



MISAEAL DA SILVA JULIANI

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PARA DIAGNÓSTICO
DA QUALIDADE DO SOLO – ESTUDO DE CASO EM UM
TALUDE COBERTO COM CAPIM VETIVER NO SUL DE MINAS
GERAIS**

INCONFIDENTES/MG

2015

MISAEEL DA SILVA JULIANI

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PARA DIAGNÓSTICO
COMPARATIVO DA QUALIDADE DO SOLO – ESTUDO DE
CASO EM TRES PERFIS DE SOLO NO SUL DE MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dra. Lilian Vilela Andrade Pinto

INCONFIDENTES/MG

2015

MISAEAL DA SILVA JULIANI

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PARA DIAGNÓSTICO
DA QUALIDADE DO SOLO – ESTUDO DE CASO EM UM
TALUDE COBERTO COM CAPIM VETIVER NO SUL DE MINAS
GERAIS**

Data de aprovação: ____ de _____ 20__

**Orientadora: Prof^a. DSc. Lilian Vilela Andrade Pinto
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes**

Michender W. M. Pereira

**Co-orientador: MSc. Michender Werison Motta Pereira
UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas**

**Prof. DSc. Luiz Carlos Dias Rocha
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes**

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho ao meu Avô/Pai Jorge
Damião de Souza, pois ele é a minha força
de vontade, ele é o meu norte, ele é a pessoa
que fez de mim ser o homem que sou hoje.*

AGRADECIMENTOS

*Agradeço primeiramente a **Deus**, pela oportunidade de estar estudando em uma faculdade federal e por me orientar nos momentos em que mais precisei.*

*Agradeço a minha mãe (**Néia**) e em especial meu avô (**Jorge Damião**) por proporcionar condições mínimas e incentivo para concluir minha graduação.*

*Agradeço minha namorada (**Viviane**) pelo incentivo e ajuda durante minha graduação, agradeço a Viviane pelo simples fato de fazer parte de minha vida.*

*Agradeço aos meninos bons (**Fernando e Neife**) por fazer parte de minha formação acadêmica, proporcionando os momentos mais felizes durante todos os três anos da graduação e ajudando de forma significativa para a conclusão deste trabalho.*

*Agradeço de coração a Prof^{ra}. **Dra. Lilian Vilela**, pela amizade, pela oportunidade de trabalho e por fazer de mim alguém preparado para seguir com a vida acadêmica e de pesquisa.*

*Agradeço ao professor **Luizinho** e em especial ao **Michender** pela alta e excelente contribuição com o trabalho.*

*Agradeço a **Gabi, Lara, Luciana, Luiz, Juliana, Lucas (referência)**, por proporcionar muito momentos divertidos durante a graduação.*

*Agradeço a um dos meus melhores amigos (**Hugo Deleon**) por me trazer para **Inconfidentes** e fazer com que tudo isso fosse possível.*

*Agradeço em especial as minhas melhores amigas **Tatiana e Mariana Bacelar**, pelo incentivo e me mostrar a importância do estudo e de ser alguém na vida, me disponibilizando livros para estudar em casa.*

*Agradeço a todos os meus amigos de infância, **Maurício, Rodrigo, Laercio, Marcos, Renan, Elton, Pedro, Régis, Bianca e Raphael**, pelos momentos mais divertidos de minha vida e pelo incentivo ao estudo.*

EPÍGRAFE

“Essa vida é muito curta, passa muito rápido e a gente só uma chance para viver, TENHA FÉ.”

Guilherme de Sá

RESUMO

O solo é um componente fundamental do ecossistema terrestre, pois é o principal substrato utilizado pelas plantas para o seu crescimento e disseminação. O objetivo geral deste trabalho visa o desenvolvimento de um modelo para diagnóstico da qualidade do solo de três perfis de solo em área de encosta estabilizada com vetiver comparando os indicadores físicos e químicos de qualidade do solo destes perfis. Este trabalho foi desenvolvido na fazenda escola do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes/MG, em um talude com declividade média de 28° (30,20° no bloco A; 26,47° no bloco B e 27,28° no bloco C). Para o estudo dos perfis de solo, abriram-se trincheiras de 1,0 m de largura, 1,2 m de comprimento e 1,2 m de profundidade. A coleta das amostras de solo para análise física e química de cada horizonte foi realizada de duas maneiras: de forma deformada e indeformada. Para a avaliação física dos solos realizou-se as seguintes análises: Granulometria, densidade do solo, densidade das partículas e porosidade total. Para a avaliação química foram analisados a Matéria Orgânica do Solo (MOS), pH em água, Al, H+Al, P, K, Ca, Mg, Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Soma de Bases (SB), Saturação por Bases do Solo (V%), Zn, Fe, Mn, Cu, B e S. Após os parâmetros analisados, realizou-se o diagnóstico da qualidade do solo. A descrição morfológica dos perfis foi desenvolvida segundo o Manual de Descrição e Coletas de Solo no Campo. As densidades do solo obtidas nos três perfis variaram entre 1,08 a 1,44 g cm⁻³ no perfil A; 1,17 a 1,37 g cm⁻³ para o perfil B e 1,18 a 1,28 g cm⁻³ para o perfil C. Os valores de densidade de partículas observadas nos perfis variaram de 2,50 a 2,78 g cm⁻³ para o perfil A; 2,63 a 2,86 g cm⁻³ para o perfil B e 2,50 a 2,67 g cm⁻³ para o perfil C. Quanto a porosidade total, os maiores valores foram observados no perfil A (58,53%), seguido pelo perfil B (55,52%) e perfil C (55,38%). Quanto a granulometria no perfil A houve predominância de areia, perfil B de argila e no perfil C houve predominância de textura franca. Quanto aos atributos químicos, todos os parâmetros analisados, com exceção do H+Al, houve uma maior concentração do perfil A. O modelo J2P permitiu diagnosticar a qualidade do solo de forma comparativa, onde o perfil A enquadrou-se como Qualidade do Solo Superior, Perfil B enquadrou-se como Qualidade do Solo Moderado tendendo a Inferior e o perfil C enquadrou-se como Qualidade do Solo Inferior. Em relação aos atributos morfológicos, pode-se observar que a maior diferença foi em relação a cor do Perfil A, que se mostrou mais escura. Quanto aos atributos físicos do solo, a maior diferença observada foi em relação aos teores de areia, argila e silte no qual o Perfil B apresentou maiores teores de Argila.

Palavras Chaves: *Chrysopogon zizanioides*, atributos físicos químicos e morfológicos, classificação técnica

ABSTRACT

The soil is a key component of the terrestrial ecosystem, it is the main substrate used by plants for their growth and spread. The aim of this study aims to develop a model for diagnosis of soil quality three soil profiles stabilized slope area with vetiver comparing the physical and chemical indicators of soil quality of these profiles. This work was carried out on the farm school IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes / MG, on a slope with a mean slope of 28 (30,20° block A, B and 26.47° in 27,28° block in block C). For the study of soil profiles were opened trenches 1.0 m wide, 1.2 m long and 1.2 m deep. Collection of soil samples for physical and chemical analysis was performed for each horizon in two ways: randomly and using the uhland cylinder. For a physical assessment of the soil took place the following analysis: Particle size, bulk density, particle density and total porosity. For chemical evaluation were analyzed soil organic matter (SOM), pH, Al, H + Al, P, K, Ca, Mg, Cation Exchange Capacity (CEC), Basic Sum (SB), Saturation by Soil bases (V%), Zn, Fe, Mn, Cu, B and S. After the parameters analyzed, there was the diagnosis of soil quality. The morphological description of the profiles was developed according to the Brazilian System of Soil Classification. Soil densities obtained in the three profiles ranged from 1.08 to 1.44 g cm⁻³ in the profile; From 1.17 to 1.37 g cm⁻³ to profile B and from 1.18 to 1.28 g cm⁻³ for the profile C. The particle density profiles in the observed values ranged from 2.50 to 2.78 g cm⁻³ for the profile; 2.63 to 2.86 g cm⁻³ for the profile B and 2.50 to 2.67 g cm⁻³ for the profile C. The total porosity, the highest values were observed in the profile (58.53%), followed by the profile B (55.52%) and profile C (55.38%). The particle size profile The predominated sand, clay profile B and C profile predominated frank texture. As for chemical, all parameters analyzed, except for H + with Al, there was a higher concentration profile A. J2P model allowed diagnose soil quality in a comparative way, where the profile A was within the Class 1 Profile B is framed in class 4 and class C in the profile 5. For morphological attributes, one can observe that the highest difference was related to the color profile, which is shown darker. As for the soil physical attributes, the biggest difference was observed in relation to sand, clay and silt in which the Profile B had higher clay contents. In relation to the chemical characteristics, the profile of the soil with lower fertility is considered to possess low levels of macronutrients and the largest difference was observed between the profiles in relation to pH.

