10 m.

Palavras-chave: Atributos do solo, Análise de Componentes Principais, carbono orgânico, degradação do solo.

Chemical, physical and organic matter soil attributes as soil indicators under degraded pastures

Abstract

Soil indicators may reflect important functions in soil to diagnose the process of degradation and decline of sustainability in agricultural production. This study aimed to select a minimum set of chemical, physical and biological soil quality indicators during the summer and winter and evaluate the relation between these attributes with the relief and the soil coverage under degraded pasture in the river basin Alegre in Alegre-ES. The total organic carbon, microbial biomass carbon and metabolic quotient perform better as quality indicators in the winter period and at a depth of 0.0 to 0.10 m. This performance depends on climatic factors and altitude. In higher altitude environments where rainfall is highest and lowest temperature, there is soil function in increasing the biological activity and nutrient cycling favoring pasture. The chemical properties of soil, in particular the exchangeable bases K, Ca and Mg and coarse sand, have greater potential as indicators of different levels of degradation of pastures regardless of the period and depth evaluated. The total organic carbon, microbial biomass carbon and metabolic quotient perform better as quality indicators in the winter period at a depth of 0.0 to 0.10 m.

Keywords: Soil attributes, Principal Component Analysis, organic carbon, soil degradation.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade do mesmo de exercer suas funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana (DORAN e PARKIN, 1996). Nessa direção, são desenvolvidos indicadores de qualidade do solo para fins de monitorar o desempenho das funções no solo a partir dos seus atributos físicos, químicos e biológicos. Dentre estas funções, destacam-se: promover o crescimento das raízes, armazenar, suprir água e nutrientes, promover a atividade biológica e ciclagem de nutrientes (TÓTOLA e CHAER, 2002). Além disso, os indicadores de qualidade do solo podem ser direcionados para outros objetivos como: estimar teores de carbono orgânico no solo (LARSON e PIERCE, 1994; NEVES et al., 2009); avaliar a atividade microbiana do solo (MERCANTE et al., 2008); relacionar com as propriedades químicas do solo (LEITE et al., 2013); relacionam com a produtividade de culturas perenes ou anuais (SWANEPOEL et al., 2014); relacionar atributos físicos com a qualidade do solo (INGARAMO, 2003).

Na produção pecuária, a compreensão do processo de degradação das pastagens para a predição de suas etapas é importante para evitar situações de quebra da sustentabilidade na produção. Nesse sentido, a utilização de indicadores de qualidade do solo auxilia na identificação dos níveis de degradação das pastagens (CARDOSO et al., 2009; FREITAS et al., 2012). O bom desempenho dos atributos do solo como indicadores para monitorar estádios iniciais de degradação vai influenciar na tomada de decisão quanto ao manejo a ser adotado na produção agropecuária (PIGNATARO NETTO et al., 2009). Nenhum indicador por si só, é capaz de refletir a complexidade do solo, pois essa é a razão pela qual um conjunto mínimo de dados normalmente é usado para interpretar os processos do solo (DORAN e PARKIN, 1996).

Contudo, a influência do relevo sobre atributos do solo dificulta o uso de indicadores no diagnóstico de um manejo inadequado, visto que, o relevo pode potencializar a degradação do solo. Nesse sentido, a posição da paisagem e a declividade do solo criam um padrão complexo de transporte de solutos e sedimentos que atuam no desenvolvimento do solo (MARQUES JÚNIOR e LEPSCH, 2000). Zornoza et al., (2007) alertam que indicadores de qualidade do solo avaliados em condições particulares de um segmento da paisagem não podem ser extrapolados para

outros segmentos em regiões de relevo montanhoso. CARLETTI et al., (2009) encontraram que faces de exposição são fatores microclimáticos importantes no controle da dinâmica das vegetações.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo selecionar um conjunto de indicadores de qualidade de solo, no período de verão e inverno, e avaliar a relação desses atributos com fatores ambientais e com a cobertura do solo em pastagens degradadas sob a bacia do rio Alegre, em Alegre-ES.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Região de estudo

O estudo foi realizado na sub-bacia hidrográfica do rio Alegre, localizada no município de Alegre, ES, e está inserida na bacia hidrográfica do rio Itapemirim. A sub-bacia possui área total de aproximadamente 20.521 ha sendo o centro da sub-bacia localizado na coordenada 232.977,968 m E e 7.697.067,930 m N, pelo sistema UTM (Datum SAD 69 - zona 24S). Representa aproximadamente 26,35% da área total do município de Alegre - ES e 3,41% da bacia hidrográfica do rio Itapemirim (MESQUITA, 2011). O clima regional na classificação de Köppen é do tipo Cwa, apresentando chuvas no verão e seca no período do inverno (SANTOS et al., 2009). A precipitação acumulada registrada pela estação de Alegre (20, 751°S; 41,489°W; 138 m) no período de out/2013 a set/2014 foi de 1306,8 mm, com média da temperatura mínima de 18,8 °C e média das máximas de 30,8 °C (Figura 1 - Introdução).

2.2 Coleta e preparo das amostras de solo

Em uma primeira etapa, as áreas de pastagens com maior nível de degradação foram separadas dentro da sub-bacia de estudo com auxílio de ortofotomosaicos disponibilizados pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), imagens do Google Earth e índice de vegetação (N.D.V.I) gerado a partir de imagens de satélite. Dessa forma, selecionaram-se 35 (trinta e cinco) áreas de pastagens dentro da bacia do rio Alegre - ES, cada área foi delimitada em parcelas de 30 x 30 metros e georreferenciadas no ponto central para coleta de solo, nas quais foram realizadas coletas em duas épocas: período de verão (janeiro de 2014) e o de inverno (agosto de 2014).

Em cada área foram realizadas coletas do solo em cinco pontos amostrais para constituir as amostras compostas deformadas nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m formando uma amostra simples, no período de verão (janeiro de 2014) e inverno (agosto de 2014) que posteriormente foi preparada a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). As amostras indeformadas foram coletadas em três repetições a campo nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m, utilizando anéis volumétricos e com auxílio do amostrado de Uhland. O solo coletado para determinar a agregação do solo foi em formas de torrões e amostras para fins de análises biológicas foram coletadas e passadas em peneira de 2 mm e acondicionadas em temperatura de 25° C.

2.3 Atributos químicos do solo

A caracterização química do solo foi realizada nas amostras de TFSA das amostras coletadas em profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m. Foram determinados o pH em água (relação 1:2,5); K trocável e P disponível, extraídos com a solução Mehlich-1; Al, Ca e Mg trocáveis, extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; e H⁺ + Al³⁺ extraído com acetato de cálcio a pH 7 de acordo com Embrapa (1997). O P remanescente foi determinado para estimar a capacidade de adsorção de P segundo Alvarez V. et al. (2000).

2.4 Atributos físicos do solo

A análise granulométrica foi realizada nas amostras de TFSA nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m pelo método da pipeta com agitação lenta (50 rpm) com agitador tipo Wagner e presença de dispersante químico (RUIZ, 2005a, 2005b). Para determinação da argila dispersa em água (ADA), utilizou-se também a agitação lenta (50 rpm) sem presença de dispersante químico (NaOH, 0,1 mol L⁻¹). Obteve-se a argila dispersa em água (ADA) e a partir da mesma se calculou o grau de floculação (GF) (EMBRAPA, 1997).

A análise de estabilidade de agregados foi realizada por peneiramento via úmido, utilizando-se 25 g de agregado nos tamanhos de 4 a 2 mm. As amostras foram pré-umedecidas, segundo as recomendações de umedecimento lento descritas por Kemper e Rosenau (1986), por 15 minutos, permitindo-se a penetração lenta de água nos agregados, minimizando assim sua destruição pela rápida expulsão do ar quando imerso

na água. Posteriormente, a separação foi realizada com equipamento de Yoder. Também foram determinados o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP), conforme Kemper e Rosenau (1986).

A densidade de partículas (D_p) foi determinada utilizando-se amostras de solo deformadas, pelo método do balão volumétrico com álcool etílico como líquido penetrante (EMBRAPA, 1997). A densidade do solo (D_s) foi determinada pelo método do anel volumétrico, oriundo de três amostras simples, com auxílio de amostrador de Uhland, nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m. A porosidade total (PT) foi obtida pela expressão: $PT=1- D_s/D_p$. Para determinação da macro (PMAC) e microporosidade (PMIC) foi utilizada a mesa de tensão (EMBRAPA, 1997).

2.5 Atributos relacionados à matéria orgânica do solo

O carbono orgânico total (COT) foi quantificado por oxidação da matéria orgânica via úmida com $K_2Cr_2O_7$ $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ em meio sulfúrico e titulação com sulfato ferroso amoniacal (YEOMANS e BREMNER, 1988) nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m. A matéria orgânica leve (MOL) foi obtida nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m separando-se o solo por flotação em água, conforme adaptado de Anderson e Ingram (1989). O carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) foi realizado pelo método da Irradiação-Extração (ISLAM e WEIL, 1998) na profundidade de 0,0-0,10 m.

A respiração basal do solo foi determinada em amostras de 0,0-0,10 m, em triplicata, pelo método estático, em laboratório, pela captura de C-CO₂ emitido em uma amostra de solo e coletado em solução de NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e dosagem por titulação com HCl $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ (CURL e RODRIGUEZ-KABANA, 1972; STOTZKY, 1965). Foi utilizada uma amostra de 50 g de TFSA, previamente incubada por dez dias a 60% da capacidade de campo para restituição da microbiota do solo, em recipiente de 500 cm³ com fechamento hermético, seguindo-se com a incubação a uma temperatura de aproximadamente 25 °C, por 48 horas. Após esse período 10 mL da solução de NaOH de cada recipiente foi titulado com HCl 0,25 mol/L. Prosseguindo-se com a avaliação no 4°, 7°, 11°, 16°, 22° e 36° dias após a incubação.

Após a realização das análises de C-BMS e C-CO₂ evoluído, foi determinado o quociente metabólico (qCO_2), conforme Anderson e Domsch (1990), sendo esse atributo obtido a partir da relação C-CO₂/C-BMS, e o quociente microbiano ($qMIC$), pela relação C-BMS/C- orgânico total (SPARLING, 1992). O carbono solúvel em água

(CSOL) foi determinado segundo Bartlett e Ross (1988), utilizando 10g de TFSA triturada e passada em peneira de 0,2 mm com 20 ml de água destilada, agitação por 15 minutos, centrifugação (FCR: 1.500 g) por 10 minutos e posterior filtragem em papel filtro quantitativo. A leitura foi realizada por colorimetria com comprimento de onda de 495 nm.

2.6 Análises estatísticas

Foi realizada análise descritiva (média, coeficiente de variação e percentis 10 e 90) dos atributos químicos, físicos e os relacionados à matéria orgânica do solo em amostras de solo coletadas em pastagens com diferentes níveis de degradação nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m no período de verão e inverno. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi realizada com objetivo de selecionar grupos de variáveis que melhor explicam a variância total dos dados (HAIR et al., 2009). Na ACP, fatores principais (componentes principais) que respondem pela maior parte da variabilidade de todas as variáveis foram identificados, decompondo-se a matriz de correlação ou covariância (CRUZ e REGAZZI, 1994), sendo no presente estudo utilizada a matriz de correlação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 1 e 2 é apresentada a análise descritiva referente aos atributos químicos do solo das áreas sob pastagens nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m, no período de inverno e verão. Na profundidade de 0,0-0,10 m, não ocorreu diferença entre períodos na maioria dos atributos químicos do solo, com exceção do P, pH e H+Al, significativos em 1% de significância.

Nos dois períodos os teores de P, K e Ca disponíveis encontram-se em nível baixo e teores de Mg, Al, pH e os valores de (H+Al) em níveis altos (PREZOTTI et al., 2007). Apesar da variação sazonal para o P, pH e H+Al, tais atributos mantiveram na mesma classe de fertilidade.

Tabela 1. Análise descritiva dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,0 - 0,10 m nos períodos de verão e inverno.

| Atributos ⁽¹⁾ | | Verão | | | | Inverno | | | | D |
|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------|-----------|-------|-------------------------|--------|-----------|-------|-------|
| | | Média | CV % | Percentil | | Média | CV % | Percentil | | |
| | | | | 10 | 90 | | | 10 | 90 | |
| | | ----- 0,0 - 0,10 m ----- | | | | -----0,0 - 0,10 m ----- | | | | |
| P | mg dm ⁻³ | 1,94 | 39,93 | 0,97 | 2,86 | 1,49 | 42,83 | 0,90 | 2,22 | 0,000 |
| K | mg dm ⁻³ | 45,57 | 76,08 | 17,00 | 92,00 | 49,71 | 86,65 | 20,00 | 91,80 | 0,300 |
| Ca | cmol _c dm ⁻³ | 0,60 | 124,94 | 0,06 | 1,62 | 0,68 | 145,57 | 0,02 | 1,87 | 0,507 |
| Mg | cmol _c dm ⁻³ | 0,68 | 96,53 | 0,07 | 1,74 | 0,61 | 119,76 | 0,02 | 1,61 | 0,446 |
| Al | cmol _c dm ⁻³ | 0,84 | 68,53 | 0,00 | 1,45 | 0,93 | 69,87 | 0,10 | 1,63 | 0,111 |
| pH | (H ₂ O) | 5,07 | 8,50 | 4,60 | 5,69 | 4,77 | 11,50 | 4,19 | 5,47 | 0,000 |
| H + Al | cmol _c dm ⁻³ | 7,69 | 33,58 | 4,41 | 10,82 | 6,82 | 41,75 | 3,50 | 10,87 | 0,000 |
| P-rem | mg L ⁻¹ | 29,12 | 35,67 | 16,27 | 42,32 | 28,79 | 37,23 | 14,89 | 44,03 | 0,579 |

⁽¹⁾ P – fósforo extraído por Mehlich-1; K - potássio extraído por Mehlich-1; Ca, Mg e Al - teores de Ca, Mg e Al extraídos por KCl 1 mol L⁻¹; pH- em água ; H + Al – Acidez potencial; P-rem – fósforo remanescente; D: Diferença pelo teste t de Student (inverno – verão).

Na profundidade de 0,10-0,20 m os atributos P e pH apresentaram diferenças entre os dois períodos (Tabela 2). Os teores médios de P, K e Ca e Mg foram classificados no nível baixo, e Al no nível médio, porém, os teores de Mg e Al em algumas amostras (percentil 90%) foram altos. Os valores de acidez potencial (H+Al) foram altos se pH os de baixo, caracterizando acidez ativa elevada. O fósforo remanescente (P-rem) encontra-se no nível médio de fertilidade do solo (PREZOTTI et al., 2007).

Tabela 2. Análise descritiva dos atributos químicos dos solos na profundidade de 0,10 - 0,20 m nos períodos de verão e inverno.

| Atributos ⁽¹⁾ | | Verão | | | | Inverno | | | | D |
|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|--------|-----------|-------|---------------------------|--------|-----------|-------|-------|
| | | Média | CV % | Percentil | | Média | CV % | Percentil | | |
| | | | | 10 | 90 | | | 10 | 90 | |
| | | ----- 0,10 - 0,20 m ----- | | | | ----- 0,10 - 0,20 m ----- | | | | |
| P | mg dm ⁻³ | 1,90 | 97,73 | 0,50 | 3,78 | 1,20 | 76,70 | 0,66 | 1,88 | 0,027 |
| K | mg dm ⁻³ | 26,74 | 98,40 | 9,40 | 49,60 | 30,09 | 110,93 | 10,40 | 49,00 | 0,195 |
| Ca | cmol _c dm ⁻³ | 0,32 | 116,46 | 0,04 | 0,93 | 0,35 | 169,60 | 0,00 | 0,90 | 0,673 |
| Mg | cmol _c dm ⁻³ | 0,51 | 183,30 | 0,02 | 1,29 | 0,34 | 126,58 | 0,01 | 0,92 | 0,299 |
| Al | cmol _c dm ⁻³ | 0,84 | 43,69 | 0,37 | 1,30 | 0,96 | 53,16 | 0,20 | 1,48 | 0,061 |
| pH | (H ₂ O) | 4,99 | 6,81 | 4,64 | 5,41 | 4,54 | 10,07 | 4,13 | 5,27 | 0,000 |
| H + Al | cmol _c dm ⁻³ | 7,54 | 35,77 | 3,88 | 10,97 | 6,74 | 39,76 | 4,06 | 10,37 | 0,086 |
| P-rem | mg L ⁻¹ | 25,27 | 41,78 | 13,51 | 38,90 | 26,18 | 40,97 | 14,45 | 41,21 | 0,027 |

⁽¹⁾ P – fósforo extraído por Mehlich-1; K - potássio extraído por Mehlich-1; Ca, Mg e Al - teores de Ca, Mg e Al extraídos por KCl 1 mol L⁻¹; pH- em água; H + Al: Acidez potencial; P-rem – fósforo remanescente D: Diferença pelo teste t de Student (inverno – verão).

No geral, os atributos químicos dos solos encontram-se em níveis baixos nos períodos de inverno e verão, indicando baixa fertilidade dos solos, situação que reflete a ausência das práticas de calagem e adubação nas áreas. A diferença constatada somente para o H+Al na profundidade de 0,0-0,10 m infere sobre a influência da variação sazonal na matéria orgânica do solo, que tem forte relação com a acidez potencial.

Os resultados dos atributos físicos nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m (Tabelas 3 e 4) indicam que não ocorre a variação sazonal desses atributos, exceto ADA e GF, uma vez que são atributos de menor dinâmica no solo. Destaque para a ADA, que na profundidade de 0,0-0,10 m apresentou menores valores no período de inverno e maiores na profundidade de 0,10-0,20 m, no mesmo período. Os solos nas profundidades avaliadas apresentam alto grau de floculação (GF), suas diferenças significativas em 1% em razão dos períodos ocorrem apenas na profundidade de 0,0-0,10, onde normal um maior teor de matéria orgânica. (Tabelas 3 e 4). Os maiores graus de floculação nas áreas sob pastagem degradada contribuem para menor dispersão da argila em água, o que é uma característica desejável para maior infiltração de água no solo e reduzir perdas por erosão.

A densidade do solo (Ds) tem sido um dos atributos físicos usados para a avaliação da qualidade estrutural do solo. No presente estudo os valores de Ds, apresentaram na profundidade 0,0-0,10 m média de $1,35 \text{ mg m}^{-3}$, em ambos os períodos. No entanto, amostras com Ds de $1,50 \text{ mg m}^{-3}$ e mg m^{-3} (percentil 90%) foram observadas, respectivamente no verão e inverno (Tabela 3). Esses valores estão acima do limite máximo ($> 1,45 \text{ mg m}^{-3}$) comumente encontrado em solos argilosos e muito argilosos (RESENDE, 1995; REINERT et al., 2001), pastagens mal manejadas (degradadas) e com superlotação resultam em aumento na densidade do solo (MOREIRA et al., 2005). Na profundidade de 0,10-0,20 m, os valores médios de Ds foram abaixo dos níveis considerados críticos, porém algumas amostras (percentil 90%) no período de verão apresentaram valores de $1,47 \text{ mg m}^{-3}$.

Lisbôa (2014), estudando níveis de degradação e indicadores de qualidade de latossolo vermelho-amarelo sob pastagens na região de Alegre-ES, reportam valores de densidade do solo em média, de $1,19 \text{ mg m}^{-3}$ no período chuvoso e de $1,29 \text{ mg m}^{-3}$ no período seco. Ressalta-se que, na profundidade de 0,5 a 0,10 m, durante o período seco, amostras tiveram Ds de $1,54 \text{ mg m}^{-3}$, valores acima dos encontrados em áreas de mata.

Esta alteração da Ds depende das raízes e da compressibilidade do solo, podendo permitir maior resiliência à ação de deformação e pressões de pisoteio no período do inverno (CARASSAI et al., 2011).

Tabela 3. Análise descritiva dos atributos físicos do solo na profundidade de 0,0-0,10 m nos períodos de verão e inverno.

| Atributos ⁽¹⁾ | Verão | | | | | | Inverno | | | D |
|--------------------------|--------------------------------|-------|--------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | Média | CV % | Percentil | | Média | CV % | Percentil | | | |
| | | | 10 | 90 | | | 10 | 90 | | |
| | | | 0,0 – 0,10 m | | | | | | | |
| P-value | | | | | | | | | | |
| AG | dag kg ⁻¹ | 31,51 | 23,38 | 21,69 | 39,86 | 32,77 | 20,35 | 24,69 | 41,09 | 0,271 |
| AF | dag kg ⁻¹ | 11,64 | 24,47 | 8,43 | 15,61 | 12,18 | 24,90 | 8,76 | 16,00 | 0,154 |
| SI | dag kg ⁻¹ | 8,70 | 40,50 | 5,15 | 13,14 | 9,40 | 48,21 | 5,53 | 12,70 | 0,445 |
| ARG | dag kg ⁻¹ | 44,80 | 17,94 | 35,24 | 54,80 | 44,00 | 22,89 | 31,74 | 55,17 | 0,590 |
| ADA | dag kg ⁻¹ | 16,50 | 27,70 | 10,61 | 22,28 | 12,40 | 90,88 | 2,90 | 31,56 | 0,008 |
| GF | % | 62,77 | 14,77 | 53,39 | 77,66 | 71,35 | 35,51 | 32,01 | 93,63 | 0,017 |
| Ds | mg m ⁻³ | 1,35 | 8,84 | 1,21 | 1,50 | 1,35 | 9,93 | 1,18 | 1,53 | 0,816 |
| PMIC | m ³ m ⁻³ | 0,36 | 11,81 | 0,30 | 0,41 | 0,36 | 11,99 | 0,31 | 0,42 | 0,997 |
| PMAC | m ³ m ⁻³ | 0,07 | 48,19 | 0,03 | 0,11 | 0,07 | 60,40 | 0,02 | 0,14 | 0,670 |
| PT | m ³ m ⁻³ | 0,43 | 10,32 | 0,37 | 0,48 | 0,43 | 11,33 | 0,37 | 0,49 | 0,458 |
| DMG | mm | 2,30 | 16,52 | 1,71 | 2,68 | 2,22 | 14,38 | 1,74 | 2,50 | 0,230 |
| DMP | mm | 2,62 | 9,56 | 2,27 | 2,85 | 2,61 | 10,00 | 2,32 | 2,81 | 0,704 |

⁽¹⁾AG – teor de areia grossa; AF- teor de areia fina; SI- teor de silte; ARG - teor de argila; ADA- teor de argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; DS - densidade do solo; PMIC: microporosidade; PMAC: macroporosidade ; PT- porosidade total; DMG: diâmetro médio geométrico de agregado; DMP: Diâmetro médio ponderado de agregado; D: Diferença pelo teste t Student (inverno - verão).

A PT e PMAC não variaram entre períodos, porém maiores valores encontram-se na profundidade de 0,10-0,20 m (Tabela 3 e 4). WENDLING et al., (2012) reportam valores médios de porosidade total com médias de 0,56 m m⁻³ em áreas de pastagens.

Com relação à PMAC, vale ressaltar que as médias (0,07 m³m⁻³) ficaram abaixo do limite considerado crítico para o bom estabelecimento das culturas que é de 0,10 dm dm⁻¹ (REINERT et al., 2001). Maciel et al., (2009) encontraram valores entre 0,13 e 0,22 m³ m⁻³ nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m para pastagens com maiores níveis de degradação. Rocha (2012), trabalhando com indicadores de qualidade do solo e determinação de níveis de degradação de pastagens, obtiveram valores de PMAC variando entre 0,9 a 0,16 m³ m⁻³, valores estes, que estão próximos aos valores encontrados nas pastagens em estudos.

Tabela 4. Análise descritiva dos atributos físicos do solo na profundidade de 0,10 - 0,20 m nos períodos de verão e inverno.

| Atributos ⁽¹⁾ | Verão | | | | | | Inverno | | | D |
|--------------------------|--------------------------------|-------|-----------|---------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | Média | CV % | Percentil | | Média | CV % | Percentil | | | |
| | | | 10 | 90 | | | 10 | 90 | | |
| | ----- 0,10 – 0,20 m ----- | | | ----- 0,10 – 0,20 m ----- | | | P-value | | | |
| AG | dag kg ⁻¹ | 29,35 | 25,38 | 20,07 | 37,70 | 30,44 | | 26,84 | 21,25 | 39,21 |
| AF | dag kg ⁻¹ | 10,62 | 26,49 | 7,51 | 14,70 | 10,45 | 26,01 | 7,50 | 14,50 | 0,612 |
| SI | dag kg ⁻¹ | 9,57 | 56,89 | 5,26 | 14,53 | 9,50 | 52,12 | 5,82 | 12,63 | 0,919 |
| ARG | dag kg ⁻¹ | 47,00 | 21,86 | 34,04 | 59,64 | 47,94 | 19,98 | 35,85 | 58,62 | 0,447 |
| ADA | dag kg ⁻¹ | 17,71 | 33,94 | 9,94 | 25,06 | 30,30 | 2,65 | 21,22 | 39,50 | 0,067 |
| GF | % | 61,59 | 20,57 | 47,85 | 78,83 | 36,05 | 40,80 | 23,97 | 54,73 | 0,123 |
| DS | mg m ⁻³ | 1,26 | 12,30 | 1,05 | 1,47 | 1,26 | 12,91 | 1,10 | 1,44 | 0,792 |
| PMIC | m ³ m ⁻³ | 0,36 | 12,14 | 0,31 | 0,41 | 0,35 | 10,26 | 0,31 | 0,40 | 0,660 |
| PMAC | m ³ m ⁻³ | 0,13 | 32,34 | 0,08 | 0,19 | 0,13 | 39,31 | 0,07 | 0,19 | 0,900 |
| PT | m ³ m ⁻³ | 0,49 | 13,00 | 0,40 | 0,58 | 0,48 | 13,45 | 0,40 | 0,57 | 0,782 |
| DMG | mm | 2,35 | 14,41 | 1,95 | 2,75 | 2,36 | 14,38 | 1,87 | 2,69 | 0,539 |
| DMP | mm | 2,65 | 7,23 | 2,44 | 2,88 | 2,60 | 8,29 | 2,26 | 2,82 | 0,126 |

¹⁾AG – teor de areia grossa; AF- teor de areia fina; SI- teor de silte; ARG - teor de argila; ADA- teor de argila dispersa em água; GF: Grau de flocculação; DS - densidade do solo; PMIC: microporosidade; PMAC: macroporosidade ; PT- porosidade total; DMG: diâmetro médio geométrico de agregado; DMP: Diâmetro médio ponderado de agregado; D: Diferença pelo teste t Student (inverno – verão).

A estabilidade de agregados reflete a situação da qualidade física dos solos, podendo ser expresso pelo índice diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP). No presente trabalho, não houve diferença entre as profundidades dos períodos. Entretanto, apresentaram valores altos de DMG e DMP (Tabelas 4 e 5) caracterizando um solo mais agregado (ZALAMENA et al., 2008). Segundo Oades (1984), tal fato atribui-se também à presença de gramíneas, as quais promovem maior aporte de raízes, favorecendo maior agregação das partículas, provavelmente pela decomposição da matéria orgânica e por exsudados de raízes. Wendling et al., (2012), estudando áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto, verificaram que a área de cerrado obteve maiores valores de DMG (1,75 mm) e DMP (2,22 mm) na profundidade de 0,0-0,10 m, enquanto que na área de pastagem os valores encontrados foram de 0,84 mm para DMG e de 1,72 mm para DMP. Tavares-Filho et al., (2010), trabalhando com diferentes usos do solo, concluíram que o solo sob pastagem apresentou baixo DMG, com valores abaixo de 2 mm. Os autores atribuíram este valor ao alto teor de areia e ao manejo adotado, uma vez que ocorreu a renovação da pastagem com o fogo.

As áreas de pastagens degradadas em estudo apresentaram maiores mudanças nos atributos relacionados aos compartimentos da matéria orgânica do solo, tanto entre períodos como entre profundidades (Tabelas 5 e 6). Diferenças estatísticas com alto grau de significância são observadas entre períodos de verão e inverno. Os valores de matéria orgânica leve (MOL) diminuem em profundidade, sendo os maiores valores encontrados no inverno. Dentre as formas de C no solo, a MOL contribui para o compartimento lento representando potencial para liberação de nutrientes em curto e médio prazo (LEITE, 2004). O teor de COT foi maior em superfície e no período de inverno em ambas as profundidades, ocorrendo um decréscimo com a mesma, destacando a diferença não significativa na profundidade de 0,10-0,20 m.

Com relação ao carbono solúvel em água (CSOL), maiores valores são encontrados no período do verão, diminuindo com a profundidade (Tabela 5). O CSOL é uma forma de C lábil na qual a concentração no solo é regulada pela qualidade e pelo teor de matéria orgânica, acidez, disponibilidade de nutrientes e fatores ligados à comunidade microbiana (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2008). De modo geral, verificou-se um decréscimo do CSOL ao longo das profundidades avaliadas do solo. O CBMS da profundidade de 0,0-0,10 m foi fortemente afetado pelo período de avaliação nas áreas de pastagens degradadas, tendo sido verificado valor duas vezes maior no período de inverno. Em relação à respiração do solo (C-CO₂), maiores valores foram encontrados no período de verão (Tabela 5). O quociente metabólico foi maior no verão, consequentemente devido ao aporte de resíduo de pastagens depositado ao solo oriundo do período de inverno. Lourent et al., (2011) encontraram redução nos valores qCO₂ de inverno comparado ao de verão, em pastagens no bioma cerrado, o que corrobora com os valores da Tabela 5.

Fatores relacionados à baixa fertilidade do solo e menor recurso energético oriundo da matéria orgânica têm sido considerados responsáveis pela redução na atividade microbiana (MERCANTE et al., 2008). Segundo Alves et al., (2011), a microbiota é favorecida em sistemas onde existe um maior aporte pela cobertura vegetal, fornecendo maior fonte de nutrientes para o desenvolvimento da comunidade microbiana. Já a taxa de respiração mais elevada pode ser desejável ou não, podendo indicar tanto distúrbio ou stress como alto nível de produtividade do ecossistema (ISLAM e WEIL, 2000).

Tabela 5. Análise descritiva dos atributos relacionados à matéria orgânica do solo na profundidade de 0,0-0,10 m nos períodos de verão e inverno.

| Atributos ⁽¹⁾ | | Verão | | | | Inverno | | | | D |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------|-----------|--------|--------------------------|-------|-----------|--------|---------|
| | | Média | CV % | Percentil | | Média | CV % | Percentil | | P-value |
| | | | | 10 | 90 | | | 10 | 90 | |
| | | ----- 0,0 – 0,10 m ----- | | | | ----- 0,0 – 0,10 m ----- | | | | |
| MOL | g kg ⁻¹ | 1,84 | 45,87 | 0,71 | 3,01 | 3,76 | 58,16 | 1,40 | 6,74 | 0,000 |
| COT | g kg ⁻¹ | 25,22 | 28,93 | 16,65 | 34,49 | 23,96 | 25,98 | 16,66 | 33,42 | 0,013 |
| CSOL | mg C kg ⁻¹ | 276,89 | 33,11 | 167,00 | 394,67 | 188,28 | 52,68 | 81,60 | 333,89 | 0,000 |
| CBMS | µm g ⁻¹ | 166,21 | 38,51 | 93,27 | 259,09 | 351,81 | 29,60 | 234,18 | 482,18 | 0,006 |
| C-CO _{2AC} | *mg | 109,73 | 22,91 | 86,12 | 139,40 | 79,47 | 21,93 | 59,66 | 97,03 | 0,000 |
| qMIC | % | 0,70 | 38,78 | 0,33 | 0,97 | 1,54 | 34,08 | 0,99 | 2,22 | 0,000 |
| qCO ₂ | ** | 18,37 | 60,21 | 8,53 | 27,3 | 5,75 | 33,92 | 3,28 | 7,97 | 0,000 |

MOL - Matéria orgânica leve; COT - Carbono orgânico total por dicromatometria; CSOL – carbono solúvel em água; CBMS - Carbono da biomassa microbiana; *C-CO_{2AC} - Respiração basal acumulada (mg C-CO₂/50 g de solo); qMIC - quociente microbiano; qCO₂ - quociente metabólico (**µg C-CO₂/µg⁻¹ C-BM h⁻¹).D: Diferença pelo teste t Student (inverno – verão).

Tabela 6. Análise descritiva dos atributos relacionados à matéria orgânica do solo na profundidade de 0,10-0,20 m nos períodos de verão e inverno.

| Atributos ⁽¹⁾ | | Verão | | | | Inverno | | | | D |
|--------------------------|---------------------|---------------------------|-------|-----------|--------|---------------------------|-------|-----------|--------|---------|
| | | Média | CV % | Percentil | | Média | CV % | Percentil | | P-value |
| | | | | 10 | 90 | | | 10 | 90 | |
| | | ----- 0,10 – 0,20 m ----- | | | | ----- 0,10 – 0,20 m ----- | | | | |
| MOL | g kg ⁻¹ | 1,03 | 57,57 | 0,52 | 1,58 | 1,67 | 81,10 | 0,74 | 3,21 | 0,000 |
| COT | g kg ⁻¹ | 19,92 | 27,42 | 13,77 | 27,36 | 20,29 | 31,62 | 10,97 | 28,89 | 0,637 |
| CSOL | mg kg ⁻¹ | 177,07 | 31,29 | 118,06 | 250,00 | 144,29 | 36,65 | 72,15 | 215,75 | 0,006 |

MOL - Matéria orgânica leve; COT - Carbono orgânico total por dicromatometria; CSOL – Carbono solúvel em água.CV: Coeficiente de variação; D: Diferença pelo teste t Student (inverno – verão).

A redução dos valores de CBMS durante o verão, associada ao aumento da respiração do solo (C-CO₂), indica que a biomassa microbiana estaria mineralizando os nutrientes. Por outro lado, alto valor de CBMS e os baixos valores de C-CO₂ durante inverno indicam que a biomassa microbiana funciona como um compartimento de reserva de nutrientes nesses períodos, evitando perdas através de processos como a lixiviação (ESPINDOLA et al., 2001).

O conhecimento de tais variações auxilia na elaboração de estratégias de manejo das gramíneas como planta de cobertura vegetal do solo, visando à oferta adequada de pastagens para os animais em diferentes períodos do ano. Ressalta-se que esse conhecimento é importante para elaboração de indicadores de qualidade do solo ou das pastagens. Sabendo-se que os indicadores variam entre períodos (clima), fazendo-se

necessário desenvolver índice, um para cada época. Nesse caso, as mudanças de valores refletem ou são influenciados pelo clima e não somente pelo manejo.

A elevação nos teores de MOL no solo no inverno estaria associada a grandes quantidades de resíduo depositadas pelos restos da cobertura vegetal. Segundo GAMA-RODRIGUES (1999), tais elevações conferem função de reserva à biomassa microbiana, acumulando grandes quantidades de nutrientes. Constituída por resíduos orgânicos parcialmente humificados em vários estádios de decomposição com residência de 1 a 5 anos no solo (JANZEN et al., 1992), a MOL representa medida de sensibilidade intermediária (FREIXO et al., 2002), considerando uma escala crescente de sensibilidade a biomassa microbiana em primeiro (LUNDQUIST et al., 1999).

A frequência média de recobrimento por braquiária de 49,62 % no verão e de 46,71 % no inverno. Para frequência de recobrimento das diferentes coberturas vegetais, destacam-se condições com 34 e 42 % de solo exposto (percentil 90) no verão e inverno, respectivamente, indicando severo nível de degradação de algumas pastagens (Tabela 7). As plantas espontâneas de folha larga e estreita se destacam no período de verão e a cobertura morta foi maior no inverno.

Tabela 7. Análise descritiva da frequência da cobertura do solo pelo método da corda em duas épocas de avaliação em áreas de pastagens degradadas na bacia do rio Alegre-ES.

| Est ⁽¹⁾ | BR | | SE | | EFL | | EFE | | CM | |
|--------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|
| | Verão | Inverno | Verão | Inverno | Verão | Inverno | Verão | Inverno | Verão | Inverno |
| X | 49,62 | 46,71 | 20,44 | 22,15 | 9,22 | 5,67 | 10,86 | 6,98 | 9,69 | 18,4 |
| CV | 48,41 | 51,86 | 64,77 | 69,07 | 124,8 | 130,51 | 139,52 | 156,9 | 67,75 | 53,21 |
| PERC 10 | 8,29 | 4,12 | 8,69 | 3,42 | 0,19 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 3,18 | 7,48 |
| PERC 90 | 73,69 | 73,04 | 34,85 | 42,05 | 30,14 | 17,07 | 37,48 | 24,17 | 16,38 | 28,71 |

⁽¹⁾: Estatística; X: Médias; CV: Coeficiente de variação (%); PERC: Percentil; BR: Braquiária; SE: Solo exposto; EFL: Espontânea folha larga; EFE: Espontânea folha estreita; CM: Cobertura morta.

Na avaliação dos atributos do solo com intuito de selecionar o conjunto mínimo de atributos como indicadores de qualidade das pastagens, realizou-se a análise de componentes principais (ACP) e as quatro primeiras componentes foram selecionadas baseado nos autovalores maiores que 1. Na profundidade 0,0-0,10 m no período de verão, os quatro primeiros fatores explicaram 73,20% da variabilidade dos dados, e no período de inverno explicaram 72,35% (Tabela 8). De acordo com Cruz e Regazzi (1994), isso seria desejável ocorrer com os dois primeiros componentes dentro do objetivo de resumir as informações em menor número de componentes. Porém, segundo

Legendre e Legendre (1998), pode-se interpretar os componentes principais cujos autovalores são maiores que 1 (critério de Kaiser-Guttman).