Key Words: *Chrysopogon zizanioides*, chemical and morphological physical, technical classification

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. O Solo e seus Conceitos	3
2.2. Degradação do Solo.....	3
2.3. Solos em Taludes e Encostas.....	4
2.3.1. Proteção e Estabilização de Taludes e Encostas.....	6
2.3.2. Estabilização de Taludes e Encostas com Vetiver no Brasil.....	7
2.4. Classificação da Qualidade do Solo	8
2.4.1. Atributos físicos.....	11
2.4.2. Atributos químicos	11
2.4.3. Atributos biológicos	13
2.4.4. Atributos Morfológicos	13
2.5. Classificação do Solo	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Área de Estudo	15
3.2. Amostragem de Solo	15
3.3. Avaliação Morfológica dos Solos	17
3.4. Avaliação Física dos Solos.....	19
3.5. Avaliação Química dos Solos.....	20
3.6. Diagnóstico da Qualidade do Solo	20
3.6.1. Estudo de Caso em Talude Estabilizado com Capim Vetiver.....	22
3.7. Análise dos Resultados.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Descrição Morfológica dos Solos.....	24
4.1.1. Descrição Morfológica do Perfil A	24
4.1.2. Descrição Morfológica do Perfil B.....	25
4.1.3. Descrição Morfológica do Perfil C.....	25
4.2. Caracterização Física dos Solos	27
4.3. Caracterização Química dos Solos	34
4.4. Diagnóstico da Qualidade do Solo: Estudo de caso em perfis de solo em talude estabilizado com capim vetiver	38
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

O solo é um componente fundamental do ecossistema terrestre, pois é o principal substrato utilizado pelas plantas para o seu crescimento e disseminação. O solo fornece às raízes fatores de crescimento como suporte, água, oxigênio e nutrientes. Além disto, o solo exerce multiplicidade de funções tais como: a) regulação da distribuição, armazenamento, escoamento e infiltração da água da chuva e de irrigação; b) armazenamento e ciclagem de nutrientes para as plantas e outros elementos; c) ação filtrante e protetora da qualidade da água. O ser humano também utiliza o solo enquanto matéria prima ou substrato para obras civis (casas, indústrias, estradas), cerâmica e artesanato (Lima et al., 2007).

Durante o processo de formação do solo ocorrem, por um lado, alterações físico-químicas e biológicas dos materiais geológicos originais e, por outro, processos físicos de transporte e translocação de constituintes solúveis ou em suspensão, até maior ou menor profundidade, que levam à diferenciação de camadas distintas, às quais se dá, geralmente, o nome de horizontes. O conjunto dos horizontes constitui o perfil do solo (Cortez & Abreu, 2008).

Os indicadores físicos assumem importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Possuem também função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo (Gomes & Filizola, 2006). Os Atributos químicos são, normalmente, agrupados em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos

fitotóxicos e determinadas relações como a saturação de bases (V%) e de alumínio (m) (Araújo et al., 2012). Já os indicadores Biológicos consistem principalmente de microrganismos que realizam diversas funções essenciais para o funcionamento do solo como: degradação da matéria orgânica; liberação de nutrientes às plantas e degradação de substâncias tóxicas (Araújo & Monteiro, 2007)

Os indicadores de qualidade do solo necessitam ser quantificados localmente e integrados em um índice de qualidade do solo (IQS), que permite apontar a direção para a qual as mudanças na qualidade do solo estão caminhando. Os modelos de IQS atribuem maior importância a indicadores físicos ou químicos do solo (Chaer, 2001).

Contudo, via de regra a determinação da qualidade do solo está amarrada na necessidade de conhecer-se o padrão de qualidade daquele solo em questão, que normalmente é diagnosticada em uma área de vegetação natural preservada. Muitas vezes a ausência desta informação impede o diagnóstico da qualidade de um solo ou a comparação da qualidade de solos distintos.

Assim sendo, a hipótese acredita a esta pesquisa é que pode-se integrar os conhecimentos adquiridos com análises de atributos físicos, químicos e biológicos do solo em um modelo simples, capaz de permitir diagnosticar a qualidade do comparativa dos solos, atribuindo a ele qualidade superior, igual ou inferior a outros solos também avaliados. Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver um modelo para diagnóstico da qualidade do solo, tendo como objetivos específicos: i) testar o modelo em três perfis de solo em área de talude estabilizada com capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty syn. *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash); ii) avaliar atributos químicos, físicos e morfológicos do solo nesses perfis e; iii) identificar os perfis de solo com melhor e pior qualidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Solo e seus Conceitos

O conceito de solo é um tema complexo, que ainda nos dias atuais é debatido em eventos científicos da área, dada a sua variabilidade no espaço e no tempo. Segundo Serrat et al. (2002) o solo é o resultado do intemperismo das rochas. Os fatores responsáveis por este processo são: clima, organismos vivos, relevo, tipos de rochas e tempo. Esse processo leva anos para ocorrer, por isso a importância de se conservar o solo. Ainda segundo Serrat et al. (2002), o solo é composto por quatro constituintes misturados: ar, água, matéria orgânica, porção mineral. Cortez e Abreu (2008) definem o solo como sendo uma camada delgada de material não consolidado que cobre a superfície da crosta terrestre.

Contudo, o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SiBCS) apresenta uma detalhada conceituação de solo, que possivelmente contempla todas essas citadas acima:

“O solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formado por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas” (Santos et al., 2013a).

2.2. Degradação do Solo

A degradação do solo é naturalmente causada pela ocorrência de fatores climáticos, como secas, enchentes, escoamentos superficiais em áreas declivosas, queimadas, entre outras, e são intensificadas por atividades antrópicas tais como o desmatamento, a agropecuária intensiva e mineração. Essas atividades causam a destruição da cobertura vegetal natural, deixando assim o solo exposto à ação de intempéries, como o vento e a chuva que desgastam o solo (Guerra & Jorge, 2014).

Segundo Araújo (2013) a degradação do solo ocorre de diferentes maneiras:

- ✓ **Esgotamento dos solos:** o crescente aumento das erosões é resultado da forma equivocada de plantio desenvolvida por muitos agricultores ao longo do território brasileiro, isso tem transformado grandes áreas produtivas em solos inférteis;
- ✓ **Lixiviação:** termo usado para designar um processo que ocorre quando as águas da chuva realizam uma espécie de “lavagem” do solo, retirando um elevado percentual de nutrientes, tornando-o menos fértil. Em decorrência desse fato, faz-se necessária a aplicação cada vez maior de fertilizantes;
- ✓ **Degradação biológica:** redução do conteúdo de matéria orgânica, declínio da biomassa de carbono, e a diminuição da atividade e diversidade da fauna do solo são consequências da degradação biológica dos solos. A degradação biológica pode ser causada também pelo uso indiscriminado de agroquímicos e poluentes do solo;
- ✓ **Compactação:** A habilidade das plantas para explorar o solo e obter nutrientes e água está relacionada à estrutura das suas raízes. Porém quando o manejo do solo ocorre de forma inadequada gera o problema da compactação. As consequências negativas desse processo de compactação do solo são: diminuição da troca gasosa; limitação do movimento dos nutrientes no solo; diminuição da taxa de infiltração de água; aumento da erosão hídrica;
- ✓ **Erosão:** A erosão é a destruição do solo e seu deslocamento, pelo movimento de agentes físicos (água da chuva, vento, gelo, ondas, gravidade). A erosão, além de destruir a estrutura do solo, também causa o assoreamento, que é o acúmulo de partículas do solo nos leitos dos rios e lagos. Outros fatores de erosão hídrica são desmatamento para a extração de madeira, pecuária e a urbanização. A erosão pode ocorrer com o transporte uniforme das partículas pelas águas pluviais ou com a formação de canais definidos, que podem se tornar voçorocas;
- ✓ **Queimadas:** As queimadas são uma técnica agrícola muito antiga e muito usada para preparar o solo para agricultura. Sua recorrência devido à ação do ser humano elimina extensas coberturas florestais, inclusive de reservas ambientais. As queimadas têm consequências também para o próprio solo, uma vez que eliminam bactérias e outros microrganismos que compõem a microfauna do solo.

2.3. Solos em Taludes e Encostas

Talude é a denominação que se da a qualquer superfície inclinada de um maciço de solo ou rocha. Ele pode ser natural, também denominado encosta, ou construído pelo

homem, como, por exemplo, os aterros e cortes (Gerscovich, 2012), como pode ser observado na figura 1.

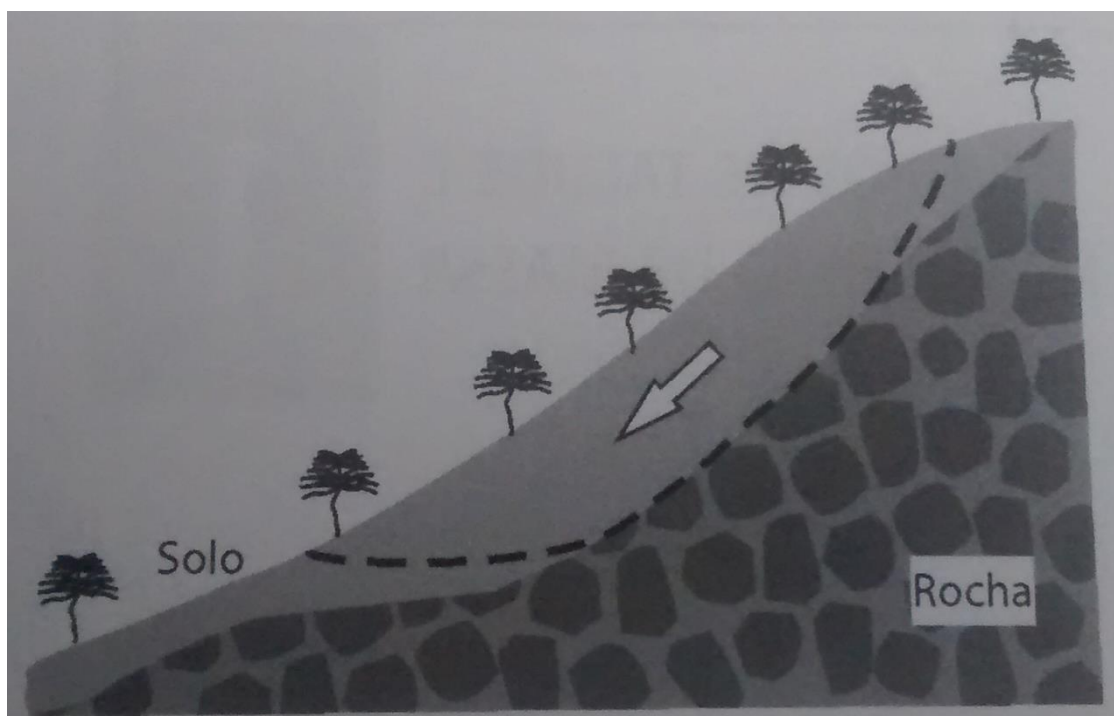


Figura 1: Representação de um talude. Fonte Gerscovich (2012)

De acordo com Passos et al. (2010), taludes podem ser classificados como artificial ou natural. Os taludes naturais são conhecidos como encostas, levam milhões de anos para se formar e são encontrados nas encostas de montanhas. Já os taludes artificiais são os declives de aterros construídos pelo homem.

As encostas são formadas por um manto de material decomposto ou manto de intemperismo sobre uma superfície rochosa. Os fatores naturais podem atuar isolados ou em conjunto durante o processo de formação de um talude natural respondendo pela estrutura característica destes maciços (Passos et al., 2010).

Carvalho et al. (2007) destacam que as áreas de talude e encostas são causadas devido a elevada declividade do local, padrões de ocupação inadequado, infra-estrutura deficiente e elevada densidade populacional. Ziegler (2013) afirma que existem diferentes tipos de escorregamentos, tais como:

a) Quedas ou desprendimentos: destacamento ou “descolamento” de solo ou rocha de um talude íngreme.

b) Desprendimento: rotação de massa de solo ou rocha em um ponto ou eixo abaixo do centro de gravidade da massa deslizante. Pode levar ao movimento de queda ou escorregamento propriamente dito, dependendo da geometria do terreno.

c) Escorregamento: movimento de descida de massa de solo ou rocha, tendo uma superfície de ruptura bem definida. Geralmente o centro de rotação está acima do centro de gravidade da massa deslizante. Quando ocorre lenta e progressivamente, pode receber também o nome de rastejo ou *creep*.

d) Espalhamento: descreve movimentos relativamente rápidos de massas de argila, que podem ter estado estáveis por muito tempo, que se deslocam para frente por uma distância considerável.

e) Corridas de lama: Movimentos muito rápidos de solo argiloso mole, que se move como se fosse um fluido viscoso. Movimentos de “fluxo” também podem acontecer com outros materiais, por exemplo, areia seca.

2.3.1. Proteção e Estabilização de Taludes e Encostas

A proteção e estabilização de uma encosta ou talude consiste na escolha da melhor solução técnico-econômico para o problema. Essa escolha se dá devido a uma correta avaliação das características do meio físico, tipos e características dos materiais, inclinação da encosta e condições hidrogeológicas (Paiva, 2012). Freu (2012) destaca as principais técnicas de estabilização:

- ✓ **Retaludamento** – Esta técnica consiste em realizar alterações na geometria dos mesmos, a fim de se obter uma melhor condição de estabilidade.
- ✓ **Proteção Superficial** - Tem como finalidade revestir o talude, protegendo contra a erosão e reduzindo a infiltração decorrente da precipitação de chuva. A proteção pode ser através de vegetação ou através de impermeabilização.
- ✓ **Estruturas de Contenção** - São estruturas cujo peso próprio é o responsável por sua estabilidade, opondo-se aos empuxos horizontais. São empregados, em geral, na contenção de desníveis não superiores a 5 metros, quando se dispõe de espaço para acomodar sua largura, que gira em torno de 50% da altura a ser contida. Devido a seu elevado peso, requerem um terreno com boa capacidade de carga.
- ✓ **Sistemas de Drenagem** - Tem por finalidade captar e conduzir convenientemente as águas superficiais e subterrâneas de um talude, reduzindo a erosão e taxa de infiltração no solo, bem como evitando um aumento excessivo da poropressão.

Um outro método que pode ser utilizado é a estabilização de encostas com gramínea vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty syn. *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash). De acordo com Truong et al. (2008) o vetiver pode chegar de 1,5 a 2 metros de altura no primeiro ano de cultivo, formando barreiras que são capazes de diminuir o escoamento superficial sobre um o terreno, podendo reduzir a 70% o escoamento da água de chuva e 90% dos sedimentos lixiviados.

2.3.2. Estabilização de Taludes e Encostas com Vetiver no Brasil

O capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty syn. *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) auxilia na estabilização de taludes, pois proporciona incremento de coesão aparente ao solo e aumenta o fator de segurança dos taludes (Barbosa & Lima, 2013). Já Santos et al. (2014) afirmam que o capim Vetiver possui características fisiológicas (tolerância a extremas variações climáticas; habilidade para voltar a crescer muito rapidamente depois de ter sido afetada por secas, geadas, salinidade e condições adversas; tolerância à ampla faixa de pH no solo de 3,3 a 12,5; alto nível de tolerância a herbicidas e pesticidas e altamente eficiente absorvendo nutrientes dissolvidos) e morfológicas (ausência de rizomas. Seu sistema radicular maciço finamente estruturado que pode crescer muito rápido; caules eretos e duros, os quais podem enfrentar um fluxo de água relativamente profundo e brotos novos desenvolvem-se da coroa subterrânea fazendo do vetiver resistente ao fogo) viáveis para ser utilizado em obras de contenções de encostas e taludes.

O IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes desde 2010 vem realizando estudos com o Vetiver plantados em nove diferentes espaçamentos em um talude localizado na fazenda Escola. Os principais resultados destes estudos encontram-se descritos a seguir.

A taxa de infiltração aproximada no talude foi superior a 60% em todos os nove espaçamentos de plantio do Vetiver quando submetido a chuvas de 2 a 5mm, 9 a 10mm e 25 a 35 mm, e, conseqüentemente, a taxa de escoamento superficial diminuiu fazendo com que menos sedimentos fossem carregados (Souza et al., 2013).

Além da eficiência na estabilização de encostas e taludes, o capim Vetiver foi estudado para determinação de outros atributos como: Produção de biomassa da gramínea vetiver em diferentes espaçamentos após 420 dias do plantio, no qual Manoel et al. (2013)

identificaram que o espaçamento que mais promoveu valores de matéria seca e menor perda de solo foi 1,5m x 0,15m.

Cobra et al. (2012) avaliaram a resistência a penetração do solo de uma encosta estabilizada com Vetiver e observaram que o tempo de permanência da gramínea na área influencia positivamente a redução da resistência à penetração média do solo e da resistência à penetração do solo em diferentes profundidades.

Costa et al. (2013) avaliaram o perfilhamento de touceiras de Vetiver após a poda e observaram que os espaçamentos 1,5 x 0,45 m e 2,0 x 0,45 m possuem plantas com maior quantidade de perfilhos e conseqüentemente possuem plantas mais vigorosas, que possivelmente irão apresentar melhores resultados em termos de proteção do solo contra a erosão hídrica, fornecimento de matéria prima para confecção de artesanatos, cobertura de instalações rurais, entre outras utilidades desta gramínea.

Andrade et al. (2011) observaram que a taxa de sobrevivência, diâmetro ao nível do solo e altura do Vetiver não são influenciados pelo espaçamento de plantio e observaram também que as plantas provenientes de mudas de vetiver produzidas em saquinhos de polietileno apresentam taxa de sobrevivência e diâmetro ao nível do solo superior às aquelas plantadas diretamente no campo.

Anselmo et al. (2015) avaliou o teor de proteína bruta da gramínea Vetiver em função do tempo de desenvolvimento vegetativo e observou que o tempo de desenvolvimento vegetativo do vetiver após a poda interfere nos valores nutricionais da gramínea vetiver e verificou que aos 60 dias foi o que proporcionou os maiores teores de proteína bruta.

2.4. Classificação do Solo

Na década de 1950 já era observada uma necessidade de padronização de linguagem e classificação das características de solos empregadas na sua identificação e classificação, que atenderia aos trabalhos de mapeamento de solos que se espalhavam pelo Brasil. Para atender essa demanda a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) criou a comissão de método de trabalho de campo e em 1963 publicou a primeira edição do Manual de Métodos de Trabalho de Campo, posteriormente revisado e ampliado, tendo sua última versão publicada em 2013 (Santos et al., 2013b).

A classificação dos solos mostra-se muito útil, pois permite entre outros aspectos: a) entender as relações entre os indivíduos, b) predizer o comportamento dos indivíduos,

c) identificar o melhor uso do solo em um determinado lugar para um determinado uso, d) estimar a produtividade de um talhão, e) prover temas para pesquisa, f) extrapolar dados de pesquisa ou de observações, g) facilitar a comunicação. Portanto, ao se fazer a leitura dos mapas pedológicos, está-se partindo da classificação (legenda) para se chegar ao solo real contido nos delineamentos (Oliveira, s.d.).

De acordo com Santos et al. (2013a) existem dois tipos principais de classificação do solo, sendo: i) Classificação Técnica ou Interpretativa e; ii) Classificação Pedológica ou Taxonômica.

Neste trabalho, foi realizada uma classificação técnica do solo, com o objetivo de identificar a qualidade do solo estudado, separando-os em classes conforme metodologia proposta (descrita a seguir). Contudo, será descrito aqui com mais detalhes apenas a classificação Técnica ou Interpretativa. Informações sobre a classificação Taxonômica dos solos podem ser obtidas em Santos et al. (2013a).