Tabela 8. Variância explicada pelos componentes principais e correlação⁽¹⁾ entre variáveis originais e componentes principais na profundidade de 0,0-0,1 m.

| Variáveis | CP 1 | CP 2 | CP 3 | CP 4 | CP 1 | CP 2 | CP 3 | CP 4 |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|-------------|-------|--------------|
| <i>Autovalor</i> | 6,84 | 3,55 | 2,48 | 1,77 | 7,13 | 3,10 | 2,36 | 1,88 |
| <i>Var. (%)</i> | 34,2 | 17,75 | 12,4 | 8,85 | 35,65 | 15,5 | 11,8 | 9,4 |
| <i>Var.Ac.(%)</i> | 34,2 | 51,95 | 64,35 | 73,2 | 35,65 | 51,15 | 62,95 | 72,35 |
| | <i>Verão</i> | | | | <i>Inverno</i> | | | |
| P | 0,04 | 0,05 | -0,06 | -0,44 | -0,11 | 0,39 | 0,42 | -0,45 |
| K | 0,77 | 0,12 | -0,14 | 0,09 | 0,73 | 0,12 | 0,21 | 0,01 |
| Ca | <u>0,53</u> | <u>0,63</u> | 0,24 | 0,09 | 0,71 | <u>0,57</u> | 0,09 | 0,22 |
| Mg | 0,79 | 0,33 | 0,21 | 0,33 | 0,85 | 0,24 | 0,17 | 0,16 |
| pH | <u>0,59</u> | <u>0,63</u> | 0,23 | 0,16 | <u>0,68</u> | <u>0,54</u> | 0,11 | 0,30 |
| HAl | -0,92 | 0,06 | 0,08 | -0,24 | -0,93 | 0,17 | -0,02 | -0,13 |
| PREM | 0,94 | -0,23 | -0,05 | 0,10 | 0,94 | -0,23 | 0,13 | -0,06 |
| AG | <u>0,67</u> | -0,09 | 0,20 | <u>-0,53</u> | <u>0,68</u> | 0,08 | 0,15 | -0,14 |
| ARG | <u>-0,68</u> | -0,02 | -0,32 | <u>0,51</u> | <u>-0,65</u> | 0,05 | 0,16 | -0,03 |
| ADA | -0,09 | -0,19 | 0,05 | 0,76 | -0,15 | -0,39 | -0,12 | 0,46 |
| DMP | -0,17 | 0,44 | 0,09 | 0,34 | -0,15 | 0,45 | 0,06 | 0,29 |
| PMIC | -0,78 | 0,27 | 0,29 | 0,04 | -0,65 | 0,06 | 0,04 | 0,64 |
| PMAC | -0,12 | -0,06 | -0,16 | -0,19 | -0,33 | 0,29 | -0,08 | -0,76 |
| DS | 0,85 | -0,28 | -0,18 | 0,08 | 0,88 | -0,36 | 0,04 | 0,05 |
| MOL | -0,05 | 0,76 | 0,49 | 0,05 | -0,18 | <u>0,56</u> | -0,15 | 0,32 |
| COT | <u>-0,65</u> | <u>0,52</u> | 0,43 | -0,15 | -0,54 | 0,72 | -0,02 | 0,17 |
| CSOL | 0,40 | 0,14 | 0,49 | -0,03 | 0,31 | <u>0,58</u> | 0,44 | -0,12 |
| CBMS | 0,02 | 0,83 | -0,36 | -0,22 | -0,45 | 0,10 | 0,83 | 0,10 |
| qMIC | 0,50 | 0,37 | <u>-0,62</u> | -0,11 | -0,03 | -0,45 | 0,75 | 0,02 |
| qCO ₂ | 0,01 | -0,71 | <u>0,63</u> | 0,02 | 0,46 | 0,25 | -0,72 | -0,12 |

⁽¹⁾ correlações >0,7 – forte; <0,7 e >0,5 – fraca; CP: Componentes principais; P – fósforo; K - potássio; Ca: Cálcio; Mg : Magnésio; pH- em água; H + Al: Acidez potencial; PREM – fósforo remanescente; AG: Areia grossa; ARG: Argila; ADA: argila dispersa em água; DMP: Diâmetro médio ponderado; PMIC: Microporosidade; PMAC: macroporosidade; DS: Densidade do solo; MOL: Matéria orgânica Leve; COT: Carbono orgânico total; CSOL: Carbono solúvel em água.

No período do verão, na profundidade 0,0-0,10 m, houve maior correlação entre CP1 e as variáveis K, Mg, H+Al, Prem, PMIC e Ds (Tabela 8). Situação semelhante ocorre no período de inverno, indicando que as bases trocáveis do solo (K e Mg) se correlacionam com o CP1, de maior variância (Tabela 8). Os atributos ARG e COT tiveram correlação negativa com CP1 e a fração AG apresentou correlação positiva com CP1, o que pode sugerir minerais na fração AG como fonte de bases no solo. Sadusky et al., (1987), estudando a cinética e os mecanismos de liberação de K de solos arenosos observaram grande liberação do nutriente pelos minerais presentes na fração areia, principalmente feldspato potássico, evidenciando a importância das frações mais grosseiras do solo no fornecimento de K para as plantas. Segundo Melo et al., (2000),

pequena quantidade de potássio dos minerais micáceos, considerando os altos teores de K e Mg, é suficiente para fornecer incremento destes nutrientes, normalmente obtidos na fração areia de solos altamente intemperizados.

O segundo componente principal (CP2) teve maior correlação com os atributos relacionados à matéria orgânica: MOL, CBMS e qCO_2 , que foram mais importantes para explicar a variabilidade dos dados no período de verão (Tabela 8). Observa-se que os atributos relacionados à matéria orgânica do solo, com exceção do CSOL, foram os que melhor explicaram a CP2 no período do verão. O CBMS apresentou correlação negativa com os valores de qCO_2 , tendo menores valores de CBMS durante o verão e aumento da respiração do solo ($C-CO_2$), aumento este, que expressa o estresse causado no CBMS, tornando importante esta relação no entendimento das mudanças do carbono no solo. Por outro lado, maiores correlações de CBMS e os baixos valores de $C-CO_2$ durante inverno indicam uma eficiência dos micro-organismos do solo em utilizar o substrato (ANDERSON e DOMSCH, 1993).

Os Componentes Principais 3 e 4 explicaram a menor parte da variação dos dados, sendo os atributos relacionados menos importantes como indicadores de qualidade do solo.

Na profundidade 0,10-0,20 m no período de verão, os quatro primeiros fatores explicaram 72% da variabilidade dos dados e no período de inverno 72,80% da variabilidade dos dados foi alcançada (Tabela 9). Os atributos que compõem a CP1 na profundidade de 0,10-0,20 m apresentam comportamento semelhante àqueles de profundidade de 0,0-0,10 m em ambos os períodos, ou seja, presença de bases trocáveis no solo tem forte relação com CP1. Na CP2 observa-se que, diferentemente do observado na profundidade de 0,0-0,10 m, os atributos relacionados à matéria orgânica do solo não apresentam grande importância na explicação da variação dos dados na profundidade de 0,10-0,20 m (Tabela 9), comportamento já esperado devido à menor contribuição da matéria orgânica em profundidade. Os Componentes Principais 3 e 4 explicaram a menor parte da variação dos dados, sendo os atributos relacionados menos importantes como indicadores de qualidade do solo (Tabela 9).

Tabela 9. Variância explicada pelos componentes principais e correlação⁽¹⁾ entre variáveis originais e componentes principais na profundidade de 0,10-0,20 m.

| Variáveis | CP 1 | CP 2 | CP 3 | CP 4 | CP 1 | CP 2 | CP 3 | CP 4 |
|--------------------|--------------|-------------|--------------|-------|----------------|-------------|--------------|--------------|
| <i>Autovalor</i> | 6,64 | 2,52 | 1,85 | 1,49 | 6,78 | 2,21 | 1,74 | 1,62 |
| <i>Var. (%)</i> | 39,1 | 13,2 | 10,9 | 8,8 | 39,8 | 13,1 | 10,3 | 9,6 |
| <i>Var.Ac. (%)</i> | 39,1 | 52,3 | 63,2 | 72,0 | 39,8 | 52,9 | 63,2 | 72,8 |
| | <i>Verão</i> | | | | <i>Inverno</i> | | | |
| P | -0,14 | 0,18 | 0,51 | 0,31 | -0,08 | 0,48 | 0,25 | 0,32 |
| K | <u>0,67</u> | 0,25 | 0,18 | -0,39 | 0,77 | 0,05 | 0,31 | 0,03 |
| Ca | 0,52 | 0,72 | 0,11 | 0,32 | <u>0,65</u> | <u>0,65</u> | 0,10 | -0,14 |
| Mg | <u>0,66</u> | <u>0,48</u> | -0,11 | 0,08 | 0,76 | 0,45 | 0,24 | -0,26 |
| pH | <u>0,60</u> | <u>0,57</u> | 0,38 | 0,05 | <u>0,67</u> | <u>0,51</u> | 0,26 | 0,02 |
| HAl | -0,88 | 0,05 | 0,11 | -0,08 | -0,91 | 0,20 | -0,05 | 0,16 |
| PREM | 0,93 | -0,19 | -0,09 | 0,04 | 0,94 | -0,17 | 0,05 | -0,07 |
| AG | 0,73 | -0,29 | 0,36 | 0,16 | 0,71 | 0,01 | -0,38 | 0,38 |
| ARG | <u>-0,65</u> | 0,15 | <u>-0,59</u> | 0,10 | <u>-0,59</u> | -0,03 | <u>0,64</u> | -0,14 |
| ADA | 0,17 | 0,35 | -0,73 | -0,30 | -0,20 | 0,04 | -0,48 | <u>-0,64</u> |
| DMP | <u>-0,54</u> | 0,43 | 0,09 | 0,23 | -0,09 | 0,37 | <u>-0,60</u> | 0,25 |
| PMIC | -0,75 | 0,39 | 0,07 | -0,20 | <u>-0,60</u> | 0,17 | 0,17 | <u>0,65</u> |
| PMAC | <u>-0,50</u> | -0,37 | 0,27 | 0,24 | <u>-0,69</u> | 0,21 | 0,19 | <u>-0,51</u> |
| DS | 0,89 | -0,11 | -0,22 | 0,04 | 0,88 | -0,31 | -0,15 | 0,14 |
| MOL | -0,03 | 0,34 | -0,34 | 0,67 | 0,17 | <u>0,57</u> | -0,37 | -0,22 |
| COT | -0,75 | 0,37 | 0,27 | -0,15 | <u>-0,52</u> | <u>0,70</u> | -0,19 | 0,08 |
| CSOL | 0,15 | 0,33 | 0,21 | -0,63 | 0,45 | 0,12 | 0,24 | 0,06 |

⁽¹⁾ correlações >0,7 – forte; <0,7 e >0,5 – fraca; CP: Componentes principais; P – fósforo; K - potássio; Ca: Cálcio; Mg : Magnésio; pH- em água; H + Al: Acidez potencial; PREM – fósforo remanescente; AG: Areia grossa; ARG: Argila; ADA: argila dispersa em água; DMP: Diâmetro médio ponderado; PMIC: Microporosidade; PMAC: macroporosidade; DS: Densidade do solo; MOL: Matéria orgânica Leve; COT: Carbono orgânico total; CSOL: Carbono solúvel em água.

A partir dos resultados na Tabela 10, percebe-se para a CP1 nas duas profundidades do solo uma correlação com a presença de BR e SE, indicando que as bases trocáveis controlam a cobertura das pastagens. O Prem, Ds, PMIC possuem correlação, mas por praticidade das análises e também de correção da acidez devem-se preferir as bases como melhores indicadores. Com isso, os atributos relacionados com CP1 apresentam maior importância na construção de modelos para desenvolvimento de índices de qualidade do solo, levando em consideração a oferta de biomassa pela pastagem. A correlação positiva de CP1 com BR e negativa com SE indicam que a predominância de solo exposto ocorre em locais com maior presença de Al trocável ($r_{0,1 \text{ m Al trocável - verão} \times \text{SE}} = 0,41$; $p=0,017$) e a BR em locais de maior presença de bases (Tabela 9 e 10). Analisando-se os dados, percebe-se que no CP2 existe uma maior correlação com a braquiária somente no período de verão. Tal fato indica que a presença da matéria orgânica e sua ciclagem controlam também a presença da BR principalmente no verão.

A eficiência das espécies em conservar o carbono do solo deve-se, principalmente, às diferenças nas estratégias de sua alocação, o que afeta sensivelmente o seu tempo de ciclagem no ambiente. As pastagens alocam cerca de 30 a 50% do carbono fixado via fotossíntese para a formação e manutenção de um sistema radicular volumoso e profundo (KUZYAKOV e DOMANSKI, 2000), que apresentam uma rápida ciclagem, enquanto que as raízes grossas de arbóreas têm tempo de ciclagem longo. Além disso, as espécies arbóreas também depositam resíduos vegetais na superfície, onde as condições para sua decomposição são favoráveis (POST e KWON, 2000), enquanto que as pastagens alocam a maior parte de sua biomassa nas camadas subsuperficiais do solo.

Avaliando-se os fatores ambientais na variação dos dados, correlações negativas foram observadas entre CP1 e a altitude e precipitação total em ambas as profundidades e períodos (Tabela 11), o que significa que em locais de maior altitude e maior precipitação, menores serão os valores de K, Mg, Prem e Ds, paralelamente aos maiores valores de H+Al e de PMIC. Na profundidade de 0,0-0,10 m, no período de verão, ocorreu correlação positiva entre CP2 e a declividade e precipitação total, indicando que aumentando principalmente a precipitação, aumentam-se os valores MOL, CBMS e diminui-se os valores de qCO₂ (Tabela 10).

Tabela 10. Coeficiente de correlação de Pearson⁽¹⁾ entre os escores dos componentes principais e cobertura do solo⁽²⁾.

| | Verão | | | | Inverno | | | |
|---------------|----------------|--------------|-------|-------|----------------|----------------|-------|-------|
| | CP1 | CP2 | CP3 | CP4 | CP1 | CP2 | CP3 | CP4 |
| 0,0 - 0,10 m | | | | | | | | |
| BR | 0,36* | 0,42* | 0,32 | -0,15 | 0,30 | 0,28 | 0,11 | 0,16 |
| SE | -0,45** | -0,23 | -0,18 | 0,04 | -0,53** | -0,04 | 0,08 | -0,13 |
| EFLEFE | -0,20 | -0,33 | -0,29 | 0,13 | -0,25 | -0,40** | -0,12 | 0,05 |
| CM | 0,29 | 0,18 | 0,18 | 0,11 | 0,31 | -0,09 | -0,17 | -0,17 |
| 0,10 – 0,20 m | | | | | | | | |
| BR | 0,24 | 0,36* | 0,19 | 0,25 | 0,30 | 0,30 | 0,10 | 0,18 |
| SE | -0,36* | -0,23 | -0,13 | 0,29 | -0,51** | -0,09 | -0,18 | -0,23 |
| EFLEFE | -0,15 | -0,26 | -0,15 | -0,31 | -0,22 | -0,30 | 0,09 | 0,06 |
| CM | 0,27 | 0,09 | -0,02 | -0,09 | 0,31 | -0,16 | -0,15 | -0,08 |

⁽¹⁾ Correlação de Pearson em que ** correspondem a p<0,01 e * a p<0,05 e ^{ns} corresponde a p>0,05 ⁽²⁾ BR – frequência braquiária (%); SE – frequência do solo exposto (%); frequência de plantas espontâneas de folha larga e folha estreita (%); frequência de cobertura morta (%).

A maior umidade do solo favorece a atividade microbiana, os teores de MOL e COT. Em geral, os componentes principais 3 e 4 apresentam baixa correlação com as variáveis climáticas e os atributos do relevo. Dentro do contexto dos solos, há uma

tendência fraca da relação silte/argila (S/A) ser maior em locais com maior presença de bases, com correlações de 0,28 ($p=0,076$) e 0,31 ($p=0,063$) entre S/A e CP1. Os valores máximos da relação S/A foram 0,34 não caracterizando a presença de Cambissolos. Observa-se correlação positiva do CP1 com a relação textural (RT) em ambos os períodos e as profundidades (Tabela 12). De modo geral, maior valor de RT, ou seja, tendência do processo de argiluviação como ocorre nos Argissolos, correlacionando-se positivamente com o CP1.

Tabela 11. Coeficiente de correlação de Pearson⁽¹⁾ entre os escores dos componentes principais e as variáveis climáticas e os atributos do relevo⁽¹⁾.

| Variáveis | Verão | | | | Inverno | | | |
|---------------------|----------------|--------------|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|
| | CP1 | CP2 | CP3 | CP4 | CP1 | CP2 | CP3 | CP4 |
| 0,0 - 0,10 m | | | | | | | | |
| ALT | -0,57** | 0,27 | 0,14 | -0,07 | -0,56** | 0,03 | -0,18 | 0,47 |
| DECL | -0,12 | 0,34* | 0,06 | -0,12 | -0,13 | 0,09 | 0,17 | 0,15 |
| T _{MED} AN | 0,57** | -0,27 | -0,15 | 0,08 | 0,56** | -0,04 | 0,18 | -0,48** |
| P _{TOTAL} | -0,44** | 0,38* | 0,19 | 0,01 | -0,41** | 0,27 | -0,11 | 0,22 |
| 0,10 - 0,20 m | | | | | | | | |
| ALT | -0,59** | 0,22 | 0,09 | -0,13 | -0,59** | 0,23 | -0,05 | -0,00 |
| DECL | -0,12 | 0,14 | 0,14 | -0,01 | -0,11 | 0,13 | -0,37 | 0,04 |
| T _{MED} AN | 0,60** | -0,22 | -0,09 | 0,13 | 0,59** | -0,24 | 0,06 | -0,01 |
| P _{TOTAL} | -0,48** | 0,45 | 0,01 | -0,08 | -0,48** | 0,29 | 0,14 | -0,16 |

⁽¹⁾ Correlação de Pearson em que ** correspondem a $p<0,01$ e * a $p<0,05$ ⁽²⁾; ALT: Altitude; DECL: declividade; T_{MED}AN - temperatura média; P_{TOTAL} - precipitação total.

Em relação ao teor de Prem, o mesmo apresentou correlação positiva com CP1 nas diferentes profundidades e nos períodos avaliados, demonstrando que solos com altos teores de bases trocáveis apresentam maior teor de Prem. Existe uma tendência fraca do CP2 apresentar uma correlação negativa com Prem. Os ambientes em maiores altitudes são mais oxidicos, com menores valores de Prem e maiores teores de Al ($r_{0-0,1\text{ m Al trocável-verão} \times \text{Altitude}} = 0,36$; $p=0,037$). Nessas situações, a matéria orgânica tem uma maior participação no desenvolvimento das pastagens. Ciotta et al., (2003), trabalhando com Latossolo oxidico sob plantio direto, determinaram que para uma taxa de acúmulo de $0,12\text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ nos primeiros 8 cm superficiais houve um aumento médio de $2,07\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ na CTC do solo. Esse valor considerado pouco pelos autores, porém de grande importância para solos com predomínio de minerais de baixa atividade na fração argila.

Tabela 12. Coeficiente de correlação de Pearson⁽¹⁾ entre os escores dos componentes principais e atributos do solo⁽²⁾ na profundidade de 0,70- 0,90 m.

| Variáveis | Verão | | | | Inverno | | | |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|---------------|---------------|-------|-------|
| | CP1 | CP2 | CP3 | CP4 | CP1 | CP2 | CP3 | CP4 |
| 0,0 - 0,10 m | | | | | | | | |
| S/A | 0,28 | -0,05 | -0,01 | 0,31 | 0,22 | -0,05 | 0,26 | 0,32 |
| RT | 0,60** | -0,01 | -0,08 | 0,01 | 0,55** | 0,03 | 0,08 | 0,23 |
| PREM | 0,83** | -0,24 | 0,09 | -0,24 | 0,85** | -0,32* | -0,09 | 0,05 |
| 0,10 - 0,20 m | | | | | | | | |
| S/A | 0,30 | -0,04 | 0,41 | -0,13 | 0,17 | 0,02 | 0,12 | 0,39 |
| RT | 0,63** | 0,23 | 0,03 | -0,10 | 0,67** | -0,04 | -0,32 | -0,06 |
| PREM | 0,86** | -0,29 | -0,06 | 0,07 | 0,87** | -0,19 | -0,00 | 0,05 |

⁽¹⁾ Correlação de Pearson em que ** correspondem a $p < 0,01$ e * a $p < 0,05$ ⁽²⁾ S/A – relação silte argila; RT – relação textural entre profundidade de 0,7-0,9 m/0,0-0,2 m; PREM = fósforo remanescente.

4. CONCLUSÕES

- Os atributos químicos do solo, em particular as bases trocáveis K, Ca e Mg, e areia grossa, apresentam maior potencial como indicadores de qualidade de solo nos diferentes níveis de degradação das pastagens independente da sazonalidade e das profundidades avaliadas;

- Dentre os atributos avaliados os que tiveram melhor desempenho como indicadores foram: carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana e quociente metabólico no período de inverno, na profundidade de 0,0-0,10 m;

- O desempenho dos atributos como indicadores depende de fatores climáticos como temperatura e precipitação, que são influenciados pela altitude.

5. REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V.V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (**Boletim Informativo**) v. 25, p. 27-32. 2000.