A classificação técnica ou interpretativa dos solos consiste da previsão do comportamento dos solos sob manejos específicos e sob certas condições ambientais (Steele, 1967). De acordo com Lepsch et al. (1991), na classificação técnica ou interpretativa os indivíduos são agrupados em função de determinadas características de interesse prático específico. É válido destacar aqui que o interesse prático deste trabalho é a classificação da qualidade do solo nas condições estudadas (ver objetivos e material e métodos).

2.5. Classificação da Qualidade do Solo

O solo possui funções múltiplas, como substrato para produção agrícola, regulador dos fluxos de água, gases e energia, filtro e tampão de para materiais descartados e é também fundamental para obras de engenharia. Sua capacidade de funcionar adequadamente no desempenho dessas funções é referida como qualidade do solo (Karlen et al, 1997 citado por Melo Filho et al., 2007).

Melo Filho et al. (2007) afirmam que a correta avaliação da qualidade do solo exige métodos sistemáticos para medir e interpretar as condições dos atributos do solo. Para Chaer (2001) existem diversas proposições de métodos e modelos para avaliação da qualidade do solo, todos são conceitualmente similares e derivam daqueles propostos para determinação do índice de produtividade.

O método mais utilizado para determinação de índices de qualidade do solo é o modelo proposto por Karlen e Stott (1994) que sugerem um modelo aditivo e usa uma série de funções do solo para suporte a decisão nas investigações de problemas ambientais e concluíram que o procedimento pode ser aplicado para avaliar a qualidade do solo para diversas situações (Melo Filho et al., 2007)

Chaer (2001) modificou o método de Karlen e Stott (1994) para quantificar o efeito de diferentes manejos na cultura do eucalipto sobre a qualidade do solo. As planilhas utilizadas no trabalho de Chaer (2001) constituíram a base para o desenvolvimento do programa SIMOQS (Sistema de Monitoramento da Qualidade do Solo) desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa. Esse método permite a construção e condução de testes sobre modelos para cálculos de índice de qualidade de solo de forma rápida (Mendes et al., 2008).

Uma outra premissa é a Avaliação Visual do Solo (AVS) que surgiu a partir da necessidade de um diagnóstico rápido e confiável da qualidade do solo. Este método é baseado em atributos morfológicos visíveis ou passíveis de serem distinguidos sem a necessidade de análises laboratoriais (Niero et al., 2010). Os atributos morfológicos encontram-se descritos no item 2.4.4 desta revisão.

No trabalho de Freitas et al. (2012) foi utilizado o modelo para determinação de índice de deterioração do solo proposto por Islam e Well (2000). Este modelo consiste na média dos desvios dos indicadores de cada atributo do solo em relação a referência, sendo que os ecossistemas naturais, caracterizados pelo mínimo de intervenção antrópica e de esperado equilíbrio, devem ser considerados como referência.

Para Niero (2009), a correta avaliação da qualidade exige métodos sistemáticos para medir e interpretar as contribuições dos atributos do solo que podem ser utilizados como indicadores de qualidade.

Em muitos casos não existem faixas de valores que indiquem o grau de qualidade em que se encontra o solo, pela grande variação que existe entre os diferentes tipos de solos e pelas diferentes maneiras como os solos são afetados por uso e manejo. Assim, o maior problema para se avaliar a qualidade do solo é a falta de padrões, tanto para metodologia quanto para limites críticos (Niero, 2009).

Segundo Chaer (2001), para avaliar a qualidade do solo, devem ser identificados indicadores químicos, físicos e biológicos chaves e avaliados quanto a sua sensibilidade a mudanças e distúrbios causados pelo manejo.

A qualidade do solo não pode ser mensurada diretamente, mas pode ser estimada a partir de indicadores de qualidade do solo (Karlen et al., 1997 citado por Araújo et al., 2012). Indicadores estes que são atributos mensuráveis do solo ou da planta através de um processo ou atividade que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas em um determinado ecossistema (Karlen et al., 1997 citado por Araújo et al., 2012).

Araújo et al. (2012) afirmam que a escolha de um determinado indicador depende da finalidade que se propõe a utilização de determinado solo.

2.5.1. Atributos físicos

Os indicadores físicos de qualidade do solo são importantes elementos de sustentabilidade, já que as propriedades físicas e os processos do solo estão envolvidos no suporte ao crescimento radicular, armazenagem e suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e atividade biológica (Arshad et al., 1996 citado por Araújo et al., 2012). Geralmente os principais indicadores físicos do solo são: textura; espessura; densidade do solo; resistência a penetração; porosidade; capacidade de retenção de água; condutividade hidráulica e estabilidade de agregados (Araújo et al., 2012).

Com o uso e manejo inadequado do solo poderá haver redução do volume de poros e aumento da densidade do solo, resultando na compactação do solo, comprometendo os limites críticos desses indicadores de qualidade física do solo para o desenvolvimento e produção de culturas anuais, permanente e pastagem (Fidalski, 2009).

2.5.2. Atributos químicos

Indicadores químicos de qualidade do solo são aqueles que apresentam relevância nos estudos agronômicos e ambiental. Estes indicadores normalmente são agrupados em quatro classes, conforme indicaram Gomes e Filizola (2006): i) indicadores dos processos do solo ou do comportamento do solo; ii) indicadores de capacidade do solo em resistir a troca de cátions; iii) indicadores de necessidade nutricionais das plantas; iv) indicadores de poluição ou contaminação.

A análise química do solo é realizada para identificar a ausência de nutrientes que a planta necessita para se desenvolver, nutrientes esses que são classificados como Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e Micronutrientes (Fe, Mn, B, Zn, Cu, Cl e Ni) segundo Borges e Souza (2001).

Dadalto e Fullin (2001) determinou limites de fertilidade adotados pelos laboratórios de solo no Estado do Espírito Santo. Os valores de referência para Potássio (K), Enxofre (S) e o Fósforo (P) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Limites de interpretação do nível de fertilidade adotados pelos laboratórios de análise de solo no Estado do Espírito Santo. Adaptado de Dadalto e Fullin (2001)

Parâmetros	Unidade	Baixo	Médio	Alto
Potássio (K)	mg/dm ³	≤ 30	31 - 60	> 60
Enxofre (S)	mg/dm ³	≤ 5	6 - 10	> 10
Fósforo (P)	mg/dm ³	≤ 5	6 - 10	> 10

A Tabela 2 mostra as classes de interpretação da disponibilidade de micronutrientes no solo, para o estado de Minas Gerais.

Tabela 2: Classes de interpretação da disponibilidade de micronutrientes no solo, para o estado de Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999)

Micronutrientes	Classificação				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom	Alto
mg/dm ³				
Zinco	0,4	0,5 a 0,9	1 a 1,5	1,6 a 2,2	>2,2
Manganês	2	3 a 5	6 a 8	9 a 12	>12
Ferro	8	9 a 18	19 a 30	31 a 45	>45
Cobre	0,3	0,4 a 0,7	0,8 a 1,2	1,3 a 1,8	>1,8
Boro	0,15	0,16 a 0,35	0,36 a 0,60	0,61 a 0,90	>0,90

Além dos macros e micronutrientes, Chaer (2001) destaca como atributos químicos indicativos da qualidade do solo, a Matéria Orgânica do Solo (MOS); a capacidade de troca de cátions (CTC) e o pH. Valores de referência para os teores de M.O e outros para o estado de Minas Gerais são apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Critérios para interpretação de análises de solo para fins de avaliação da fertilidade no estado de Minas Gerais. (Adaptado de Ribeiro et al., 1999)

Característica	Unidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito Bom
----------------	---------	-------------	-------	-------	-----	-----------

SB	Cmol/dm ³	≤ 0,60	0,61-1,80	1,81-3,60	3,61-6,00	>6,00
V%	%	≤ 20,0	20,1-40,0	40,1-60,0	60,1-80,0	>80,0
M.O	Dag/dm ³	≤ 0,70	0,71– 2,00	2,01-4,00	4,01-7,00	>7,00

2.5.3. Atributos biológicos

Para Araújo et al. (2012), os indicadores biológicos de qualidade do solo, como a biomassa microbiana do solo, o nitrogênio mineralizável, a respiração microbiana do solo, a atividade enzimática e o quociente metabólico, são importantes na ciclagem de nutrientes e capacidade do solo para o crescimento vegetal.

Destaca-se aqui que não foram mensurados atributos biológico de qualidade de solo neste trabalho.

2.5.4. Atributos Morfológicos

Giasson (2013) afirma que os atributos morfológicos do solo são descritos em cada horizonte ou camada, pois as mesmas podem variar ao longo do perfil. A descrição morfológica apresenta metodologia e redação padronizada.

Segundo Souza et al. (2013) os atributos morfológicos do solo começam com a definição dos horizontes e camadas no solo. Os tipos de horizontes do solo são classificados, segundo Souza et al. (2013) em:

O - Horizonte ou camada superficial de cobertura, de constituição orgânica;

A - Horizonte mineral, superficial;

E - Horizonte mineral, cuja característica principal é a perda de argilas silicatadas, óxidos de ferro e alumínio ou matéria orgânica;

B - Horizonte subsuperficial;

BC - Horizonte subsuperficial, com predomínio de características de horizonte B e algumas características de horizonte C;

C - Horizonte ou camada mineral de material inconsolidado sob o solum, relativamente pouco afetado por processos pedogenéticos;

R - Camada mineral de material consolidado, que constitui substrato rochoso contínuo ou praticamente contínuo.

De acordo com Santos et al. (2013b) além da definição dos horizontes, pode-se citar outros atributos morfológicos como: transição, profundidade e espessura dos horizontes e camadas, cor, textura; estrutura e consistência.

A profundidade, espessura e transição dos horizontes e camadas refere-se com que os horizontes, sub-horizontes e camadas, identificados, se diferenciam entre si de acordo com as variações de cor, textura e estrutura do solo (Santos et al., 2013b). Para Araújo et al. (2012) a espessura, principalmente do horizonte superficial, tem sido sugerida como um dos melhores indicadores da qualidade do solo, pois, nesta faixa, encontra-se maior atividade da biota, sendo, conseqüentemente, um local propício para ciclagem de matéria orgânica e nutrientes.

Segundo Araújo et al. (2012), a textura do solo é uma das propriedades mais estáveis, sendo modificada levemente pelo cultivo e outras práticas que ocasionam a mistura de diferentes camadas. Contudo, é uma propriedade que tem estreita relação com a retenção e o transporte de água, estrutura do solo, teor de nutrientes e de matéria orgânica, além de influenciar fortemente os processos erosivos do solo.

Para Santos et al. (2013b) a cor do solo é uma das características morfológicas de mais fácil visualização e identificação nos solos. A partir da cor é possível fazer inferências quanto ao conteúdo de matéria orgânica no solo; tipo de óxidos de ferro; formas reduzidas de Ferro e drenagem.

A estrutura do solo se refere ao tamanho e ao padrão de arranjo das partículas primárias (areia, silte e argila) e poros do solo, e como estão organizados (agregados) (Araújo et al., 2012) entre si pelas superfícies de fraqueza, ou apenas superpostas e sem conformação definida (Santos et al., 2013b).

A consistência do solo é o termo usado para designar as manifestações das forças físicas de coesão e de adesão entre as partículas e outros materiais, conforme a variação dos graus de umidade (Santos et al., 2013b).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

Este trabalho foi conduzido na fazenda escola do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes/MG, em um talude com solo classificado como Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico, com declividade média de 28° (30,20° no bloco A; 26,47° no bloco B e 27,28° no bloco C). A área encontra-se coberta com a gramínea vetiver, plantada em três blocos, cada um com 9 diferentes espaçamentos + testemunha (sem plantas) em março de 2010, conforme os estudos já realizados no local por Manoel et al. (2014); Costa (2013); Cobra et al. (2012); Souza (2013) e; Andrade et al. (2011).

A área de estudo situa-se na cidade de Inconfidentes, Região Sul do Estado de Minas Gerais, a 886 m de altitude, posição geográfica 22°18'41,6" de latitude Sul e 46°19'48,7" de longitude Oeste. De acordo com a classificação de Koëppem, o clima da região é do tipo tropical úmido (Cwa) com duas estações bem definidas: chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), com médias anuais de 1.800 mm de precipitação e 19°C de temperatura.

3.2. Amostragem de Solo

Foram descritos e amostrados três perfis de solo nas parcelas testemunhas, sendo um perfil em cada bloco experimental conforme é visto no croqui da área apresentado na figura 2.

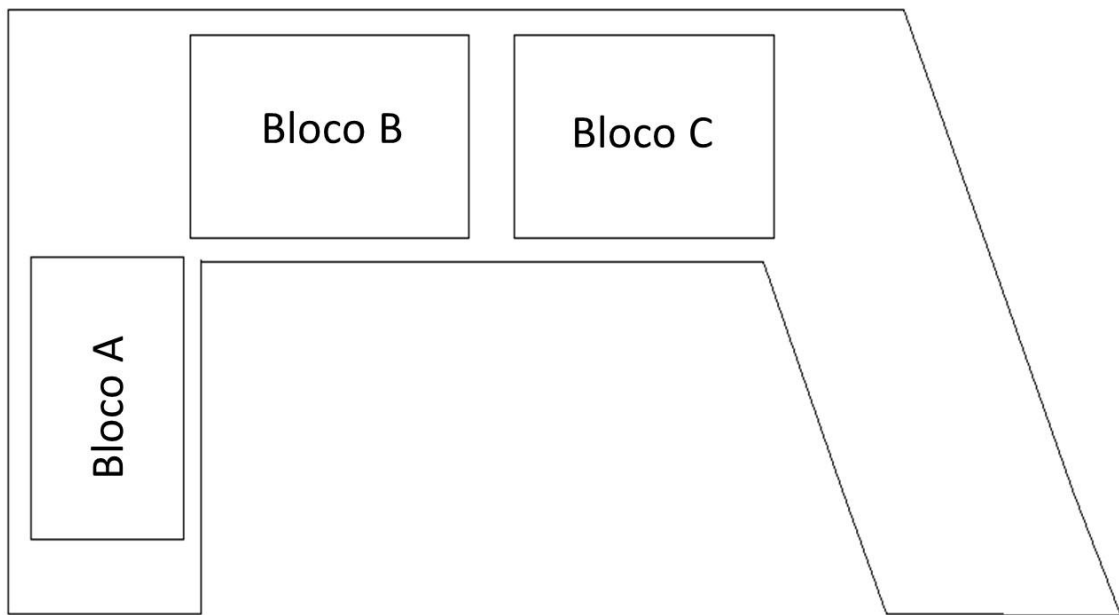


Figura 2: Croqui da área com talude estabilizado pelo capim Vetiver.

Para o estudo dos perfis de solo, (Figura 3) abriram-se trincheiras de 1,0 m de largura, 1,2 m de comprimento e 1,2 m de profundidade, utilizando-se uma pá de corte reta, um enxadão e uma trena.

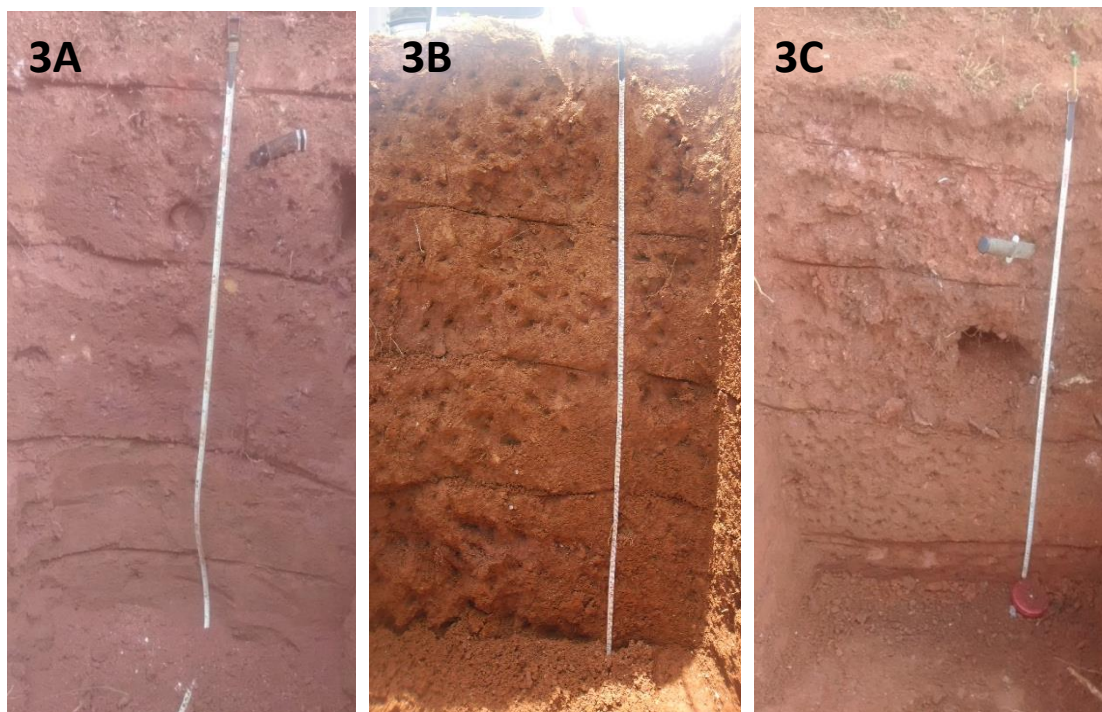


Figura 3: Perfis de solo A (3A), B (3B) e C (3C) na área experimental em Inconfidentes/MG.

Os perfis de solo foram subdivididos em horizontes pedológicos de acordo com os critérios genético-morfológicos empregados em Pedologia (Santos et al., 2013ab). A tabela 4 relaciona as espessuras dos horizontes pedogenéticos dos perfis A, B e C.

Tabela 4. Espessuras dos horizontes pedológicos dos perfis de solo A, B e C estudados em Inconfidentes, Sul de Minas Gerais.

Perfil A		Perfil B		Perfil C	
Horizonte	Espessura (cm)	Horizonte	Espessura (cm)	Horizonte	Espessura (cm)
A1	0 a 10	A1	0 a 33	A1	0 a 22
A2	10 a 35	A2	33 a 60	A2	22 a 45
BA	35 a 70	BA	60 a 80	BA	45 a 85
Bi1	70 a 100	Bi	80 a 110+	Bi	85 a 110+
Bi2	100 a 110+				

Posteriormente foram coletadas amostras de solo com estrutura Indeformada (Figura 4A) e deformada (Figura 4B) dos horizontes pedológicos de cada perfil para determinação de atributos morfológicos, físicos e químicos do solo. As amostras de solo deformadas foram coletadas com o auxílio de uma faca, prospectando cuidadosamente o solo para o despreendimento dos agregados. As amostras de solo com estrutura indeformadas foram coletadas em anéis de aço inox utilizando um amostrador de Uhland.