ALVES, T.S.; CAMPOS, L.L.; NICOLAU, E.N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M.F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 33: 341-347, 2011.

ANDERSON, T.-H., DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology e Biochemistry**. 22,251 - 255. 1990.

ANDERSON, T.-H., DOMSCH, K.H., The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology e Biochemistry** 25, 393 - 395.1993.

ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. CAB International, p.171. 1989.

BARTLETT, R.J.; ROSS, D.N. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society American Journal**, v. 52, p. 1191-1192, 1988.

CARASSAI, I. J.; CARVALHO, P.C.F.; CARDOSO,R.R.; FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; NABINGER, C.; FREITAS,F.K; MACARI, S.; TREIN, C.R. Atributos físicos do solo sob intensidades de pastejo e métodos de pastoreio com cordeiros em integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Brasília, v.46, p.1284-1290, 2011.

CARLETTI, P.; VENDRAMIN, E.; PIZZEGHELLO, D.; CONCHERI, G.; ZANELLA, A.; NARDI, S.; SQUARTINI, A. Soil humic compounds and microbial communities in six spruce forests as function of parent material, slope aspect and stand age. **Plant Soil**, Austrália, v.315, p. 47-65, 2009.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 1161-1164, 2003.

CURL, E.A.; RODRIGUEZ-KABANA, R. Microbial interactions. In: WILKINSON, R.E. (Ed.). **Research methods in weed science**. p. 162-194, 1972.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1381-1396, 2007.

DORAN, J.W., PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), **Methods for Assessing Soil Quality**. Special Publication, v. 49. **Soil Science Society of America**, Madison, WI, p. 25-37. 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa, p. 212, 1997.

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; MARINHO, J.G.; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente**. v. 8, p.104 - 113, 2001.

LISBÔA, F. M.; **Níveis de degradação e indicadores de qualidade de latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens em Alegre-ES.** Dissertação. Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, p. 72. 2014.

FREITAS, D. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURTI, N.; Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 417-428, 2012.

FREIXO, A.A., MACHADO, P.L.O.A., GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C.A., FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.26, p. 425-434. 2002.

HAIR, F.J.; BLACK, W. C.; BABIN, B.; ANDERSON, R. E.; TATHAN, R. L. Análise multivariada de 480 dados. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 593 p. 2009.

INGARAMO, O.E. **Indicadores físicos de La degradación Del suelo.** (Dissertação de Doutorado) La Coruña, Universidade da Coruña, p. 298. 2003.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v. 27, p. 408-416, 1998.

JANZEN, H.H., CAMPBELL, C.A.; BRANDT, S.A, LAFOND, G.P.; TOWNLEY-SMITH, L. Light fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. **Soil Science Society of America Journal**.56: 1799-1806. 1992.

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy. Part 1: Physical and mineralogical methods, p.425-443. 1986.

KUZYAKOV Y.; DOMANSKI G.: Carbon input by plants into soil. Review. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 163: 421-43, 2000.

LARSON, W. E.; PIRCE, F. J. **The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management.** In: DORAN, J. W. (Eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: ASA/SSSA, p. 37-51, 1994.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**, 2nd English edn. Elsevier, Amsterdam. 1998.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, P. L. O. A.; Simulação pelo modelo century da dinâmica da matéria orgânica de um Argissolo sob adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 28, p. 347-358, 2004.

LEITE, L.F.; ARRUDA, F.P.; COSTA, C. N.; FERREIRA, J. S.; NETO, M. R. H. Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.17, p.1257-1263, 2013.

LUNDQUIST, E.J., JACKSON, L.E., SCOW, K.M.; HSU, C. Changes in microbial biomass and community composition, and soil carbon and nitrogen pools after incorporation of Rye into three California agricultural soils. **Soil biology and Biochemistry**, v.31, p. 221-236. 1999.

MACIEL, G.A.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; OLIVEIRA, G.C. relação de atributos físicos do solo e produtividade de pastagens em sub-bacias hídricas do município de Lavras-MG. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 33, Edição especial, p. 2025-2030, 2009.

MELO, V.F.; NOVAIS, R.F.; FONTES, M.P.F. e SCHAEFER, C.E.G.R. Potássio e magnésio em minerais das frações areia e silte de diferentes solos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 24, p. 269-284, 2000.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

MESQUITA, L.F.; **Caracterização de solos sob diferentes coberturas vegetais da sub-bacia hidrográfica do Rio Alegre – ES**. 2011.p. 61. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

MOREIRA, J.A. A.; OLIVEIRA, I. P.; GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 155-161, 2005.

NEVES, C.M.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; MOREIRA, F. M. S.; Alexandre Fonseca D'ANDRÉA, A. F. Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência agrotécnica**. Lavras, v. 33, n. 1, p. 105-112, 2009.

OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant and Soil**. v.76, p.319-337, 1984.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. C.; SILVA, C. A.; CURI, N.; LIMA, J. M. e RANGEL, O. J. P. Formas e quantidades de carbono em lixiviados de Latossolos vermelhos sob influência de calcário e fósforo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 32:1261-1271, 2008.

PIGNATARO NETTO, I.T.; KATO, E.; GOEDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 33, p. 1441-1448, 2009.

POST, W. M.; KWON, K.C.; Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. **Global Change Biology**. p. 317-327. 2000.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, p. 305. 2007.

REINERT, D.J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. **Propriedades físicas de solos em sistema de plantio direto irrigado**. In: CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M.; CERETTA, C. A. (ed.). Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria: UFSM, p. 165, 2001.

RESENDE, P.C.S. **Resistência mecânica e sua variação com a umidade e com a densidade do solo em Latossolo Vermelho-Escuro do Cerrado**. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP. 1995.

ROCHA-JUNIOR, P. R. da. **Indicadores de qualidade do solo e determinação de níveis de pastagens degradação de pastagens**. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, p. 135. 2012.

RUIZ, H.A. **Métodos de Análises Físicas do Solo**. Viçosa: UFV, p.23, 2004.

_____. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 297-300, 2005a.

_____. Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30. 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005b.

SANTOS, L.N.S.; PASSOS, R.R.; CARDOSO, L.C.M.; SANTOS, C.L.; GARCIA, G.O.; CECÍLIO, R.A. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais em Alegre-ES. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, p. 140-149, 2009.

SADUSKY, M.L.; SPARKS, D. L.; NOLL, H.R. e HEDRICK, G.J. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy middle atlantic coastal plain soils. **Soil Science Society America Journal**. 51:1460-1465, 1987.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.30, p.195-207, 1992.

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C.A. (Eds.). **Methods of soil analysis**. p.1550-1572, 1965.

SWANEPOEL, P.A.; PREEZ, C.C.; BOTHA, P.R.; SNYMAN, H.A.; HABIG, J. Soil quality characteristics of kikuyu-ryegrass pastures in South Africa. **Geoderma**, Amsterdam, v. 232-234, p. 589 - 599, 2014.

TAVARES-FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; RIBON, A. A. Physical properties of dystrophic red latossol (Oxisol) under different agricultural uses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.925-933, 2010.

WENDLING, B.; FREITAS, I. C. V.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de Conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e Plantio direto. **Bioscience Journal**, v.28, p.256- 265, 2012.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. **Soil Science**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. **J. Am. Soc. Agron.**, v. 28, p. 337-351, 1936.

ZORNOZA, R.; MATAIX-SOLERA, J.; GUERRERO, C.; ARCENEGUI, V.; MAYORAL, A. M.; MORALES, J.; AND MATAIX-BENEYTO, J.: Soil properties under natural forest in the Alicante Province of Spain, **Geoderma**. v. 142, p. 334–341, 2007.

ZALAMENA, J. **Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do rebordo do Planalto – RS**, 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

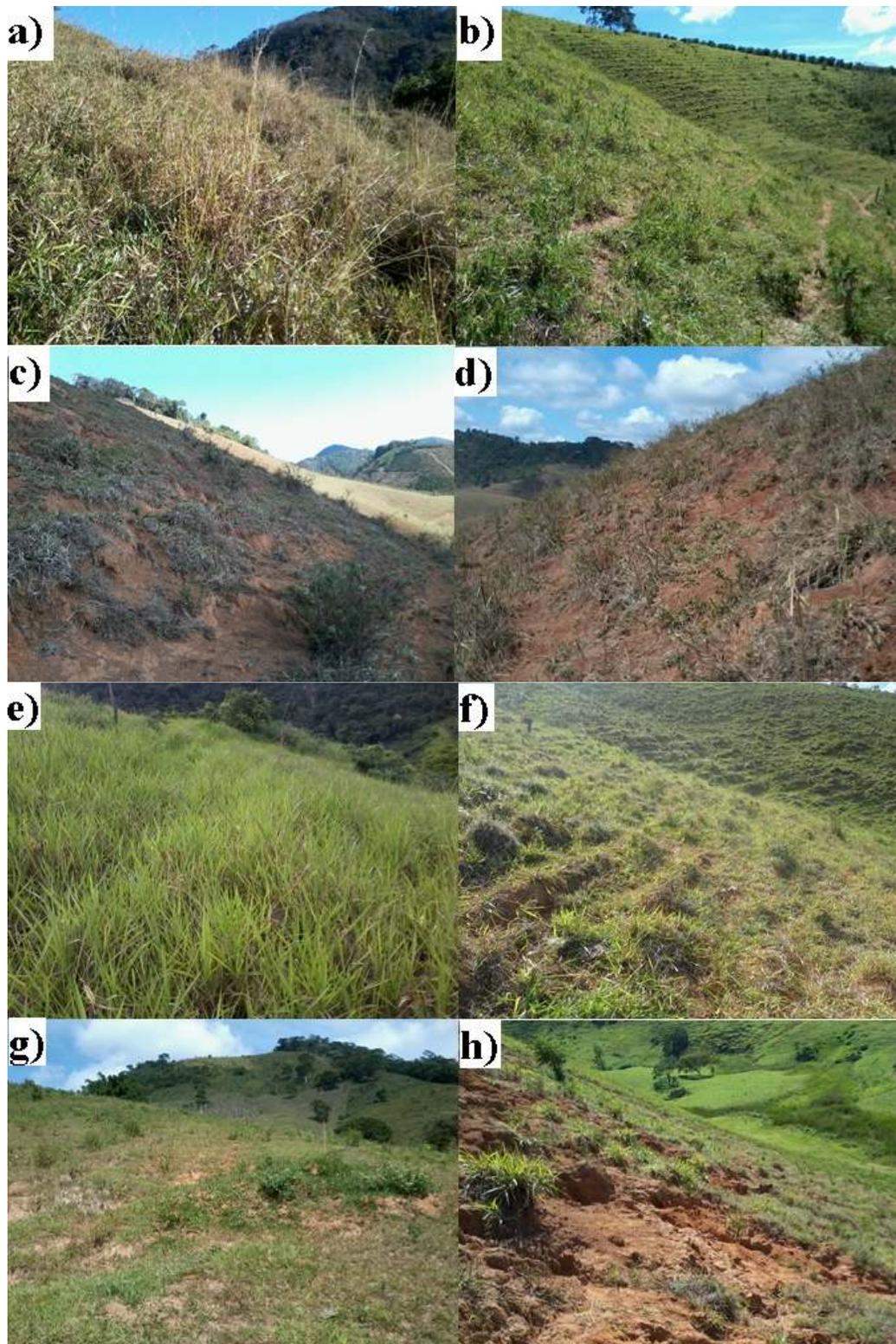
CONCLUSÃO GERAL

Com o propósito de avaliar a relação entre os níveis de degradação das pastagens separados por indicadores visuais e a porcentagem de cobertura vegetal mensurada a campo no período de inverno e verão por intermédio da análise multivariada de dados conclui-se que a classificação visual dos níveis de degradação das pastagens com base em Spain e Gualdron (1988) apresenta melhor relação com a cobertura vegetal do solo mensurada a campo quando simplifica os níveis de degradação em dois e quando as avaliações são realizadas no período do verão.

A presença de espontâneas de folha estreita diminui a percepção visual dos níveis de degradação nos dois períodos e no inverno a presença de solo exposto e cobertura morta prejudicam a separação visual dos níveis de degradação sugerindo a dificuldade da sua percepção em diferentes níveis de degradação. No período de inverno, as separações dos níveis de degradação das pastagens por indicadores visuais devem ser evitadas e a utilização de métodos mais acurados para mensuração direta a campo é recomendada.

Dentro do objetivo de selecionar indicadores de qualidade do solo no período de verão e inverno e avaliar a relação do mesmo com a cobertura do solo em pastagens degradadas no segundo capítulo, as bases trocáveis K, Ca e Mg, e areia grossa em particular, foram os mais promissores como indicadores de qualidade de solo entre os diferentes níveis de degradação das pastagens independente da sazonalidade e das profundidades avaliadas. No inverno, na profundidade de 0,0-0,10 m, o carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana e quociente metabólico foram os que melhor desempenharam como indicadores, sabendo que desempenho como indicadores depende de fatores climáticos como temperatura e precipitação, que são influenciados pela altitude.

APÉNDICE



1A. Pastagens avaliadas e classificadas em agosto de 2014 sendo (a) e (b) leve a moderado e (c) e (d) forte a muito forte. Em janeiro de 2014, sendo leve a moderado (e) e (f), forte a muito forte (g) e (h).

APÊNDICE 2A. VALORES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB PASTAGENS DEGRADADAS NA BACIA DO RIO ALEGRE - ES, NA PROFUNDIDADE 0,0 – 0,10 m, PERÍODO DO VERÃO.

| Áreas | pH | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al | H+Al | SB | t | T | M | V | Prem |
|-------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------|
| | H ₂ O | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | cmol _c dcm ⁻³ | % | mg L ⁻¹ |
| Pastagem 1 | 4,8 | 1,38 | 38,0 | 0,06 | 0,4 | 1,25 | 9,32 | 0,61 | 1,86 | 9,93 | 6,11 | 67,33 | 29,44 |
| Pastagem 2 | 4,6 | 1,38 | 27,0 | 0,14 | 0,09 | 1,25 | 9,32 | 0,30 | 1,55 | 9,62 | 3,08 | 80,84 | 20,78 |
| Pastagem 3 | 5,1 | 3,97 | 20,0 | 0,30 | 0,09 | 1,10 | 10,15 | 0,46 | 1,56 | 10,61 | 4,37 | 70,36 | 14,62 |
| Pastagem 4 | 5,3 | 2,58 | 28,0 | 1,63 | 1,05 | 0,15 | 5,69 | 2,75 | 2,90 | 8,44 | 32,57 | 5,17 | 40,65 |
| Pastagem 5 | 5,7 | 0,97 | 53,0 | 1,36 | 0,79 | 0,00 | 4,46 | 2,29 | 2,29 | 6,74 | 33,94 | 0,00 | 33,75 |
| Pastagem 6 | 5,2 | 1,61 | 51,0 | 0,26 | 0,18 | 1,20 | 10,89 | 0,60 | 1,80 | 11,49 | 5,21 | 66,71 | 19,21 |
| Pastagem 7 | 5,0 | 2,02 | 17,0 | 0,16 | 0,09 | 1,45 | 12,29 | 0,29 | 1,74 | 12,59 | 2,34 | 83,11 | 15,14 |
| Pastagem 8 | 5,4 | 1,87 | 68,0 | 1,10 | 1,86 | 0,10 | 4,37 | 3,17 | 3,27 | 7,54 | 42,00 | 3,06 | 43,89 |
| Pastagem 9 | 5,7 | 1,12 | 92,0 | 1,16 | 1,84 | 0,00 | 3,30 | 3,26 | 3,26 | 6,56 | 49,69 | 0,00 | 49,65 |
| Pastagem 10 | 4,5 | 0,97 | 12,0 | 0,02 | 0,04 | 1,45 | 7,26 | 0,11 | 1,56 | 7,37 | 1,47 | 93,04 | 29,15 |
| Pastagem 11 | 4,6 | 2,84 | 35,0 | 0,07 | 0,44 | 1,20 | 7,01 | 0,64 | 1,84 | 7,65 | 8,31 | 65,38 | 37,14 |
| Pastagem 12 | 5,1 | 2,62 | 92,0 | 0,56 | 1,28 | 0,75 | 6,02 | 2,10 | 2,85 | 8,12 | 25,86 | 26,31 | 39,85 |
| Pastagem 13 | 4,9 | 2,69 | 58,0 | 0,19 | 0,84 | 0,70 | 5,94 | 1,22 | 1,92 | 7,16 | 17,05 | 36,44 | 39,70 |
| Pastagem 14 | 4,8 | 2,32 | 35,0 | 0,32 | 0,89 | 0,65 | 5,12 | 1,32 | 1,97 | 6,44 | 20,55 | 32,94 | 39,18 |
| Pastagem 15 | 5,1 | 2,92 | 124,0 | 0,62 | 1,35 | 0,25 | 4,62 | 2,32 | 2,57 | 6,94 | 33,39 | 9,75 | 43,43 |
| Pastagem 16 | 4,6 | 1,77 | 25,0 | 0,08 | 0,14 | 1,30 | 8,58 | 0,30 | 1,60 | 8,88 | 3,34 | 81,42 | 29,96 |
| Pastagem 17 | 5,4 | 2,02 | 141,0 | 0,29 | 1,26 | 0,15 | 4,78 | 1,94 | 2,09 | 6,72 | 28,82 | 7,19 | 38,90 |
| Pastagem 18 | 4,6 | 2,47 | 27,0 | 0,09 | 0,05 | 1,75 | 10,56 | 0,25 | 2,00 | 10,81 | 2,32 | 87,46 | 17,59 |
| Pastagem 19 | 6,1 | 0,93 | 20,0 | 2,82 | 2,12 | 0,00 | 6,27 | 5,02 | 5,02 | 11,29 | 44,49 | 0,00 | 22,14 |
| Pastagem 20 | 4,7 | 2,24 | 24,0 | 0,06 | 0,02 | 1,85 | 12,13 | 0,18 | 2,03 | 12,31 | 1,46 | 91,15 | 20,26 |
| Pastagem 21 | 5,2 | 1,87 | 17,0 | 1,60 | 0,56 | 0,75 | 10,72 | 2,23 | 2,98 | 12,95 | 17,19 | 25,20 | 19,09 |
| Pastagem 22 | 5,7 | 1,67 | 80,0 | 1,17 | 1,49 | 0,00 | 4,29 | 2,87 | 2,87 | 7,16 | 40,09 | 0,00 | 40,13 |
| Pastagem 23 | 4,7 | 2,28 | 24,0 | 0,14 | 0,09 | 1,35 | 10,89 | 0,31 | 1,66 | 11,20 | 2,81 | 81,09 | 20,93 |
| Pastagem 24 | 6,0 | 1,68 | 26,0 | 2,77 | 1,84 | 0,00 | 6,19 | 4,70 | 4,70 | 10,86 | 43,18 | 0,00 | 28,67 |
| Pastagem 25 | 4,4 | 0,22 | 0,00 | 0,09 | 0,10 | 1,20 | 10,40 | 0,23 | 1,43 | 10,62 | 2,12 | 84,18 | 14,09 |
| Pastagem 26 | 4,9 | 1,01 | 82,0 | 0,06 | 0,26 | 0,70 | 6,76 | 0,56 | 1,26 | 7,32 | 7,61 | 55,67 | 26,36 |
| Pastagem 27 | 4,8 | 2,17 | 25,0 | 0,10 | 0,09 | 1,45 | 9,08 | 0,28 | 1,73 | 9,35 | 2,96 | 83,98 | 19,58 |
| Pastagem 28 | 5,0 | 2,43 | 59,0 | 0,51 | 1,29 | 0,65 | 6,19 | 2,00 | 2,65 | 8,18 | 24,39 | 24,57 | 34,95 |
| Pastagem 29 | 5,7 | 1,68 | 120,0 | 1,67 | 1,58 | 0,00 | 3,71 | 3,57 | 3,57 | 7,29 | 49,05 | 0,00 | 48,33 |
| Pastagem 30 | 4,9 | 2,06 | 58,0 | 0,09 | 0,35 | 1,35 | 8,91 | 0,62 | 1,97 | 9,53 | 6,54 | 68,40 | 25,86 |
| Pastagem 31 | 5,0 | 3,10 | 27,0 | 0,04 | 0,23 | 1,25 | 10,4 | 0,34 | 1,59 | 10,73 | 3,16 | 78,68 | 22,38 |
| Pastagem 32 | 5,2 | 2,88 | 31,0 | 0,67 | 0,28 | 1,00 | 9,56 | 1,05 | 2,05 | 10,71 | 9,84 | 48,7 | 15,39 |
| Pastagem 33 | 5,3 | 0,78 | 16,0 | 0,71 | 0,52 | 0,65 | 9,32 | 1,32 | 1,97 | 10,64 | 12,4 | 33,01 | 20,07 |
| Pastagem 34 | 4,9 | 1,57 | 21,0 | 0,06 | 0,25 | 1,15 | 6,68 | 0,38 | 1,53 | 7,07 | 5,43 | 74,99 | 30,83 |
| Pastagem 35 | 4,7 | 1,79 | 22,0 | 0,07 | 0,04 | 1,25 | 8,08 | 0,18 | 1,43 | 28,26 | 2,17 | 87,46 | 28,08 |

pH: pH em H₂O; P: fósforo (mg.dm⁻³); K⁺: potássio (mg.dm⁻³); Ca²⁺ e Mg²⁺: cálcio + magnésio (cmol_c.dm⁻³); Al³⁺: alumínio (cmol_c.dm⁻³); H + Al: acidez potencial (cmol_c.dm⁻³); SB: soma de bases (cmol_c.dm⁻³); t: CTC efetiva (cmol_c.dm⁻³); T: CTC a pH 7,0 (cmol_c.dm⁻³); m: saturação por alumínio (%); V: saturação por bases; Prem: fósforo remanescente (mg.L⁻¹).