Figuras 4: Coleta das amostras de solo com estrutura indeformada (4A) e deformada (4B) no perfil C.

3.3. Avaliação Morfológica dos Solos

Para a descrição morfológica do solo, as amostras de cada horizonte pedológico coletadas com estrutura deformada foram dispostas sobre folhas brancas (Figura 5) e posteriormente analisados os seguintes atributos, conforme metodologia proposta no Manual

de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos et al., 2013): cor, estrutura, consistência e raízes.



Figura 5: Amostras separadas por horizontes e quanto ao tamanho dos agregados para descrição morfológica do perfil B.

Para a determinação da cor do solo (úmido) foi utilizada uma carta de cores de Munsell. A estrutura do solo úmido foi classificada de acordo com o tipo (laminar, prismática, blocos angulares e subangulares, e granular), tamanho (muito pequena, pequena, média, grande e muito grande) e grau de desenvolvimento (fraca, moderada e forte).

A consistência do solo foi classificada através da sua friabilidade para o solo úmido e pela plasticidade e pegajosidade para o solo molhado. As possíveis classificações da consistência podem ser observadas na tabela 5.

Tabela 5: Classes de consistência do solo úmido e molhado (adaptado de Santos et al., 2013b)

Consistência do Solo		
Úmida	Molhada	
Solta	Plasticidade	Pegajosidade (Acrescentar nos resultados)
Muito Friável	Não Plástica	Não Pegajosa
Friável	Ligeiramente Plástica	Ligeiramente Pegajosa
Firme	Plástica	Pegajosa
Muito Firme	Muito Plástica	Muito Pegajosa
Extremamente Firme		

A ocorrência de raízes foi classificada visualmente, empregando-se os termos: muitas, comuns, poucas e raras, conforme recomendado por Santos et al. (2013b).

Não foi possível avaliar os atributos morfológicos do solo seco devido ao seu estado úmido no momento das coletas (ocorrência de chuvas nos dias anteriores).

3.4. Avaliação Física dos Solos

Para a avaliação física dos solos foram determinados os seguintes atributos do solo: granulometria, densidade do solo e densidade das partículas. As análises foram realizadas no laboratório de Física do Solo e Centro de Procedimento Ambientais (CPA) do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes.

As análises granulométricas foram realizadas empregando-se o método da Pipeta descrito em EMBRAPA (1997) que consiste em quatro processos: separação das amostras deformadas, agitação (6.000 RPM) com dispersante NaOH, Peneiramento da areia e pipetamento da argila.

Para a determinação da densidade do solo (D_s), as amostras com estrutura indeformada coletadas nos anéis de de Uhland foram levadas à estufa à 105°C até atingir peso constante (solo seco), conforme descrito em EMBRAPA (1997). A D_s foi então calculada utilizando a seguinte equação 1.

$$\text{Eq. 1. } D_s = \frac{M_s}{V}$$

Sendo:

D_s = Densidade do solo (g cm^{-3});

M_s = Massa de solo seco (g);

V = Volume de solo coletado (cm^3),

A densidade de partículas (D_p) foi determinada pelo método do balão volumétrico com álcool, conforme descrito por Camargo et al. (1986), calculada conforme a equação 2.

$$\text{Eq. 2. } D_p = \frac{M_s}{50 - V_a}$$

Sendo:

D_p = Densidade das partículas do solo (g cm^{-3});

M_s = Massa de solo seca (g)

V_a = Volume de álcool utilizado (cm^3)

A porosidade total (P_t) foi calculada pelo método indireto, conforme a equação 3 (Camargo et al., 1986):

$$\text{Eq. 3. } P_t = 100 \times \left(1 - \frac{D_s}{D_p}\right)$$

Sendo:

Pt = porosidade total (%);

Ds = Densidade do solo (g cm^{-3});

Dp = densidade das partículas (g cm^{-3}).

3.5. Avaliação Química dos Solos

As análises químicas das amostras de solo foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas do Solo do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Foram analisados os seguintes atributos do solo conforme metodologia descrita por Santos et al. (2009): Matéria Orgânica do Solo (MOS), pH em água, Al, H+Al, P, K, Ca, Mg, Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Soma de Bases (SB), Saturação por Bases do Solo (V%), Zn, Fe, Mn, Cu e B.

3.6. Diagnóstico da Qualidade do Solo

O diagnóstico da qualidade dos solos requer avaliação ou conhecimento de um padrão ou sistema de referência, para o qual normalmente é utilizado um ecossistema com vegetação natural preservada com ocorrência do mesmo solo. Contudo, conforme já mencionado anteriormente, muitas vezes não se dispõe desta informação, inviabilizando a avaliação da qualidade do solo.

Neste sentido, foi desenvolvido um modelo simples, chamado de “J2P 2015” para avaliação da qualidade do solo em dois níveis (Grupos e Classes), aplicável aos casos onde não se tem disponível as informações de um padrão de qualidade, permitindo-se comparar os solos, camadas ou horizontes avaliados quanto a sua qualidade de acordo com os interesses da pesquisa.

Os grupos para cada atributo quantitativo do solo foram definidos como A, B e C, enquadrados conforme o percentual do atributo do solo avaliado (x) em relação ao valor máximo observado deste atributo em todos os solos, camadas ou horizontes sob comparação, sendo:

- ✓ Grupo A - ($x \geq 80\%$ do máximo observado);
- ✓ Grupo B - ($50\% < x < 80\%$ do máximo observado) e;
- ✓ Grupo C - ($x \leq 50\%$ do máximo observado).

As classes de qualidade do solo foram definidas como 1, 2, 3, 4 e 5, correspondendo a junção dos grupos observados para todos os atributos mensurados, sendo:

- ✓ Classe 1 – Quando 50% ou mais dos atributos do solo se enquadram no Grupo A.
- ✓ Classe 2 – Quando não atendida a condição para a Classe 1 e o número de atributos do solo nos Grupos A e B for maior que o observado nos Grupos B e C.
- ✓ Classe 3 – Quando o número de atributos do solo no Grupo A for igual ao observado no Grupo C, mesmo se atender as condições para as Classes 1 e 5.
- ✓ Classe 4 – Quando não atendida a condição para a Classe 5 e o número de atributos do solo nos Grupos B e C for maior que o observado nos Grupos A e B.
- ✓ Classe 5 – Quando 50% ou mais dos atributos do solo se enquadram no Grupo C.

Assim sendo, atribuíram-se as seguintes nomenclaturas e siglas padronizadas para as classes:

- ✓ 1 – Qualidade do Solo Superior (QSs);
- ✓ 2 - Qualidade do Solo Moderada tendendo a Superior (QSms);
- ✓ 3 - Qualidade do Solo Moderada (QSm);
- ✓ 4 - Qualidade do Solo Moderada tendendo a Inferior (QSmi);
- ✓ 5 - Qualidade do Solo Inferior (QSi).

No modelo, os atributos físicos, químicos e biológicos quantitativos do solo contribuem equitativamente para a qualidade do solo, sendo atribuído a cada atributo o mesmo peso ponderado, assim como atribuído nos índices de qualidade do solo utilizados por Araújo et al. (2007) e Freitas et al. (2012). Atributos em que a qualidade está associada a menores valores (tais como densidade do solo, resistência a penetração, Teores de H e Al) são considerados como negativos para a definição do máximo (maior) e consequentemente no cálculo do percentual do atributo do solo avaliado (x) em relação ao valor máximo observado deste atributo em todos os solos.

Valores máximos muito elevados quando comparados aos demais (outlier, ponto fora da curva, valor aberrante ou valor atípico) deverão ser descartados, sendo assumido o valor subsequente como máximo (maior).

O modelo pode ser empregado também para o diagnóstico comparativo da qualidade física, química e biológica dos solos, empregando-se no ensaio apenas os atributos físicos, químicos e biológicos respectivamente. Nestes casos, a tabela 6 contempla as nomenclaturas e siglas a serem adotadas para as classes.

Tabela 6: Nomenclaturas e siglas padronizadas para as Classes 1, 2, 3 e 4 quando diagnosticadas a qualidade física, química e biológica do solo de forma isolada no modelo J2P 2015.

Classes	Qualidade Física do Solo	Qualidade Química do Solo	Qualidade Biológica do Solo
1	Qualidade Física do Solo Superior (QFSs)	Qualidade Química do Solo Superior (QSSs)	Qualidade Biológica do Solo Superior (QBSs)
2	Qualidade Física do Solo Moderada a Superior (QFSms)	Qualidade Química do Solo Moderada a Superior (QSSms)	Qualidade Biológica do Solo Moderada a Superior (QBSms)
3	Qualidade Física do Solo Moderada a Superior (QFSm)	Qualidade Química do Solo Moderada a Superior (QSSm)	Qualidade Biológica do Solo Moderada a Superior (QBSm)
4	Qualidade Física do Solo Moderada a Inferior (QFSmi)	Qualidade Química do Solo Moderada a Inferior (QSSmi)	Qualidade Biológica do Solo Moderada a Inferior (QBSmi)
5	Qualidade Física do Solo Inferior (QFSi)	Qualidade Química do Solo Inferior (QSSi)	Qualidade Biológica do Solo Inferior (QBSi)

3.6.1. Estudo de Caso em Talude Estabilizado com Capim Vetiver

O modelo “J2P 2015” foi empregado aos resultados dos atributos físicos e químicos do solo obtidos nos perfis A, B e C para comparação da qualidade do solo entre eles e determinação da classe de qualidade do solo em que se enquadra cada perfil estudado. Para tanto, foram empregados os seguintes atributos quantitativos de natureza física e química dos solos conforme a tabela 7.

Tabela 7: Atributos Físicos e Químicos do Solo dos perfis A, B e C utilizados para diagnóstico da qualidade dos solos no modelo J2P 2015.

Atributos Físicos do Solo	Atributos Químicos do Solo
Teor de Argila (%)	Matéria Orgânica do Solo – MOS (dag/dm ³)
Densidade do Solo (g cm ⁻³)*	Saturação por Bases do Solo – V% (%)
Porosidade Total (%)	Capacidade de Troca de Cátions – CTC (Cmolc/dm ³)
	Soma de Bases do Solo – SB (Cmolc/dm ³)
	Hidrogênio + Alumínio – H+Al (Cmolc/dm ³)*

	Fósforo – P (mg/dm ³)
	Potássio – K (mg/dm ³)
	Cálcio – Ca (Cmolc/dm ³)
	Magnésio - Mg (Cmolc/dm ³)

* Atributos considerados como negativos para a definição do máximo (maior) e conseqüentemente no cálculo do percentual do atributo do solo avaliado (x) em relação ao valor máximo observado deste atributo em todos os solos.

Os perfis de solo foram analisados quando a sua qualidade física e química e qualidade integrada (físico-química) do solo para comparação em si e em um mesmo perfil entre horizontes, visando-se identificar variações na qualidade do solo em profundidade através do modelo J2P 2015.

3.7. Análise dos Resultados

Os resultados obtidos a partir das análises químicas, físicas e morfológicas do solo foram tabulados e submetidos a análises de regressão e correlação linear (dados quantitativos) para auxiliarem na discussão dos resultados obtidos pelo modelo J2P 2015 para a qualidade dos solos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Descrição Morfológica dos Solos

Os resultados da análise morfológica do solo estão apresentados na tabela 8 e sua descrição de forma textual padronizada por Santos et al. (2013ab) são apresentadas a seguir.

4.1.1. Descrição Morfológica do Perfil A

A1: 0-10 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmida); franco-arenosa; forte, grande e blocos subangulares; muito friável e ligeiramente plástica; transição plana e difusa.

A2: 10-35 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6 úmida); franco-argilosa; forte, grande e blocos subangulares; muito friável e não plástica; transição plana e difusa.

BA: 35-70 cm; bruno avermelhado (2,5YR 4/4 úmida); franca; forte, pequena e granular; friável e ligeiramente plástica; transição plana e difusa.

Bi1: 70-100 cm; vermelho (2,5YR 4/8 úmida); franco-argilo-arenosa; forte médio e blocos angulares; moderada e não plástica; transição plana e gradual.

Bi2: 100-120+ cm; vermelho (2,5YR 4/6 úmida); franco-argilosa; forte médio e blocos subangulares; friável e ligeiramente plástica; transição plana e difusa.

Raízes: poucas nos horizontes A1 e A2 e raras nos horizontes AB, Bi1 e Bi2.

Pedregosidade: Ligeiramente Pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

4.1.2. Descrição Morfológica do Perfil B

A1: 0-33 cm; vermelho (2/5YR 4/6 úmida); franco-argilosa; forte, grande e blocos angulares; friável e não plástica; transição plana e gradual.

A2: 33-60 cm; vermelho (2/5YR 4/6 úmida); argilosa; forte, grande e blocos subangulares; firme e não plástica; transição plana e difusa.

BA: 45-85 cm; vermelho (2/5YR 4/6 úmida); argilosa; intermediária, grande e blocos subangulares; friável e ligeiramente plástica; transição plana e difusa.

Bi1: 80-110+ cm; vermelho (2/5YR 4/6 úmida); argilosa; intermediária, grande e blocos subangulares; muito friável e não plástica; transição plana e difusa.

Raízes: raras em todos os horizontes (A1, A2, BA e Bi1).

Pedregosidade: Ligeiramente Pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

4.1.3. Descrição Morfológica do Perfil C

A1: 0-22 cm; vermelho (2/5YR 4/6 úmida); franca; forte, muito pequena a pequena e granular; muito friável e não plástica; transição plana e difusa.

A2: 22-45 cm; vermelho (2/5YR 4/6 úmida); franca; intermediária, média a grande e blocos subangulares; friável e não plástica; transição plana e difusa.

BA: 45-85 cm; vermelho (2/5YR 4/6 úmida); franca; intermediária, grande e blocos subangulares; friável e não plástica; transição plana e difusa.

Bi1: 85-110+ cm; vermelho amarelado (5YR 4/6 úmida); argilosa; forte, média a grande e blocos subangulares; muito firme e ligeiramente plástica; transição plana e difusa.

Raízes: comum nos horizontes A1, A2 e BA e raras no horizonte Bi1.

Pedregosidade: Ligeiramente Pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

A descrição morfológica do solo demonstrou que os horizontes A e BA juntos possuem espessuras que variam de 0 a 85 cm. O topo do horizonte Bi situam-se a 70, 80 e 85 cm de profundidade, respectivamente nos perfis A, B e C.

A avaliação da cor do solo indicou matizes de 2,5YR em todos os perfis e seus horizontes, exceto para o horizonte B incipiente (Bi) do perfil C, cuja Matiz é 5YR. Contudo, as cores observadas foram Vermelho, Vermelho amarelado, Vermelho escuro, Bruno Avermelhado Escuro e Bruno Avermelhado.

Segundo Santos et al. (2013b), em geral, quanto mais escuro, mais matéria orgânica (MOS) possui o solo. Neste sentido, como o solo do perfil A, principalmente nos horizontes A1 A2 e BA apresentou cor mais escura (nomenclaturas “Bruno e “Escuro”), tende a possuir conteúdo de MOS maior em relação aos perfis B e C. Este resultado foi comprovado pela análise química do solo, cujos resultados para MOS estão apresentados na tabela 8 (subtítulo 4.3. Caracterização Química do Solo).

A cor também caracteriza a tipificação de óxidos de ferro (hematita: cor vermelho; goethita: cor amarela) conforme descreveram Santos et al. (2013b). Neste sentido, os resultados da descrição morfológica apresentada na tabela 6 caracteriza a presença de óxidos de ferro, com predominância do tipo hematita, conforme matiz YR e nomenclaturas avermelhadas para a grande maioria dos horizontes pedológicos dos perfis A, B e C.

Quanto a estrutura dos perfis estudados, observou-se pouca variação para a comparação entre perfis. Ocorre predominância de estruturas em forma de blocos subangulares e angulares de tamanhos variados, com predominância do tamanho grande.

A consistência do solo também não apresentou distinção aparente entre os perfis A, B e C. A consistência úmida apresentou variação de friável a muito friável, com uma ocorrência de consistência moderada (perfil A, horizonte Bi1), uma firme (Perfil B, horizonte A2) e uma muito firme (Perfil C, horizonte Bi). Já a consistência molhada variou de não pegajosa a ligeiramente pegajosa em todos os perfis.

De acordo com Santos et al. (2013b), consistência é o termo usado para designar as manifestações das forças físicas de coesão entre partículas de solo e de adesão entre as partículas e outros materiais, conforme variação do grau de umidade do solo. Ainda de acordo com os autores, observações de campo e investigações experimentais mostram que a consistência varia primordialmente com o conteúdo de umidade, bem como com a textura, a matéria orgânica, a quantidade e natureza do material coloidal e o tipo de cátion adsorvido. Era esperada a observação de consistência plástica do solo quando molhado

nos horizontes de textura argilosa (conforme tabela 8), contudo a presença de pedregulhos pouco maiores que a fração areia (> 2 mm de diâmetro) em todos os horizontes dos perfis de solo A, B e C interferem na relação direta entre o teor de argila e a plasticidade do solo.

Todos os perfis estudados foram classificados como não rochosos e ligeiramente pedregosos.

4.2. Caracterização Física dos Solos

Na tabela 7 e figura 6 são apresentados os resultados das análises granulométricas e classificação textural dos três perfis avaliados (A, B e C). No perfil A, pode ser observado nos horizontes de A1, A2, BA e Bi1 uma predominância maior na porcentagem de areia (respectivamente 66%, 40%, 42% e 52%), já no horizonte Bi2 a predominância é da argila (40%).

No perfil B o teor de argila é maior em todos os horizontes. No perfil C a predominância foi de textura franca, devido ao teor de areia e silte serem superiores ao teor de argila nos horizontes A1, A2 e BA. O horizonte Bi possui textura franco argilosa, com distribuição granulométrica de 34%, 24% e 42% de areia, silte e argila, respectivamente (Figura 6).

Tabela 8: Resultados das análises granulométrica nos perfis de solo A, B e C.

Horizonte	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textura
Perfil A				
A1	66	19	15	Franco-arenosa
A2	40	25	35	Franco-argilosa
BA	42	31	26	Franca
Bi1	52	23	25	Franco-argilo-arenosa
Bi2	26	34	40	Franco-argilosa
Perfil B				
A1	37	27	37	Franco-argilosa
A2	29	16	55	Argilosa
BA	29	12	59	Argilosa
Bi	26	19	55	Argilosa
Perfil C				
A1	48	37	15	Franca
A2	36	43	21	Franca
BA	47	33	20	Franca
Bi	34	24	42	Franco-argilosa

Na tabela 8 e Figura 6 pode ser observado ainda que os maiores teores de argila ocorreram no perfil B quando comparado aos perfis A e C e os maiores teores de areia foram observados no perfil A (especialmente no horizonte A1).