APÊNDICE 2B. VALORES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB PASTAGENS DEGRADADAS NA BACIA DO RIO ALEGRE - ES, NA PROFUNDIDADE 0,10 – 0,20 m, PERÍODO DO VERÃO.

| Áreas | pH | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al | H+Al | SB | t | T | M | V | Prem |
|-------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|--------------------|
| | H ₂ O | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | cmol _c dcm ⁻³ | % | % | mg L ⁻¹ |
| Pastagem 1 | 4,77 | 0,00 | 36,00 | 0,04 | 0,30 | 1,30 | 9,16 | 0,45 | 1,75 | 9,61 | 4,72 | 74,14 | 26,48 |
| Pastagem 2 | 4,84 | 1,42 | 19,00 | 0,10 | 0,07 | 0,90 | 7,42 | 0,26 | 1,16 | 7,69 | 3,42 | 77,40 | 21,70 |
| Pastagem 3 | 5,30 | 5,35 | 10,00 | 0,35 | 0,14 | 0,85 | 10,97 | 0,53 | 1,38 | 11,51 | 4,64 | 61,42 | 12,92 |
| Pastagem 4 | 4,94 | 3,41 | 14,00 | 0,47 | 0,33 | 0,75 | 4,78 | 0,86 | 1,61 | 5,65 | 15,27 | 46,51 | 34,89 |
| Pastagem 5 | 5,41 | 2,48 | 32,00 | 0,51 | 0,35 | 0,45 | 3,55 | 0,97 | 1,42 | 4,52 | 21,52 | 31,63 | 31,23 |
| Pastagem 6 | 5,12 | 1,74 | 16,00 | 0,17 | 0,04 | 1,15 | 8,91 | 0,28 | 1,43 | 9,19 | 3,04 | 80,48 | 18,28 |
| Pastagem 7 | 4,80 | 2,96 | 13,00 | 0,07 | 0,02 | 1,35 | 10,97 | 0,15 | 1,50 | 11,12 | 1,34 | 90,07 | 15,45 |
| Pastagem 8 | 5,49 | 3,67 | 34,00 | 1,07 | 1,49 | 0,35 | 3,55 | 2,67 | 3,02 | 6,22 | 42,96 | 11,58 | 41,92 |
| Pastagem 9 | 5,57 | 1,59 | 50,00 | 1,00 | 1,61 | 0,25 | 3,14 | 2,76 | 3,01 | 5,89 | 46,80 | 8,31 | 49,31 |
| Pastagem 10 | 4,50 | 0,82 | 19,00 | 0,02 | 0,02 | 1,35 | 6,27 | 0,11 | 1,46 | 6,38 | 1,80 | 92,16 | 27,47 |
| Pastagem 11 | 4,90 | 0,34 | 10,00 | 0,18 | 0,19 | 0,60 | 4,87 | 0,41 | 1,01 | 5,28 | 7,84 | 59,17 | 38,44 |
| Pastagem 12 | 5,00 | 1,87 | 49,00 | 0,37 | 0,60 | 0,95 | 5,36 | 1,11 | 2,06 | 6,47 | 17,15 | 46,12 | 36,90 |
| Pastagem 13 | 4,90 | 0,93 | 23,00 | 0,09 | 0,44 | 0,80 | 5,77 | 0,61 | 1,41 | 6,39 | 9,59 | 56,63 | 35,97 |
| Pastagem 14 | 4,70 | 0,49 | 5,00 | 0,08 | 0,02 | 1,15 | 9,74 | 0,13 | 1,28 | 9,86 | 1,28 | 90,13 | 34,46 |
| Pastagem 15 | 4,80 | 1,38 | 44,00 | 0,22 | 0,65 | 0,65 | 5,61 | 0,99 | 1,64 | 6,60 | 15,05 | 39,54 | 39,21 |
| Pastagem 16 | 4,50 | 1,67 | 28,00 | 0,05 | 0,12 | 1,20 | 9,08 | 0,27 | 1,47 | 9,34 | 2,98 | 81,64 | 28,21 |
| Pastagem 17 | 5,40 | 0,97 | 51,00 | 0,22 | 0,84 | 0,40 | 4,12 | 1,21 | 1,61 | 5,33 | 22,66 | 24,87 | 29,99 |
| Pastagem 18 | 4,70 | 1,23 | 17,00 | 0,11 | 0,10 | 1,35 | 11,38 | 0,27 | 1,62 | 11,66 | 2,35 | 83,13 | 16,84 |
| Pastagem 19 | 5,00 | 0,56 | 13,00 | 0,35 | 0,42 | 0,60 | 9,74 | 0,82 | 1,42 | 10,56 | 7,78 | 42,21 | 16,25 |
| Pastagem 20 | 4,70 | 1,46 | 13,00 | 0,10 | 0,04 | 0,60 | 9,74 | 0,19 | 0,79 | 9,93 | 1,92 | 75,88 | 12,09 |
| Pastagem 21 | 4,80 | 6,55 | 6,00 | 0,11 | 0,02 | 0,70 | 11,63 | 0,16 | 0,86 | 11,79 | 1,37 | 81,27 | 15,05 |
| Pastagem 22 | 5,40 | 1,08 | 37,00 | 0,77 | 0,98 | 0,15 | 3,88 | 1,87 | 2,02 | 5,75 | 32,56 | 7,42 | 31,72 |
| Pastagem 23 | 4,80 | 1,08 | 16,00 | 0,09 | 0,07 | 1,20 | 10,72 | 0,22 | 1,42 | 10,94 | 2,01 | 84,52 | 14,40 |
| Pastagem 24 | 5,40 | 1,38 | 26,00 | 0,85 | 0,77 | 0,45 | 8,74 | 1,71 | 2,16 | 10,46 | 16,38 | 20,80 | 19,95 |
| Pastagem 25 | 4,80 | 1,23 | 10,00 | 0,10 | 0,12 | 0,90 | 9,49 | 0,27 | 1,17 | 9,75 | 2,73 | 77,18 | 10,55 |
| Pastagem 26 | 4,80 | 0,52 | 51,00 | 0,02 | 0,18 | 0,75 | 7,26 | 0,34 | 1,09 | 7,60 | 4,53 | 68,55 | 23,46 |
| Pastagem 27 | 4,60 | 8,90 | 5,00 | 0,10 | 0,02 | 0,90 | 9,49 | 0,14 | 1,04 | 9,63 | 1,46 | 86,47 | 18,25 |
| Pastagem 28 | 5,00 | 1,72 | 38,00 | 0,22 | 0,47 | 1,30 | 6,10 | 0,83 | 2,13 | 6,93 | 11,91 | 61,17 | 30,42 |
| Pastagem 29 | 6,00 | 1,31 | 155,00 | 1,58 | 1,59 | 0,00 | 3,88 | 3,60 | 3,60 | 7,48 | 48,14 | 0,00 | 43,64 |
| Pastagem 30 | 5,00 | 0,67 | 21,00 | 0,24 | 0,44 | 1,05 | 4,95 | 0,77 | 1,82 | 5,72 | 13,43 | 57,77 | 21,33 |
| Pastagem 31 | 4,80 | 1,20 | 15,00 | 0,99 | 5,25 | 1,25 | 10,97 | 6,29 | 7,54 | 17,27 | 36,45 | 16,57 | 14,53 |
| Pastagem 32 | 5,34 | 3,85 | 19,00 | 0,14 | 0,05 | 0,80 | 9,90 | 0,28 | 1,08 | 10,18 | 2,76 | 73,99 | 10,80 |
| Pastagem 33 | 5,10 | 0,37 | 9,00 | 0,23 | 0,10 | 0,75 | 9,32 | 0,38 | 1,13 | 9,70 | 3,92 | 66,32 | 15,48 |
| Pastagem 34 | 4,88 | 1,37 | 17,00 | 0,04 | 0,05 | 1,20 | 5,44 | 0,16 | 1,36 | 5,60 | 2,79 | 88,48 | 29,10 |
| Pastagem 35 | 4,60 | 0,93 | 15,00 | 0,11 | 0,04 | 1,10 | 7,92 | 0,20 | 1,30 | 8,12 | 2,50 | 84,41 | 17,82 |

pH: pH em H₂O; P: fósforo (mg.dm⁻³); K⁺: potássio (mg.dm⁻³); Ca²⁺ e Mg²⁺: cálcio + magnésio (cmol_c.dm⁻³); Al³⁺: alumínio (cmol_c.dm⁻³); H + Al: acidez potencial (cmol_c.dm⁻³); SB: soma de bases (cmol_c.dm⁻³); t: CTC efetiva (cmol_c.dm⁻³); T: CTC a pH 7,0 (cmol_c.dm⁻³); m: saturação por alumínio (%); V: saturação por bases; Prem: fósforo remanescente (mg.L⁻¹).

APÊNDICE 2C. VALORES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB PASTAGENS DEGRADADAS NA BACIA DO RIO ALEGRE - ES, NA PROFUNDIDADE 0,0 – 0,10 m, PERÍODO DO INVERNO.

| Áreas | pH | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al | H+Al | SB | t | T | M | V | Prem |
|-------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------|--------------------|
| | H ₂ O | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | cmol _c dm ⁻³ | % | mg L ⁻¹ |
| Pastagem 1 | 4,53 | 1,41 | 47,00 | 0,19 | 0,32 | 1,35 | 8,99 | 0,64 | 1,99 | 9,63 | 6,62 | 67,92 | 26,81 |
| Pastagem 2 | 4,14 | 0,90 | 20,00 | 0,19 | 0,06 | 1,35 | 8,91 | 0,33 | 1,68 | 9,24 | 3,54 | 80,51 | 21,26 |
| Pastagem 3 | 4,58 | 3,45 | 16,00 | 0,30 | 0,14 | 1,15 | 10,97 | 0,51 | 1,66 | 11,48 | 4,43 | 69,32 | 14,59 |
| Pastagem 4 | 4,80 | 1,33 | 32,00 | 1,22 | 0,70 | 0,30 | 5,03 | 2,02 | 2,32 | 7,05 | 28,62 | 12,95 | 35,82 |
| Pastagem 5 | 5,35 | 0,90 | 40,00 | 1,47 | 2,73 | 0,10 | 3,46 | 4,32 | 4,42 | 7,78 | 55,47 | 2,26 | 36,26 |
| Pastagem 6 | 4,37 | 1,08 | 20,00 | 0,07 | 0,02 | 1,55 | 10,06 | 0,17 | 1,72 | 10,24 | 1,66 | 90,11 | 17,56 |
| Pastagem 7 | 3,90 | 1,77 | 16,00 | 0,01 | 0,02 | 1,60 | 11,88 | 0,09 | 1,69 | 11,97 | 0,76 | 94,60 | 16,18 |
| Pastagem 8 | 5,04 | 1,08 | 65,00 | 0,83 | 0,51 | 0,20 | 3,55 | 1,52 | 1,72 | 5,06 | 29,95 | 11,65 | 47,16 |
| Pastagem 9 | 4,86 | 1,41 | 95,00 | 1,03 | 1,17 | 0,25 | 3,38 | 2,46 | 2,71 | 5,84 | 42,13 | 9,22 | 42,17 |
| Pastagem 10 | 4,30 | 0,93 | 13,00 | 0,06 | 0,07 | 1,60 | 5,03 | 0,18 | 1,78 | 5,22 | 3,54 | 89,65 | 28,66 |
| Pastagem 11 | 5,85 | 1,63 | 41,00 | 2,97 | 1,79 | 0,00 | 5,36 | 4,89 | 4,89 | 10,25 | 47,68 | 0,00 | 32,36 |
| Pastagem 12 | 5,30 | 2,17 | 140,00 | 0,66 | 0,96 | 0,40 | 4,37 | 2,00 | 2,40 | 6,37 | 31,34 | 16,69 | 45,98 |
| Pastagem 13 | 4,70 | 1,12 | 45,00 | 0,35 | 0,79 | 0,75 | 4,70 | 2,01 | 5,96 | 21,16 | 37,27 | 37,27 | 41,49 |
| Pastagem 14 | 4,51 | 2,25 | 38,00 | 0,35 | 0,74 | 0,70 | 4,37 | 1,19 | 1,89 | 5,56 | 21,42 | 37,00 | 35,94 |
| Pastagem 15 | 5,35 | 3,16 | 209,00 | 2,14 | 1,77 | 0,10 | 4,78 | 4,46 | 4,56 | 9,24 | 48,23 | 2,19 | 45,28 |
| Pastagem 16 | 4,04 | 1,19 | 26,00 | 0,06 | 0,04 | 1,65 | 8,25 | 0,17 | 1,82 | 8,42 | 2,02 | 90,64 | 29,72 |
| Pastagem 17 | 4,80 | 1,41 | 87,00 | 0,42 | 0,86 | 0,40 | 4,29 | 1,51 | 1,91 | 5,80 | 26,08 | 20,90 | 37,32 |
| Pastagem 18 | 4,22 | 1,99 | 30,00 | 0,06 | 0,02 | 1,85 | 10,15 | 0,18 | 2,03 | 10,33 | 1,78 | 90,98 | 19,91 |
| Pastagem 19 | 5,90 | 1,12 | 33,00 | 4,17 | 2,56 | 0,00 | 3,96 | 6,84 | 6,84 | 10,80 | 63,34 | 0,00 | 25,96 |
| Pastagem 20 | 4,45 | 1,63 | 23,00 | 0,05 | 0,02 | 1,90 | 11,88 | 0,19 | 2,09 | 12,07 | 1,61 | 90,73 | 15,33 |
| Pastagem 21 | 4,18 | 2,26 | 33,00 | 0,03 | 0,10 | 1,90 | 11,14 | 0,29 | 2,19 | 11,42 | 2,51 | 86,90 | 14,39 |
| Pastagem 22 | 5,55 | 1,63 | 86,00 | 0,98 | 1,33 | 0,15 | 3,05 | 2,55 | 2,70 | 5,60 | 45,50 | 5,56 | 40,05 |
| Pastagem 23 | 4,75 | 1,81 | 44,00 | 0,06 | 0,07 | 1,30 | 8,66 | 0,27 | 1,57 | 8,93 | 3,00 | 82,89 | 17,68 |
| Pastagem 24 | 6,10 | 0,93 | 36,00 | 2,87 | 1,38 | 0,00 | 3,55 | 4,42 | 4,42 | 7,97 | 55,50 | 0,00 | 35,68 |
| Pastagem 25 | 4,75 | 1,55 | 34,00 | 0,03 | 0,10 | 1,25 | 9,16 | 0,26 | 1,51 | 9,42 | 2,78 | 82,67 | 14,51 |
| Pastagem 26 | 4,63 | 0,71 | 64,00 | 0,12 | 0,16 | 0,90 | 5,36 | 0,46 | 1,36 | 5,83 | 7,94 | 66,05 | 30,60 |
| Pastagem 27 | 4,38 | 0,82 | 33,00 | 0,00 | 0,01 | 1,45 | 7,42 | 0,13 | 1,58 | 7,55 | 1,68 | 91,95 | 23,61 |
| Pastagem 28 | 4,80 | 1,70 | 53,00 | 0,23 | 0,72 | 0,75 | 4,54 | 1,11 | 1,86 | 5,64 | 19,60 | 40,41 | 36,09 |
| Pastagem 29 | 5,31 | 1,04 | 160,00 | 1,27 | 1,03 | 0,10 | 2,89 | 2,73 | 2,83 | 5,61 | 48,56 | 3,54 | 45,95 |
| Pastagem 30 | 4,37 | 1,04 | 30,00 | 0,04 | 0,10 | 1,50 | 7,76 | 0,23 | 1,73 | 7,99 | 2,90 | 86,61 | 20,76 |
| Pastagem 31 | 4,75 | 1,84 | 25,00 | 0,15 | 0,18 | 1,45 | 8,74 | 0,41 | 1,86 | 9,15 | 4,44 | 78,12 | 19,59 |
| Pastagem 32 | 4,94 | 2,03 | 32,00 | 0,34 | 0,16 | 1,20 | 10,72 | 0,60 | 1,80 | 11,33 | 5,33 | 66,51 | 11,83 |
| Pastagem 33 | 5,12 | 0,79 | 25,00 | 1,00 | 0,60 | 0,40 | 7,42 | 1,71 | 2,11 | 9,13 | 18,71 | 18,97 | 22,08 |
| Pastagem 34 | 4,22 | 0,93 | 25,00 | 0,02 | 0,08 | 1,40 | 7,01 | 0,19 | 1,59 | 7,20 | 2,58 | 88,30 | 33,53 |
| Pastagem 35 | 4,20 | 1,01 | 24,00 | 0,00 | 0,04 | 1,45 | 8,08 | 0,14 | 1,59 | 8,22 | 91,24 | 91,24 | 25,49 |

pH: pH em H₂O; P: fósforo (mg.dm⁻³); K⁺: potássio (mg.dm⁻³); Ca²⁺ e Mg²⁺: cálcio + magnésio (cmol_c.dm⁻³); Al³⁺: alumínio (cmol_c.dm⁻³); H + Al: acidez potencial (cmol_c.dm⁻³); SB: soma de bases (cmol_c.dm⁻³); t: CTC efetiva (cmol_c.dm⁻³); T: CTC a pH 7,0 (cmol_c.dm⁻³); m: saturação por alumínio (%); V: saturação por bases; Prem: fósforo remanescente (mg.L⁻¹).

APÊNDICE 2D. VALORES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB PASTAGENS DEGRADADAS NA BACIA DO RIO ALEGRE - ES, NA PROFUNDIDADE 0,10 – 0,20 m, PERÍODO DO INVERNO.

| Áreas | pH | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al | H+Al | SB | t | T | M | V | Prem |
|-------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------|
| | H ₂ O | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | cmol _c dcm ⁻³ | % | mg L ⁻¹ |
| Pastagem 1 | 4,69 | 1,01 | 26,00 | 0,02 | 0,07 | 1,45 | 7,84 | 0,18 | 1,63 | 8,01 | 89,10 | 89,10 | 21,171 |
| Pastagem 2 | 4,84 | 1,42 | 19,00 | 0,10 | 0,70 | 0,90 | 7,42 | 0,26 | 1,16 | 7,69 | 3,42 | 77,40 | 19,44 |
| Pastagem 3 | 5,30 | 5,35 | 10,00 | 0,35 | 0,14 | 0,85 | 10,97 | 0,53 | 1,38 | 11,51 | 4,64 | 61,42 | 11,01 |
| Pastagem 4 | 4,94 | 3,41 | 14,00 | 0,47 | 0,33 | 0,75 | 4,78 | 0,86 | 1,61 | 5,65 | 15,27 | 46,51 | 28,66 |
| Pastagem 5 | 5,11 | 0,64 | 27,00 | 0,38 | 0,38 | 0,70 | 4,54 | 0,85 | 1,55 | 5,38 | 15,70 | 45,30 | 27,16 |
| Pastagem 6 | 4,82 | 0,79 | 18,00 | 0,00 | 0,01 | 1,40 | 9,40 | 0,08 | 1,48 | 9,48 | 0,81 | 94,79 | 15,62 |
| Pastagem 7 | 4,09 | 2,10 | 11,00 | 0,00 | 0,01 | 1,45 | 10,31 | 0,06 | 1,51 | 10,38 | 0,62 | 95,73 | 15,03 |
| Pastagem 8 | 5,20 | 0,61 | 46,00 | 0,83 | 0,79 | 0,35 | 2,89 | 1,75 | 2,10 | 4,64 | 37,77 | 16,65 | 49,48 |
| Pastagem 9 | 5,01 | 1,33 | 43,00 | 0,63 | 0,80 | 0,40 | 3,88 | 1,56 | 1,96 | 5,44 | 28,72 | 20,38 | 42,99 |
| Pastagem 10 | 4,25 | 0,39 | 10,00 | 0,00 | 0,01 | 1,40 | 5,36 | 0,04 | 1,44 | 5,41 | 0,82 | 96,92 | 28,81 |
| Pastagem 11 | 4,52 | 1,81 | 26,00 | 0,10 | 0,18 | 1,00 | 5,36 | 0,35 | 1,35 | 5,72 | 6,19 | 73,87 | 30,39 |
| Pastagem 12 | 4,92 | 1,66 | 103,00 | 0,22 | 0,54 | 0,75 | 4,46 | 1,04 | 1,79 | 5,50 | 18,93 | 41,90 | 39,73 |
| Pastagem 13 | 4,77 | 0,86 | 40,00 | 0,03 | 0,42 | 0,75 | 4,12 | 0,56 | 1,31 | 4,69 | 11,97 | 57,22 | 37,38 |
| Pastagem 14 | 4,73 | 1,23 | 20,00 | 0,38 | 0,88 | 0,50 | 4,12 | 1,30 | 1,80 | 5,43 | 24,02 | 27,71 | 33,53 |
| Pastagem 15 | 5,04 | 1,37 | 92,00 | 0,95 | 0,95 | 0,20 | 4,04 | 2,13 | 2,33 | 6,17 | 34,46 | 8,60 | 45,25 |
| Pastagem 16 | 4,16 | 0,86 | 16,00 | 0,00 | 0,02 | 1,50 | 7,42 | 0,06 | 1,56 | 7,48 | 0,78 | 96,24 | 29,13 |
| Pastagem 17 | 4,73 | 0,90 | 33,00 | 0,15 | 0,51 | 0,55 | 4,12 | 0,75 | 1,30 | 4,87 | 15,35 | 42,38 | 31,01 |
| Pastagem 18 | 4,38 | 1,12 | 19,00 | 0,00 | 0,01 | 1,70 | 9,49 | 0,07 | 1,77 | 9,56 | 0,74 | 96,03 | 18,06 |
| Pastagem 19 | 5,38 | 0,79 | 21,00 | 2,32 | 1,63 | 0,15 | 7,01 | 4,02 | 4,17 | 11,03 | 36,43 | 3,60 | 24,53 |
| Pastagem 20 | 4,14 | 1,08 | 12,00 | 0,00 | 0,00 | 1,80 | 11,55 | 0,05 | 1,85 | 11,60 | 0,47 | 97,07 | 11,45 |
| Pastagem 21 | 4,13 | 0,71 | 9,00 | 0,04 | 0,04 | 1,10 | 8,91 | 0,11 | 1,21 | 9,02 | 1,23 | 90,86 | 15,46 |
| Pastagem 22 | 4,90 | 0,75 | 27,00 | 0,57 | 0,65 | 0,20 | 3,71 | 1,29 | 1,49 | 5,00 | 25,82 | 13,40 | 39,32 |
| Pastagem 23 | 4,30 | 0,86 | 16,00 | 0,00 | 0,01 | 1,30 | 10,40 | 0,07 | 1,37 | 10,46 | 0,66 | 94,98 | 16,50 |
| Pastagem 24 | 5,32 | 0,68 | 16,00 | 2,13 | 1,05 | 0,10 | 5,86 | 3,24 | 3,34 | 9,09 | 35,58 | 3,00 | 29,54 |
| Pastagem 25 | 3,93 | 1,01 | 16,00 | 0,07 | 0,02 | 1,90 | 13,04 | 0,14 | 2,04 | 13,18 | 1,10 | 92,92 | 14,09 |
| Pastagem 26 | 4,49 | 0,50 | 51,00 | 0,08 | 0,07 | 0,90 | 6,10 | 0,29 | 1,19 | 6,39 | 4,48 | 75,86 | 28,63 |
| Pastagem 27 | 4,19 | 0,68 | 9,00 | 0,00 | 0,01 | 1,40 | 8,75 | 0,04 | 1,44 | 8,79 | 0,48 | 97,10 | 21,08 |
| Pastagem 28 | 4,61 | 1,12 | 26,00 | 0,12 | 0,32 | 1,10 | 5,77 | 0,52 | 1,62 | 6,29 | 8,24 | 67,95 | 35,59 |
| Pastagem 29 | 5,84 | 1,26 | 180,00 | 1,84 | 1,31 | 0,00 | 4,12 | 3,63 | 3,63 | 7,75 | 46,80 | 0,00 | 42,20 |
| Pastagem 30 | 5,02 | 0,75 | 21,00 | 0,00 | 0,02 | 1,40 | 7,34 | 0,09 | 1,49 | 7,43 | 1,18 | 94,12 | 15,65 |
| Pastagem 31 | 4,60 | 0,97 | 16,00 | 0,03 | 0,01 | 1,20 | 11,14 | 0,10 | 1,30 | 11,24 | 0,90 | 92,21 | 14,98 |
| Pastagem 32 | 4,43 | 1,92 | 16,00 | 0,14 | 0,02 | 1,00 | 10,15 | 0,22 | 1,22 | 10,37 | 2,11 | 82,06 | 11,30 |
| Pastagem 33 | 4,56 | 0,68 | 13,00 | 0,38 | 0,07 | 0,90 | 8,99 | 0,52 | 1,42 | 9,51 | 5,43 | 63,55 | 16,68 |
| Pastagem 34 | 4,41 | 0,71 | 16,00 | 0,02 | 0,00 | 1,25 | 6,19 | 0,09 | 1,34 | 6,27 | 1,37 | 93,56 | 29,36 |
| Pastagem 35 | 3,92 | 0,68 | 15,00 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 7,34 | 0,06 | 1,31 | 7,40 | 0,78 | 95,59 | 25,96 |

pH: pH em H₂O; P: fósforo (mg.dm⁻³); K⁺: potássio (mg.dm⁻³); Ca²⁺ e Mg²⁺: cálcio + magnésio (cmol_c.dm⁻³); Al³⁺: alumínio (cmol_c.dm⁻³); H + Al: acidez potencial (cmol_c.dm⁻³); SB: soma de bases (cmol_c.dm⁻³); t: CTC efetiva (cmol_c.dm⁻³); T: CTC a pH 7,0 (cmol_c.dm⁻³); m: saturação por alumínio (%); V: saturação por bases; Prem: fósforo remanescente (mg.L⁻¹).

APÊNDICE 2E. VALORES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB PASTAGENS DEGRADADAS NA BACIA DO RIO ALEGRE - ES, NA PROFUNDIDADE 0,00 – 0,10 m, PERÍODO DO VERÃO.

| Áreas | AG | AF | SI | ARG | ADA | GF | Ds | Dp | PMIC | PMAC | PT | DMG | DMP |
|-------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|--------------------|---|------|----------------|------|------|
| | ----- dag kg ⁻¹ ----- | | | | | % | mg dm ⁻³ | g cm ⁻³ | ----- m ³ m ³ ----- | | ----- mm ----- | | |
| Pastagem 1 | 38,36 | 16,29 | 4,98 | 37,22 | 13,95 | 62,52 | 1,37 | 2,40 | 0,36 | 0,07 | 0,43 | 2,37 | 2,68 |
| Pastagem 2 | 23,14 | 10,61 | 9,32 | 54,84 | 19,23 | 64,94 | 1,33 | 2,44 | 0,39 | 0,06 | 0,45 | 2,44 | 2,70 |
| Pastagem 3 | 34,00 | 8,91 | 8,28 | 44,80 | 9,72 | 78,31 | 1,25 | 2,34 | 0,41 | 0,06 | 0,46 | 2,40 | 2,75 |
| Pastagem 4 | 39,28 | 11,19 | 11,24 | 34,94 | 15,68 | 55,13 | 1,41 | 2,38 | 0,30 | 0,11 | 0,41 | 1,56 | 2,00 |
| Pastagem 5 | 28,08 | 18,76 | 10,84 | 38,10 | 12,95 | 66,00 | 1,36 | 2,41 | 0,34 | 0,09 | 0,43 | 2,10 | 2,58 |
| Pastagem 6 | 23,66 | 8,35 | 9,44 | 52,84 | 17,66 | 66,57 | 1,27 | 2,29 | 0,34 | 0,11 | 0,45 | 2,79 | 2,92 |
| Pastagem 7 | 24,21 | 10,54 | 7,41 | 59,07 | 10,01 | 83,06 | 1,27 | 2,30 | 0,41 | 0,04 | 0,45 | 2,34 | 2,65 |
| Pastagem 8 | 37,40 | 10,31 | 13,78 | 39,70 | 15,18 | 61,76 | 1,53 | 2,41 | 0,31 | 0,06 | 0,37 | 2,64 | 2,85 |
| Pastagem 9 | 47,97 | 11,11 | 8,50 | 29,92 | 11,91 | 60,18 | 1,62 | 2,47 | 0,29 | 0,05 | 0,34 | 2,68 | 2,85 |
| Pastagem 10 | 31,15 | 8,61 | 7,80 | 49,40 | 11,53 | 76,67 | 1,39 | 2,39 | 0,35 | 0,06 | 0,42 | 1,71 | 2,26 |
| Pastagem 11 | 30,15 | 10,77 | 4,64 | 49,18 | 20,26 | 58,80 | 1,46 | 2,45 | 0,32 | 0,08 | 0,40 | 2,28 | 2,60 |
| Pastagem 12 | 33,38 | 11,67 | 8,78 | 42,54 | 17,43 | 59,02 | 1,44 | 2,32 | 0,30 | 0,08 | 0,38 | 2,68 | 2,85 |
| Pastagem 13 | 37,70 | 13,63 | 12,86 | 36,48 | 16,13 | 55,79 | 1,53 | 2,44 | 0,34 | 0,03 | 0,37 | 1,46 | 2,05 |
| Pastagem 14 | 38,28 | 8,94 | 8,00 | 41,00 | 16,68 | 59,31 | 1,46 | 2,42 | 0,30 | 0,10 | 0,40 | 1,62 | 2,17 |
| Pastagem 15 | 29,95 | 11,42 | 5,40 | 45,40 | 16,35 | 64,00 | 1,48 | 2,37 | 0,33 | 0,05 | 0,38 | 2,51 | 2,80 |
| Pastagem 16 | 22,10 | 15,96 | 6,08 | 50,80 | 17,59 | 65,37 | 1,39 | 2,43 | 0,36 | 0,07 | 0,43 | 2,64 | 2,84 |
| Pastagem 17 | 31,46 | 14,44 | 6,60 | 42,24 | 23,30 | 44,84 | 1,41 | 2,41 | 0,37 | 0,04 | 0,41 | 2,51 | 2,73 |
| Pastagem 18 | 19,16 | 13,04 | 7,24 | 57,00 | 21,69 | 61,95 | 1,27 | 2,34 | 0,41 | 0,04 | 0,45 | 2,60 | 2,83 |
| Pastagem 19 | 20,35 | 8,47 | 7,50 | 58,92 | 20,48 | 65,24 | 1,24 | 2,30 | 0,41 | 0,05 | 0,46 | 2,57 | 2,81 |
| Pastagem 20 | 40,31 | 13,29 | 7,16 | 40,41 | 18,99 | 53,01 | 1,26 | 2,32 | 0,42 | 0,04 | 0,46 | 2,61 | 2,84 |
| Pastagem 21 | 32,98 | 6,87 | 5,54 | 48,44 | 13,02 | 73,13 | 1,13 | 2,38 | 0,40 | 0,12 | 0,52 | 1,83 | 2,29 |
| Pastagem 22 | 35,83 | 15,09 | 12,71 | 35,70 | 13,91 | 61,04 | 1,49 | 2,42 | 0,35 | 0,03 | 0,38 | 2,23 | 2,58 |
| Pastagem 23 | 30,41 | 11,48 | 5,88 | 48,18 | 8,13 | 83,13 | 1,30 | 2,36 | 0,38 | 0,06 | 0,44 | 2,42 | 2,69 |
| Pastagem 24 | 33,54 | 10,37 | 5,68 | 45,32 | 20,56 | 54,63 | 1,34 | 2,34 | 0,37 | 0,06 | 0,43 | 2,50 | 2,76 |
| Pastagem 25 | 21,41 | 9,24 | 13,34 | 49,32 | 20,22 | 59,01 | 1,13 | 2,42 | 0,45 | 0,08 | 0,53 | 1,71 | 2,32 |
| Pastagem 26 | 26,38 | 14,26 | 7,12 | 49,70 | 18,14 | 63,49 | 1,31 | 2,38 | 0,28 | 0,17 | 0,45 | 2,10 | 2,52 |
| Pastagem 27 | 27,58 | 8,76 | 6,90 | 54,68 | 23,25 | 57,47 | 1,26 | 2,30 | 0,42 | 0,04 | 0,45 | 2,19 | 2,60 |
| Pastagem 28 | 34,72 | 10,25 | 4,76 | 49,28 | 22,69 | 53,96 | 1,44 | 2,40 | 0,36 | 0,04 | 0,40 | 2,52 | 2,72 |
| Pastagem 29 | 44,45 | 13,39 | 12,44 | 28,78 | 12,10 | 57,97 | 1,51 | 2,38 | 0,34 | 0,03 | 0,37 | 1,84 | 2,37 |
| Pastagem 30 | 33,51 | 13,67 | 3,67 | 41,41 | 16,65 | 59,80 | 1,33 | 2,33 | 0,36 | 0,07 | 0,43 | 2,64 | 2,83 |
| Pastagem 31 | 29,58 | 12,00 | 8,72 | 46,06 | 13,61 | 70,44 | 1,34 | 2,35 | 0,40 | 0,03 | 0,43 | 2,75 | 2,88 |
| Pastagem 32 | 36,44 | 13,40 | 15,28 | 30,57 | 5,73 | 81,26 | 1,14 | 2,33 | 0,41 | 0,10 | 0,51 | 2,44 | 2,69 |
| Pastagem 33 | 16,24 | 16,29 | 20,26 | 41,53 | 17,75 | 57,26 | 1,27 | 2,33 | 0,40 | 0,05 | 0,45 | 2,68 | 2,88 |
| Pastagem 34 | 40,25 | 8,41 | 7,94 | 39,72 | 20,04 | 49,55 | 1,41 | 2,35 | 0,34 | 0,06 | 0,40 | 1,87 | 2,32 |
| Pastagem 35 | 29,46 | 7,55 | 7,76 | 52,32 | 24,90 | 52,42 | 1,20 | 2,40 | 0,37 | 0,12 | 0,49 | 2,11 | 2,50 |

AG - teor de areia grossa; AF- teor de areia fina; SI- teor de silte; ARG - teor de argila; ADA- teor de argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; Ds - densidade do solo; Dp: Densidade de partículas PMIC: microporosidade; PMAC: macroporosidade; PT- porosidade total; DMG: diâmetro médio geométrico de agregado; DMP: Diâmetro médio ponderado de agregado.

APÊNDICE 2F. VALORES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB PASTAGENS DEGRADADAS NA BACIA DO RIO ALEGRE - ES, NA PROFUNDIDADE 0,10 – 0,20 m, PERÍODO DO VERÃO.

| Áreas | AG | AF | SI | ARG | ADA | GF | Ds | Dp | PMIC | PMAC | PT | DMG | DMP |
|-------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------------|------|------|------|------|
| | dag kg ⁻¹ | | | | | % | mg dm ⁻³ | g cm ⁻³ | m ³ m ⁻³ | | mm | | |
| Pastagem 1 | 34,61 | 15,53 | 5,44 | 40,16 | 14,06 | 64,98 | 1,32 | 2,47 | 0,35 | 0,13 | 0,48 | 2,63 | 2,80 |
| Pastagem 2 | 19,62 | 9,95 | 9,20 | 59,40 | 26,41 | 55,54 | 1,15 | 2,56 | 0,37 | 0,19 | 0,56 | 2,28 | 2,57 |
| Pastagem 3 | 25,56 | 11,18 | 9,60 | 46,60 | 5,03 | 89,21 | 1,06 | 2,52 | 0,37 | 0,21 | 0,58 | 2,73 | 2,88 |
| Pastagem 4 | 39,35 | 11,88 | 12,64 | 35,00 | 13,84 | 60,45 | 1,34 | 2,55 | 0,31 | 0,17 | 0,47 | 2,02 | 2,40 |
| Pastagem 5 | 26,27 | 16,85 | 8,40 | 41,00 | 17,64 | 56,97 | 1,38 | 2,59 | 0,35 | 0,11 | 0,47 | 2,38 | 2,65 |
| Pastagem 6 | 20,75 | 10,16 | 9,99 | 58,47 | 20,38 | 65,14 | 1,12 | 2,50 | 0,39 | 0,16 | 0,55 | 2,62 | 2,81 |
| Pastagem 7 | 22,09 | 9,33 | 6,42 | 58,38 | 13,79 | 76,38 | 1,05 | 2,49 | 0,39 | 0,20 | 0,59 | 2,77 | 2,89 |
| Pastagem 8 | 37,29 | 10,00 | 9,80 | 39,20 | 15,89 | 59,45 | 1,48 | 2,43 | 0,30 | 0,09 | 0,39 | 2,31 | 2,66 |
| Pastagem 9 | 46,13 | 10,30 | 5,80 | 30,20 | 14,13 | 53,23 | 1,55 | 2,49 | 0,28 | 0,10 | 0,38 | 1,99 | 2,42 |
| Pastagem 10 | 33,47 | 7,41 | 14,00 | 43,20 | 8,44 | 80,46 | 1,22 | 2,55 | 0,32 | 0,20 | 0,52 | 2,18 | 2,56 |
| Pastagem 11 | 37,06 | 7,00 | 4,80 | 50,00 | 26,92 | 46,16 | 1,44 | 2,47 | 0,32 | 0,10 | 0,42 | 2,61 | 2,79 |
| Pastagem 12 | 34,22 | 9,20 | 15,40 | 36,60 | 23,73 | 35,17 | 1,47 | 2,46 | 0,31 | 0,09 | 0,40 | 2,71 | 2,86 |
| Pastagem 13 | 33,09 | 13,49 | 9,88 | 41,54 | 20,61 | 50,38 | 1,46 | 2,48 | 0,31 | 0,11 | 0,41 | 1,47 | 2,05 |
| Pastagem 14 | 34,96 | 8,69 | 7,60 | 45,40 | 11,30 | 75,11 | 1,42 | 2,45 | 0,28 | 0,14 | 0,42 | 2,14 | 2,47 |
| Pastagem 15 | 31,79 | 9,71 | 6,20 | 49,60 | 22,60 | 54,43 | 1,36 | 2,48 | 0,30 | 0,15 | 0,45 | 2,08 | 2,46 |
| Pastagem 16 | 21,64 | 13,83 | 5,40 | 54,60 | 20,85 | 61,82 | 1,28 | 2,36 | 0,33 | 0,12 | 0,46 | 2,37 | 2,63 |
| Pastagem 17 | 26,56 | 16,54 | 5,74 | 51,28 | 21,97 | 57,16 | 1,34 | 2,43 | 0,35 | 0,10 | 0,45 | 1,62 | 2,63 |
| Pastagem 18 | 17,95 | 10,32 | 7,40 | 59,80 | 22,96 | 61,60 | 1,14 | 2,53 | 0,42 | 0,13 | 0,55 | 2,52 | 2,74 |
| Pastagem 19 | 19,22 | 9,19 | 5,16 | 64,22 | 17,92 | 72,09 | 1,15 | 2,38 | 0,40 | 0,11 | 0,51 | 2,84 | 2,91 |
| Pastagem 20 | 29,82 | 6,20 | 4,20 | 55,20 | 9,04 | 83,63 | 1,03 | 2,42 | 0,40 | 0,17 | 0,57 | 2,62 | 2,82 |
| Pastagem 21 | 28,67 | 7,66 | 20,40 | 40,80 | 13,32 | 67,34 | 1,21 | 2,25 | 0,39 | 0,07 | 0,46 | 2,81 | 2,89 |
| Pastagem 22 | 32,47 | 12,42 | 12,00 | 41,40 | 23,25 | 43,83 | 1,43 | 2,37 | 0,34 | 0,05 | 0,40 | 2,26 | 2,66 |
| Pastagem 23 | 27,47 | 11,04 | 6,80 | 52,80 | 15,08 | 71,44 | 1,18 | 2,46 | 0,33 | 0,19 | 0,52 | 2,64 | 2,81 |
| Pastagem 24 | 34,42 | 8,75 | 7,62 | 48,44 | 23,01 | 52,50 | 1,23 | 2,29 | 0,35 | 0,11 | 0,46 | 2,58 | 2,79 |
| Pastagem 25 | 21,11 | 8,32 | 14,68 | 50,00 | 19,42 | 61,16 | 0,94 | 2,43 | 0,45 | 0,16 | 0,61 | 1,93 | 2,49 |
| Pastagem 26 | 24,30 | 12,59 | 8,40 | 50,40 | 15,91 | 68,43 | 1,23 | 2,39 | 0,39 | 0,10 | 0,49 | 2,07 | 2,47 |
| Pastagem 27 | 22,60 | 7,84 | 7,00 | 60,20 | 27,36 | 54,55 | 1,24 | 2,42 | 0,38 | 0,11 | 0,49 | 2,37 | 2,65 |
| Pastagem 28 | 33,56 | 9,49 | 32,94 | 20,26 | 11,70 | 42,23 | 1,16 | 2,39 | 0,34 | 0,17 | 0,51 | 2,27 | 2,61 |
| Pastagem 29 | 37,97 | 15,28 | 10,20 | 33,40 | 15,96 | 52,22 | 1,50 | 2,49 | 0,34 | 0,06 | 0,40 | 1,80 | 2,32 |
| Pastagem 30 | 28,00 | 13,15 | 9,40 | 45,28 | 18,55 | 59,04 | 1,24 | 2,51 | 0,36 | 0,14 | 0,51 | 2,64 | 2,80 |
| Pastagem 31 | 22,40 | 10,93 | 4,80 | 60,40 | 18,67 | 69,08 | 1,23 | 2,46 | 0,37 | 0,13 | 0,50 | 2,77 | 2,88 |
| Pastagem 32 | 34,54 | 13,76 | 14,30 | 31,31 | 3,54 | 88,69 | 1,00 | 2,40 | 0,44 | 0,15 | 0,59 | 2,41 | 2,71 |
| Pastagem 33 | 19,12 | 8,71 | 9,80 | 54,20 | 25,96 | 52,11 | 1,19 | 2,35 | 0,42 | 0,07 | 0,49 | 2,34 | 2,58 |
| Pastagem 34 | 44,92 | 7,03 | 6,00 | 39,60 | 18,68 | 52,84 | 1,40 | 2,55 | 0,35 | 0,10 | 0,45 | 2,28 | 2,56 |
| Pastagem 35 | 24,45 | 7,87 | 7,40 | 56,80 | 22,19 | 60,93 | 1,21 | 2,36 | 0,38 | 0,11 | 0,49 | 2,27 | 2,65 |

AG - teor de areia grossa; AF- teor de areia fina; SI- teor de silte; ARG - teor de argila; ADA- teor de argila dispersa em água; GF: Grau de flocação; Ds - densidade do solo; Dp: Densidade de partículas PMIC: microporosidade; PMAC: macroporosidade; PT- porosidade total; DMG: diâmetro médio geométrico de agregado; DMP: Diâmetro médio ponderado de agregado.

APÊNDICE 2G. VALORES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB PASTAGENS DEGRADADAS NA BACIA DO RIO ALEGRE - ES, NA PROFUNDIDADE 0,00 – 0,10 m, PERÍODO DO INVERNO.

| Áreas | AG | AF | SI | ARG | ADA | GF | Ds | Dp | PMIC | PMAC | PT | DMG | DMP |
|-------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------------|------|------|------|------|
| | dag kg ⁻¹ | | | | | % | mg dm ⁻³ | g cm ⁻³ | m ³ m ⁻³ | | mm | | |
| Pastagem 1 | 34,16 | 19,12 | 6,19 | 37,87 | 15,72 | 58,48 | 1,37 | 2,40 | 0,35 | 0,08 | 0,43 | 2,57 | 2,83 |
| Pastagem 2 | 22,94 | 10,76 | 10,83 | 53,93 | 8,58 | 84,10 | 1,32 | 2,44 | 0,40 | 0,06 | 0,46 | 1,74 | 2,18 |
| Pastagem 3 | 28,96 | 12,78 | 2,73 | 48,72 | 2,81 | 94,24 | 1,22 | 2,34 | 0,42 | 0,06 | 0,48 | 2,14 | 2,73 |
| Pastagem 4 | 41,57 | 12,19 | 7,26 | 36,50 | 3,27 | 91,05 | 1,47 | 2,38 | 0,36 | 0,03 | 0,39 | 2,12 | 2,45 |
| Pastagem 5 | 31,89 | 19,46 | 9,98 | 33,33 | 2,26 | 93,23 | 1,44 | 2,41 | 0,40 | 0,01 | 0,41 | 2,16 | 2,59 |
| Pastagem 6 | 26,55 | 9,57 | 10,10 | 51,71 | 9,50 | 81,62 | 1,28 | 2,29 | 0,42 | 0,02 | 0,44 | 2,16 | 2,88 |
| Pastagem 7 | 25,86 | 9,59 | 10,58 | 54,46 | 4,62 | 91,52 | 1,17 | 2,30 | 0,38 | 0,11 | 0,49 | 2,24 | 2,55 |
| Pastagem 8 | 52,68 | 11,57 | 12,99 | 20,53 | 3,16 | 84,63 | 1,64 | 2,41 | 0,29 | 0,03 | 0,32 | 1,85 | 2,77 |
| Pastagem 9 | 36,17 | 14,21 | 10,20 | 36,63 | 3,28 | 91,05 | 1,53 | 2,47 | 0,33 | 0,05 | 0,38 | 2,46 | 2,77 |
| Pastagem 10 | 32,46 | 8,59 | 8,05 | 49,61 | 9,43 | 80,99 | 1,35 | 2,39 | 0,34 | 0,09 | 0,43 | 1,74 | 2,28 |
| Pastagem 11 | 31,02 | 9,02 | 7,41 | 52,57 | 6,77 | 87,12 | 1,28 | 2,45 | 0,32 | 0,14 | 0,46 | 2,43 | 2,82 |
| Pastagem 12 | 44,58 | 11,27 | 11,62 | 31,16 | 1,90 | 93,90 | 1,50 | 2,32 | 0,31 | 0,09 | 0,40 | 2,48 | 2,76 |
| Pastagem 13 | 39,72 | 14,12 | 12,25 | 37,18 | 5,59 | 84,97 | 1,56 | 2,44 | 0,33 | 0,04 | 0,37 | 1,34 | 1,55 |
| Pastagem 14 | 34,72 | 11,49 | 9,66 | 37,59 | 8,37 | 77,73 | 1,39 | 2,42 | 0,29 | 0,14 | 0,43 | 1,47 | 2,05 |
| Pastagem 15 | 33,84 | 12,29 | 7,91 | 45,05 | 4,12 | 90,85 | 1,49 | 2,37 | 0,35 | 0,02 | 0,37 | 2,29 | 2,64 |
| Pastagem 16 | 26,43 | 17,75 | 23,90 | 31,57 | 4,28 | 86,43 | 1,40 | 2,43 | 0,36 | 0,07 | 0,43 | 2,15 | 2,59 |
| Pastagem 17 | 24,47 | 14,81 | 5,46 | 50,18 | 9,12 | 81,82 | 1,52 | 2,41 | 0,32 | 0,04 | 0,36 | 2,33 | 2,64 |
| Pastagem 18 | 29,04 | 10,00 | 6,83 | 57,59 | 4,05 | 92,97 | 1,22 | 2,34 | 0,32 | 0,16 | 0,48 | 2,46 | 2,76 |
| Pastagem 19 | 29,67 | 10,53 | 8,92 | 43,77 | 3,19 | 92,72 | 1,32 | 2,30 | 0,40 | 0,02 | 0,42 | 2,59 | 2,80 |
| Pastagem 20 | 31,52 | 7,51 | 6,49 | 57,10 | 5,15 | 90,98 | 1,10 | 2,32 | 0,38 | 0,14 | 0,52 | 1,73 | 2,49 |
| Pastagem 21 | 33,45 | 8,32 | 4,11 | 53,21 | 1,73 | 96,75 | 1,20 | 2,38 | 0,41 | 0,09 | 0,50 | 2,46 | 2,71 |
| Pastagem 22 | 40,31 | 13,29 | 7,16 | 40,41 | 5,26 | 86,97 | 1,49 | 2,42 | 0,31 | 0,07 | 0,38 | 2,37 | 2,65 |
| Pastagem 23 | 29,49 | 10,42 | 5,63 | 55,25 | 3,03 | 94,51 | 1,19 | 2,36 | 0,33 | 0,16 | 0,49 | 2,45 | 2,70 |
| Pastagem 24 | 38,44 | 14,28 | 7,06 | 38,74 | 5,89 | 84,79 | 1,39 | 2,34 | 0,36 | 0,05 | 0,41 | 1,96 | 2,38 |
| Pastagem 25 | 24,12 | 10,90 | 13,46 | 50,99 | 30,36 | 40,47 | 1,15 | 2,42 | 0,49 | 0,04 | 0,53 | 2,44 | 2,71 |
| Pastagem 26 | 30,63 | 15,86 | 9,44 | 51,05 | 32,37 | 36,58 | 1,40 | 2,38 | 0,38 | 0,04 | 0,42 | 2,27 | 2,64 |
| Pastagem 27 | 23,28 | 9,44 | 10,22 | 51,09 | 33,28 | 34,87 | 1,26 | 2,30 | 0,38 | 0,07 | 0,45 | 2,32 | 2,67 |
| Pastagem 28 | 41,26 | 11,81 | 4,53 | 37,34 | 25,90 | 30,64 | 1,33 | 2,40 | 0,33 | 0,12 | 0,44 | 2,31 | 2,60 |
| Pastagem 29 | 40,83 | 16,08 | 10,62 | 25,29 | 17,63 | 30,28 | 1,54 | 2,38 | 0,33 | 0,03 | 0,36 | 2,14 | 2,67 |
| Pastagem 30 | 31,32 | 13,67 | 9,44 | 40,17 | 28,30 | 29,54 | 1,21 | 2,33 | 0,39 | 0,09 | 0,48 | 2,52 | 2,74 |
| Pastagem 31 | 29,21 | 13,59 | 6,06 | 56,79 | 25,58 | 54,95 | 1,29 | 2,35 | 0,37 | 0,09 | 0,46 | 2,79 | 2,91 |
| Pastagem 32 | 34,82 | 14,17 | 11,37 | 32,01 | 15,07 | 52,93 | 1,18 | 2,33 | 0,39 | 0,10 | 0,49 | 2,26 | 2,59 |
| Pastagem 33 | 31,08 | 10,36 | 7,15 | 55,04 | 32,40 | 41,14 | 1,31 | 2,33 | 0,37 | 0,06 | 0,43 | 2,19 | 2,72 |
| Pastagem 34 | 25,01 | 8,70 | 24,80 | 32,80 | 26,83 | 18,20 | 1,38 | 2,35 | 0,36 | 0,06 | 0,42 | 2,25 | 2,60 |
| Pastagem 35 | 35,56 | 8,86 | 7,71 | 52,63 | 34,70 | 34,07 | 1,34 | 2,40 | 0,43 | 0,01 | 0,44 | 2,41 | 2,75 |

AG - teor de areia grossa; AF- teor de areia fina; SI- teor de silte; ARG - teor de argila; ADA- teor de argila dispersa em água; GF: Grau de flocação; Ds - densidade do solo; Dp: Densidade de partículas PMIC: microporosidade; PMAC: macroporosidade; PT- porosidade total; DMG: diâmetro médio geométrico de agregado; DMP: Diâmetro médio ponderado de agregado.

APÊNDICE 2H. VALORES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB PASTAGENS DEGRADADAS NA BACIA DO RIO ALEGRE - ES, NA PROFUNDIDADE 0,10 – 0,20 m, PERÍODO DO INVERNO.

| Áreas | AG | AF | SI | ARG | ADA | GF | Ds | Dp | PMIC | PMAC | PT | DMG | DMP |
|-------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|--------------------|--------------------------------|------|------|------|------|
| | dag kg ⁻¹ | | | | | % | mg dm ⁻³ | g cm ⁻³ | m ³ m ⁻³ | | mm | | |
| Pastagem 1 | 30,51 | 17,31 | 6,46 | 48,79 | 35,64 | 26,96 | 1,28 | 2,47 | 0,35 | 0,13 | 0,48 | 2,67 | 2,81 |
| Pastagem 2 | 22,22 | 9,15 | 7,56 | 58,51 | 20,29 | 65,33 | 1,12 | 2,56 | 0,35 | 0,22 | 0,57 | 3,18 | 3,00 |
| Pastagem 3 | 27,31 | 11,21 | 9,35 | 52,88 | 22,79 | 56,91 | 1,10 | 2,52 | 0,40 | 0,16 | 0,56 | 2,86 | 2,91 |
| Pastagem 4 | 31,44 | 12,72 | 10,25 | 42,71 | 29,66 | 30,55 | 1,39 | 2,55 | 0,35 | 0,10 | 0,45 | 2,33 | 2,60 |
| Pastagem 5 | 39,26 | 9,72 | 7,85 | 39,64 | 28,91 | 27,08 | 1,36 | 2,59 | 0,40 | 0,08 | 0,48 | 2,13 | 2,49 |
| Pastagem 6 | 23,83 | 9,87 | 7,91 | 56,76 | 41,81 | 26,33 | 1,17 | 2,50 | 0,40 | 0,13 | 0,53 | 2,50 | 2,70 |
| Pastagem 7 | 20,60 | 7,77 | 7,40 | 58,70 | 36,04 | 38,61 | 1,01 | 2,49 | 0,36 | 0,23 | 0,59 | 2,62 | 2,79 |
| Pastagem 8 | 52,41 | 10,31 | 11,88 | 25,19 | 15,36 | 39,03 | 1,61 | 2,43 | 0,29 | 0,04 | 0,33 | 2,40 | 2,62 |
| Pastagem 9 | 40,11 | 7,97 | 10,09 | 36,88 | 27,19 | 26,26 | 1,45 | 2,49 | 0,34 | 0,08 | 0,42 | 2,40 | 2,63 |
| Pastagem 10 | 36,75 | 6,87 | 2,77 | 51,85 | 5,97 | 88,49 | 1,34 | 2,55 | 0,34 | 0,16 | 0,50 | 2,62 | 2,79 |
| Pastagem 11 | 37,54 | 7,97 | 3,66 | 51,30 | 33,56 | 34,58 | 1,24 | 2,47 | 0,36 | 0,11 | 0,47 | 2,32 | 2,58 |
| Pastagem 12 | 35,28 | 11,36 | 13,05 | 38,94 | 22,62 | 41,91 | 1,40 | 2,46 | 0,32 | 0,11 | 0,43 | 2,60 | 2,77 |
| Pastagem 13 | 37,48 | 12,59 | 11,21 | 38,18 | 29,24 | 23,41 | 1,47 | 2,48 | 0,33 | 0,07 | 0,40 | 2,63 | 2,79 |
| Pastagem 14 | 35,83 | 9,05 | 8,98 | 50,77 | 35,08 | 30,90 | 1,34 | 2,45 | 0,31 | 0,14 | 0,45 | 2,09 | 2,42 |
| Pastagem 15 | 36,08 | 9,60 | 8,75 | 52,07 | 35,19 | 32,43 | 1,40 | 2,48 | 0,31 | 0,13 | 0,44 | 2,22 | 2,53 |
| Pastagem 16 | 24,00 | 15,59 | 6,51 | 55,33 | 34,90 | 36,92 | 1,33 | 2,36 | 0,35 | 0,08 | 0,43 | 1,84 | 2,26 |
| Pastagem 17 | 18,23 | 14,54 | 10,78 | 57,78 | 40,70 | 29,57 | 1,25 | 2,43 | 0,32 | 0,16 | 0,48 | 2,32 | 2,58 |
| Pastagem 18 | 15,74 | 9,95 | 10,14 | 65,05 | 39,92 | 38,64 | 1,11 | 2,53 | 0,39 | 0,17 | 0,56 | 1,67 | 2,14 |
| Pastagem 19 | 22,68 | 9,09 | 7,11 | 62,24 | 38,96 | 37,40 | 0,95 | 2,38 | 0,34 | 0,24 | 0,58 | 2,81 | 2,89 |
| Pastagem 20 | 25,06 | 7,02 | 7,26 | 54,45 | 36,51 | 32,94 | 1,10 | 2,42 | 0,40 | 0,15 | 0,55 | 2,29 | 2,56 |
| Pastagem 21 | 20,61 | 9,04 | 27,79 | 35,17 | 32,22 | 8,38 | 1,15 | 2,25 | 0,29 | 0,19 | 0,48 | 2,55 | 2,73 |
| Pastagem 22 | 36,05 | 15,30 | 8,66 | 39,27 | 26,54 | 32,40 | 1,43 | 2,37 | 0,31 | 0,09 | 0,40 | 2,39 | 2,60 |
| Pastagem 23 | 30,22 | 12,35 | 7,64 | 55,24 | 32,08 | 41,93 | 1,17 | 2,46 | 0,35 | 0,17 | 0,52 | 2,50 | 2,67 |
| Pastagem 24 | 46,50 | 9,49 | 6,99 | 44,76 | 30,33 | 32,24 | 1,24 | 2,29 | 0,35 | 0,11 | 0,46 | 2,45 | 2,67 |
| Pastagem 25 | 27,17 | 7,46 | 7,88 | 52,60 | 25,54 | 51,46 | 0,95 | 2,43 | 0,43 | 0,17 | 0,60 | 1,76 | 2,25 |
| Pastagem 26 | 25,00 | 14,39 | 9,80 | 48,00 | 35,93 | 25,15 | 1,22 | 2,39 | 0,34 | 0,16 | 0,50 | 2,40 | 2,64 |
| Pastagem 27 | 24,77 | 9,03 | 5,80 | 53,00 | 39,85 | 24,80 | 1,13 | 2,42 | 0,35 | 0,18 | 0,53 | 1,91 | 2,27 |
| Pastagem 28 | 39,14 | 7,81 | 7,40 | 42,80 | 32,86 | 23,21 | 1,40 | 2,39 | 0,34 | 0,07 | 0,41 | 2,38 | 2,59 |
| Pastagem 29 | 30,32 | 13,33 | 12,00 | 39,20 | 23,32 | 40,51 | 1,60 | 2,49 | 0,34 | 0,02 | 0,36 | 1,56 | 2,06 |
| Pastagem 30 | 25,52 | 11,20 | 11,00 | 48,40 | 29,50 | 39,06 | 1,20 | 2,51 | 0,37 | 0,15 | 0,52 | 2,18 | 2,46 |
| Pastagem 31 | 23,11 | 12,77 | 5,18 | 61,36 | 34,81 | 43,27 | 1,15 | 2,46 | 0,40 | 0,13 | 0,53 | 2,28 | 2,52 |
| Pastagem 32 | 33,69 | 10,50 | 15,00 | 32,20 | 13,67 | 57,54 | 1,11 | 2,40 | 0,44 | 0,09 | 0,53 | 2,54 | 2,74 |
| Pastagem 33 | 25,01 | 8,70 | 24,80 | 32,80 | 28,63 | 12,70 | 1,21 | 2,35 | 0,33 | 0,14 | 0,47 | 2,28 | 2,55 |
| Pastagem 34 | 35,48 | 7,53 | 5,86 | 44,01 | 28,22 | 35,89 | 1,36 | 2,55 | 0,35 | 0,11 | 0,46 | 2,71 | 2,83 |
| Pastagem 35 | 30,50 | 7,37 | 6,40 | 51,20 | 36,44 | 28,82 | 1,27 | 2,36 | 0,38 | 0,08 | 0,46 | 2,19 | 2,51 |

AG - teor de areia grossa; AF- teor de areia fina; SI- teor de silte; ARG - teor de argila; ADA- teor de argila dispersa em água; GF: Grau de flocação; Ds - densidade do solo; Dp: Densidade de partículas PMIC: microporosidade; PMAC: macroporosidade; PT- porosidade total; DMG: diâmetro médio geométrico de agregado; DMP: Diâmetro médio ponderado de agregado.

APÊNDICE 2I. VALORES DOS ATRIBUTOS RELACIONADOS À MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB PASTAGENS DEGRADADAS NA BACIA DO RIO ALEGRE - ES, NA PROFUNDIDADE 0,00 – 0,10 m, PERÍODO DO VERÃO.

| Áreas | MOL | COT | CSOL | CBMS | C-CO ₂ AC | qMIC | qCO ₂ |
|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|-------|------------------|
| | g kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ | µm g ⁻¹ | * | (%) | ** |
| Pastagem 1 | 1,68 | 29,21 | 380,54 | 68,182 | 192,69 | 0,233 | 1144,105 |
| Pastagem 2 | 1,12 | 27,31 | 234,81 | 207,273 | 94,79 | 0,758 | 1067,213 |
| Pastagem 3 | 1,02 | 33,19 | 271,62 | 185,455 | 102,07 | 0,559 | 1597,214 |
| Pastagem 4 | 1,96 | 18,82 | 352,75 | 144,545 | 170,51 | 0,767 | 1554,644 |
| Pastagem 5 | 1,78 | 17,92 | 166,48 | 212,727 | 106,36 | 1,186 | 1788,493 |
| Pastagem 6 | 1,94 | 30,88 | 239,03 | 302,727 | 86,45 | 0,981 | 1870,163 |
| Pastagem 7 | 0,98 | 32,51 | 124,37 | 111,818 | 90,34 | 0,344 | 1922,920 |
| Pastagem 8 | 1,84 | 19,23 | 287,55 | 169,091 | 134,63 | 0,879 | 1909,449 |
| Pastagem 9 | 2,02 | 17,20 | 329,15 | 152,727 | 98,30 | 0,888 | 1566,471 |
| Pastagem 10 | 0,72 | 16,29 | 122,14 | 152,727 | 94,78 | 0,939 | 1351,301 |
| Pastagem 11 | 0,70 | 23,33 | 394,21 | 90,000 | 91,34 | 0,386 | 2736,940 |
| Pastagem 12 | 2,36 | 24,52 | 448,26 | 130,909 | 117,30 | 0,534 | 2171,789 |
| Pastagem 13 | 0,36 | 15,96 | 356,38 | 109,091 | 98,07 | 0,683 | 1333,612 |
| Pastagem 14 | 0,70 | 11,55 | 166,46 | 98,182 | 109,36 | 0,849 | 1098,031 |
| Pastagem 15 | 0,78 | 23,33 | 271,62 | 125,455 | 89,19 | 0,538 | 1423,200 |
| Pastagem 16 | 0,70 | 22,62 | 264,85 | 73,636 | 107,43 | 0,326 | 1615,469 |
| Pastagem 17 | 2,50 | 20,36 | 427,53 | 190,909 | 139,90 | 0,937 | 1296,411 |
| Pastagem 18 | 1,64 | 28,83 | 184,62 | 174,545 | 85,32 | 0,605 | 1536,189 |
| Pastagem 19 | 2,56 | 30,15 | 229,96 | 160,909 | 126,81 | 0,534 | 1913,604 |
| Pastagem 20 | 3,14 | 38,33 | 256,60 | 109,091 | 98,24 | 0,285 | 1587,925 |
| Pastagem 21 | 3,06 | 40,02 | 275,38 | 305,455 | 82,44 | 0,763 | 1565,030 |
| Pastagem 22 | 2,20 | 20,04 | 310,68 | 264,545 | 99,82 | 1,318 | 1269,571 |
| Pastagem 23 | 1,70 | 30,84 | 167,77 | 272,727 | 84,76 | 0,885 | 1613,704 |
| Pastagem 24 | 3,68 | 31,61 | 394,97 | 212,727 | 114,90 | 0,673 | 1408,528 |
| Pastagem 25 | 1,84 | 31,55 | 210,77 | 73,636 | 130,78 | 0,234 | 1111,178 |
| Pastagem 26 | 1,10 | 18,68 | 251,99 | 177,273 | 103,78 | 0,950 | 1457,394 |
| Pastagem 27 | 2,18 | 24,16 | 388,80 | 106,364 | 85,90 | 0,440 | 1463,838 |
| Pastagem 28 | 2,40 | 22,81 | 385,05 | 250,909 | 92,55 | 1,099 | 1488,397 |
| Pastagem 29 | 1,32 | 21,83 | 263,36 | 152,727 | 150,94 | 0,700 | 1570,168 |
| Pastagem 30 | 2,74 | 24,44 | 260,40 | 166,364 | 112,66 | 0,681 | 2134,634 |
| Pastagem 31 | 1,66 | 22,99 | 179,23 | 199,091 | 104,84 | 0,867 | 1391,595 |
| Pastagem 32 | 3,40 | 39,54 | 449,44 | 250,909 | 113,17 | 0,635 | 1952,284 |
| Pastagem 33 | 2,94 | 35,36 | 195,63 | 163,636 | 100,28 | 0,463 | 1267,048 |
| Pastagem 34 | 2,02 | 15,03 | 222,19 | 133,636 | 138,64 | 0,889 | 1910,099 |
| Pastagem 35 | 1,70 | 22,11 | 226,55 | 117,273 | 91,23 | 0,530 | 1540,788 |

MOL: Matéria orgânica leve; COT: Carbono orgânico total; CSOL: Carbono solúvel em água; CBMS: Carbono da biomassa microbiana; * C-CO₂ AC: Respiração basal (mg C-CO₂/50 g de solo; qMIC: quociente microbiano; qCO₂ - quociente metabólico (**µg C-CO₂ µg⁻¹ C-BM h⁻¹).

APÊNDICE 2J. VALORES DOS ATRIBUTOS RELACIONADOS À MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB PASTAGENS EM DIFERENTES NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO, PROFUNDIDADE 0,0 – 0,10 m, PERÍODO DO INVERNO.

| Áreas | MOL | COT | CSOL | CBMS | C-CO ₂ AC | qMIC | qCO ₂ |
|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|------|------------------|
| | g kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ | µm g ⁻¹ | * | (%) | ** |
| Pastagem 1 | 1,36 | 24,96 | 94,05 | 312,73 | 57,21 | 1,54 | 3658,474 |
| Pastagem 2 | 1,88 | 20,98 | 136,88 | 225,45 | 53,36 | 1,07 | 4733,605 |
| Pastagem 3 | 1,46 | 27,36 | 87,82 | 360,00 | 79,86 | 1,31 | 4436,706 |
| Pastagem 4 | 7,44 | 21,61 | 178,92 | 370,91 | 77,73 | 1,71 | 4191,443 |
| Pastagem 5 | 3,72 | 20,87 | 168,50 | 400,00 | 89,42 | 1,91 | 4471,232 |
| Pastagem 6 | 8,92 | 28,95 | 105,73 | 461,82 | 93,51 | 1,59 | 4049,565 |
| Pastagem 7 | 7,42 | 30,98 | 57,46 | 403,64 | 96,15 | 1,30 | 4763,992 |
| Pastagem 8 | 6,66 | 20,30 | 114,30 | 312,73 | 95,47 | 1,54 | 6105,797 |
| Pastagem 9 | 2,06 | 15,08 | 154,00 | 170,91 | 78,32 | 1,13 | 9165,522 |
| Pastagem 10 | 3,20 | 13,55 | 51,23 | 254,55 | 67,57 | 1,88 | 5308,682 |
| Pastagem 11 | 6,28 | 25,05 | 432,33 | 305,45 | 136,85 | 1,21 | 8960,219 |
| Pastagem 12 | 2,78 | 22,61 | 253,49 | 298,18 | 108,59 | 1,31 | 7283,438 |
| Pastagem 13 | 1,96 | 15,37 | 197,32 | 294,55 | 66,68 | 1,91 | 4527,695 |
| Pastagem 14 | 0,42 | 18,85 | 119,72 | 254,55 | 54,90 | 1,35 | 4313,694 |
| Pastagem 15 | 6,80 | 22,97 | 357,69 | 534,55 | 71,16 | 2,32 | 2662,449 |
| Pastagem 16 | 1,14 | 23,57 | 115,08 | 272,73 | 80,77 | 1,15 | 5923,386 |
| Pastagem 17 | 4,22 | 22,84 | 263,79 | 370,91 | 64,82 | 1,62 | 3495,227 |
| Pastagem 18 | 5,80 | 26,53 | 339,21 | 480,00 | 76,81 | 1,80 | 3200,394 |
| Pastagem 19 | 5,30 | 29,08 | 325,91 | 330,91 | 95,68 | 1,13 | 5782,868 |
| Pastagem 20 | 3,38 | 33,49 | 266,05 | 570,91 | 79,40 | 1,70 | 2781,397 |
| Pastagem 21 | 2,02 | 37,57 | 178,11 | 360,00 | 78,25 | 0,95 | 4347,305 |
| Pastagem 22 | 6,18 | 19,28 | 196,58 | 232,73 | 63,48 | 1,20 | 5455,190 |
| Pastagem 23 | 3,10 | 25,70 | 133,03 | 386,07 | 80,69 | 1,50 | 4179,794 |
| Pastagem 24 | 3,74 | 30,29 | 320,74 | 316,36 | 70,43 | 1,04 | 4452,244 |
| Pastagem 25 | 2,70 | 33,66 | 139,99 | 483,64 | 55,56 | 1,43 | 2297,548 |
| Pastagem 26 | 1,02 | 19,50 | 78,48 | 283,64 | 72,87 | 1,45 | 5138,248 |
| Pastagem 27 | 2,68 | 23,83 | 57,46 | 218,18 | 73,19 | 0,91 | 6709,258 |
| Pastagem 28 | 2,10 | 18,33 | 374,69 | 461,82 | 74,42 | 2,51 | 3222,908 |
| Pastagem 29 | 1,60 | 18,51 | 172,93 | 236,36 | 78,51 | 1,27 | 6643,019 |
| Pastagem 30 | 2,56 | 21,65 | 235,75 | 316,36 | 106,73 | 1,46 | 6747,406 |
| Pastagem 31 | 6,46 | 21,34 | 213,58 | 440,00 | 69,58 | 2,06 | 3162,715 |
| Pastagem 32 | 3,06 | 36,28 | 250,55 | 323,64 | 97,61 | 0,89 | 6032,337 |
| Pastagem 33 | 3,34 | 33,31 | 138,43 | 276,36 | 63,35 | 0,83 | 4584,715 |
| Pastagem 34 | 5,20 | 15,55 | 193,63 | 378,18 | 95,50 | 2,43 | 5050,742 |
| Pastagem 35 | 3,60 | 18,64 | 86,27 | 614,55 | 77,04 | 3,29 | 2507,199 |

MOL: Matéria orgânica leve; COT: Carbono orgânico total; CSOL: Carbono solúvel em água; CBMS: Carbono da biomassa microbiana; *C-CO₂ AC: Respiração basal (mg C-CO₂/50 g de solo; qMIC: quociente microbiano; qCO₂ - quociente metabólico (**µg C-CO₂ µg⁻¹ C-BM h⁻¹).

APÊNDICE 2K. VALORES DOS ATRIBUTOS RELACIONADOS À MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB PASTAGENS EM DIFERENTES NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO, PROFUNDIDADE 0,10 - 0,20 m, PERÍODO DO VERÃO.

| Áreas | MOL g kg ⁻¹ | COT g kg ⁻¹ | CSOL mg kg ⁻¹ | Áreas | MOL g kg ⁻¹ | COT g kg ⁻¹ | CSOL mg kg ⁻¹ |
|-------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Pastagem 1 | 1,36 | 28,05 | 248,96 | Pastagem 19 | 1,02 | 26,27 | 122,43 |
| Pastagem 2 | 0,80 | 21,74 | 306,92 | Pastagem 20 | 1,86 | 26,46 | 161,94 |
| Pastagem 3 | 0,92 | 26,26 | 102,35 | Pastagem 21 | 0,82 | 30,07 | 248,33 |
| Pastagem 4 | 0,56 | 11,13 | 155,47 | Pastagem 22 | 0,84 | 14,02 | 175,47 |
| Pastagem 5 | 1,04 | 15,54 | 119,84 | Pastagem 23 | 0,94 | 22,51 | 219,46 |
| Pastagem 6 | 0,92 | 24,91 | 238,57 | Pastagem 24 | 1,30 | 22,58 | 174,25 |
| Pastagem 7 | 0,76 | 28,38 | 133,44 | Pastagem 25 | 1,66 | 26,98 | 141,67 |
| Pastagem 8 | 1,26 | 16,19 | 187,85 | Pastagem 26 | 0,64 | 18,15 | 165,70 |
| Pastagem 9 | 0,74 | 16,50 | 131,50 | Pastagem 27 | 1,46 | 20,35 | 178,14 |
| Pastagem 10 | 0,42 | 12,59 | 97,81 | Pastagem 28 | 1,32 | 14,41 | 295,66 |
| Pastagem 11 | 0,82 | 16,38 | 196,92 | Pastagem 29 | 0,76 | 14,68 | 277,63 |
| Pastagem 12 | 1,78 | 19,65 | 250,69 | Pastagem 30 | 1,28 | 16,64 | 185,99 |
| Pastagem 13 | 0,66 | 15,85 | 142,51 | Pastagem 31 | 0,80 | 21,81 | 128,15 |
| Pastagem 14 | 0,48 | 15,43 | 116,88 | Pastagem 32 | 3,72 | 27,61 | 219,04 |
| Pastagem 15 | 0,48 | 15,64 | 171,71 | Pastagem 33 | 1,14 | 25,78 | 167,21 |
| Pastagem 16 | 0,78 | 17,09 | 172,31 | Pastagem 34 | 0,50 | 13,60 | 128,26 |
| Pastagem 17 | 0,78 | 13,32 | 174,90 | Pastagem 35 | 1,04 | 17,23 | 104,11 |
| Pastagem 18 | 0,56 | 23,42 | 155,47 | ----- | ----- | ----- | ----- |

MOL: Matéria orgânica leve; COT: Carbono orgânico total; CSOL: Carbono solúvel em água; CBMS: Carbono da biomassa microbiana.

APÊNDICE 2L. VALORES DOS ATRIBUTOS RELACIONADOS À MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB PASTAGENS EM DIFERENTES NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO, PROFUNDIDADE 0,10 – 0,20 m, PERÍODO DO INVERNO.

| Áreas | MOL | COT | CSOL | Áreas | MOL | COT | CSOL |
|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | g kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ | | g kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ |
| Pastagem 1 | 1,44 | 22,14 | 151,67 | Pastagem 19 | 2,60 | 32,66 | 161,79 |
| Pastagem 2 | 0,80 | 25,06 | 107,29 | Pastagem 20 | 0,96 | 28,13 | 67,58 |
| Pastagem 3 | 1,36 | 28,93 | 71,47 | Pastagem 21 | 2,48 | 28,14 | 115,08 |
| Pastagem 4 | 0,58 | 18,19 | 133,76 | Pastagem 22 | 0,96 | 12,45 | 100,28 |
| Pastagem 5 | 1,16 | 18,47 | 101,06 | Pastagem 23 | 0,50 | 24,10 | 96,39 |
| Pastagem 6 | 0,84 | 15,47 | 167,02 | Pastagem 24 | 2,90 | 24,13 | 201,50 |
| Pastagem 7 | 1,56 | 23,75 | 92,50 | Pastagem 25 | 1,54 | 28,83 | 174,41 |
| Pastagem 8 | 0,88 | 16,06 | 172,69 | Pastagem 26 | 0,72 | 18,38 | 119,72 |
| Pastagem 9 | 3,42 | 20,82 | 170,72 | Pastagem 27 | 0,90 | 18,67 | 48,12 |
| Pastagem 10 | 0,86 | 9,33 | 73,16 | Pastagem 28 | 0,92 | 21,88 | 223,93 |
| Pastagem 11 | 1,34 | 15,07 | 216,17 | Pastagem 29 | 2,30 | 15,55 | 185,13 |
| Pastagem 12 | 4,60 | 17,94 | 217,46 | Pastagem 30 | 0,78 | 18,65 | 130,81 |
| Pastagem 13 | 1,18 | 9,21 | 190,67 | Pastagem 31 | 2,10 | 30,46 | 160,37 |
| Pastagem 14 | 3,48 | 9,69 | 46,56 | Pastagem 32 | 1,14 | 30,51 | 128,59 |
| Pastagem 15 | 0,60 | 20,42 | 215,12 | Pastagem 33 | 7,16 | 22,27 | 153,72 |
| Pastagem 16 | 1,12 | 13,42 | 81,60 | Pastagem 34 | 2,30 | 21,85 | 198,06 |
| Pastagem 17 | 0,80 | 9,99 | 224,86 | Pastagem 35 | 1,36 | 21,67 | 171,45 |
| Pastagem 18 | 0,80 | 17,82 | 179,58 | ----- | ----- | ----- | ----- |

MOL: Matéria orgânica leve; COT: Carbono orgânico total; CSOL: Carbono solúvel em água; CBMS: Carbono da biomassa microbiana.