Contudo, de maneira geral, os perfis A e C possuem textura média, já o perfil B apresenta textura argilosa.

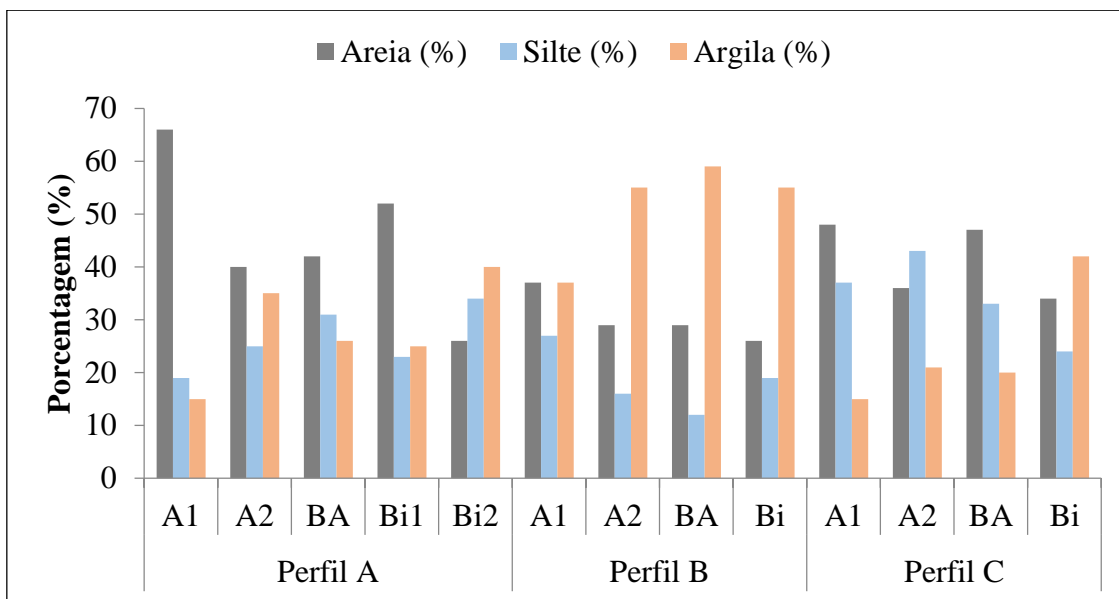


Figura 6: Resultados da análise granulométrica do solo dos horizontes pedológicos nos perfis A, B e C.

Na Tabela 9, podem ser observados os valores da densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total do solo dos três perfis estudados.

Tabela 9: Densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total do solo nos três perfis de solo estudados em Inconfidentes, Sul de Minas Gerais.

Horizontes	Densidade de Partículas(g/cm ³)	Densidade do Solo (g/cm ³)	Porosidade Total (%)
Perfil A			
A1	2,78	1,23	55,82
A2	2,60	1,08	58,53
BA	2,70	1,12	58,43
Bi1	2,50	1,44	42,37
Bi2	2,67	1,35	49,42
Perfil B			
A1	2,86	1,37	52,13
A2	2,63	1,33	49,35
BA	2,82	1,26	55,36
Bi	2,63	1,17	55,52
Perfil C			
A1	2,50	1,18	52,94
A2	2,50	1,24	50,23
BA	2,56	1,28	49,98
Bi	2,67	1,19	55,38

Os valores de densidade de partículas variaram de 2,50 a 2,78 g cm⁻³ no perfil A; 2,63 a 2,86 g cm⁻³ no perfil B e 2,50 a 2,67 g cm⁻³ no perfil C (Tabela 9).

De acordo com EMBRAPA (1997) a densidade das partículas é definida pela razão entre a massa das partículas sólidas do solo e o volume ocupado exclusivamente pelas mesmas, independentemente de seu arranjo. A densidade das partículas do solo é estabelecida entre os limites 2,3 e 2,9 g cm⁻³, adotando-se 2,65 g cm⁻³ como valor médio devido aos constituintes minerais predominantes nos solos serem quartzo, feldspatos e silicatos de alumínio coloidais, cujas densidades de partículas estão em torno desse valor (Libardi, 2005). Nos perfis A, B e C estudados, os valores observados deste atributo encontram-se próximos a este valor médio, estando dentro dos limites citados por Libardi (2005).

A densidade do solo obtida nos três perfis variaram entre 1,08 a 1,44 g cm⁻³ para o perfil A; 1,17 a 1,37 g cm⁻³ para o perfil B e 1,18 a 1,28 g cm⁻³ para o perfil C (Tabela 9 e Figura 7). A maior densidade do solo foi encontrada no Bi1 do perfil A (1,44 g cm⁻³). Estes valores encontram-se dentro dos valores não considerados normais possíveis de ser encontradas para a densidade do solo que segundo Reinert e Reichert (2006) variam de 0,9 a 1,7 g cm⁻³ para solos argilosos e de 1,2 a 1,9 g cm⁻³ para solos arenosos.

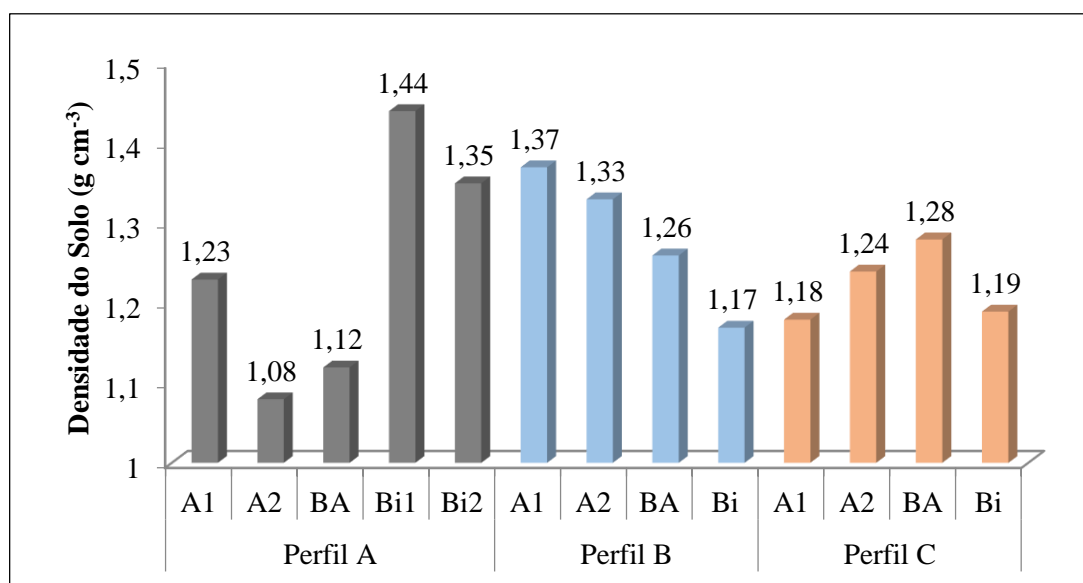


Figura 7: Densidade do Solo nos horizontes pedológicos dos perfis de solo A, B e C.

Destaca-se que este atributo é importante no estudo da qualidade do solo, uma vez que a densidade do solo tende a ser menor em solos com alto teor de matéria orgânica do solo (MOS), devido ao baixo peso específico da MOS e à sua elevada porosidade total natural (Calonego et al., 2011). Segundo Cavalieri et al. (2006) a densidade do solo pode ser utilizada como indicadora no estudo da compactação do solo, mas atenção especial

deve ser dada a textura do solo, devido a sua influência na densidade das partículas. Isso ocorre porque a densidade das partículas varia conforme a textura do solo, sendo menor em solos argilosos e maior nos solos arenosos, repassando esta relação a densidade do solo.

Neste trabalho, a densidade do solo apresentou valores considerados normais, não indicando compactação do solo nos perfis estudados (talude estabilizado com capim vetiver).

De acordo com Heinrichs (2010) a densidade do solo geralmente aumenta com a profundidade do perfil devido a três fatores principais: compactação (alteração da estrutura), eluviação (acréscimo de argila em profundidade) e matéria orgânica (redução em profundidade). Este efeito não foi observado nos perfis A, B e C em Inconfidentes/MG. Ainda, o perfil B apresentou relação inversa ao descrito por Heinrichs (2010), reduzindo em profundidade.

Reinet e Reichert (2006) destacam que os valores de densidade do solo que podem oferecer risco ao crescimento radicular e conseqüentemente ao desenvolvimento das plantas, situam-se em torno de $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ para solos arenosos e $1,45 \text{ g cm}^{-3}$ para solos argilosos. Em estudo com *Brachiaria bizantha*, Fontes et al. (s.d) afirma que as raízes diminuem linearmente em função do aumento da densidade do solo.

Neste trabalho, a densidade máxima observada foi de $1,44 \text{ g cm}^{-3}$ no horizonte Bi1 do perfil A (Tabela 9 e Figura 7), cuja textura é Franco-argilo-arenosa (Tabela 8), não atingindo, portanto, o limite de risco ao desenvolvimento de plantas.

Quanto à porosidade total, o maior valor observado no perfil A foi 58,53% (A2), no perfil B foi 55,52% (Bi) e no perfil C foi 55,38% (Bi). Já os menores valores para a porosidade total verificados nos perfis A, B e C foram de 42,37% (Bi1), 49,35% (A2) e 49,98% (BA), respectivamente (Tabela 9 e Figura 8). Segundo Reinert & Reicher (2006) a porosidade total indicam os espaços do solo que não são ocupados por sólidos, mas sim por água e ar.

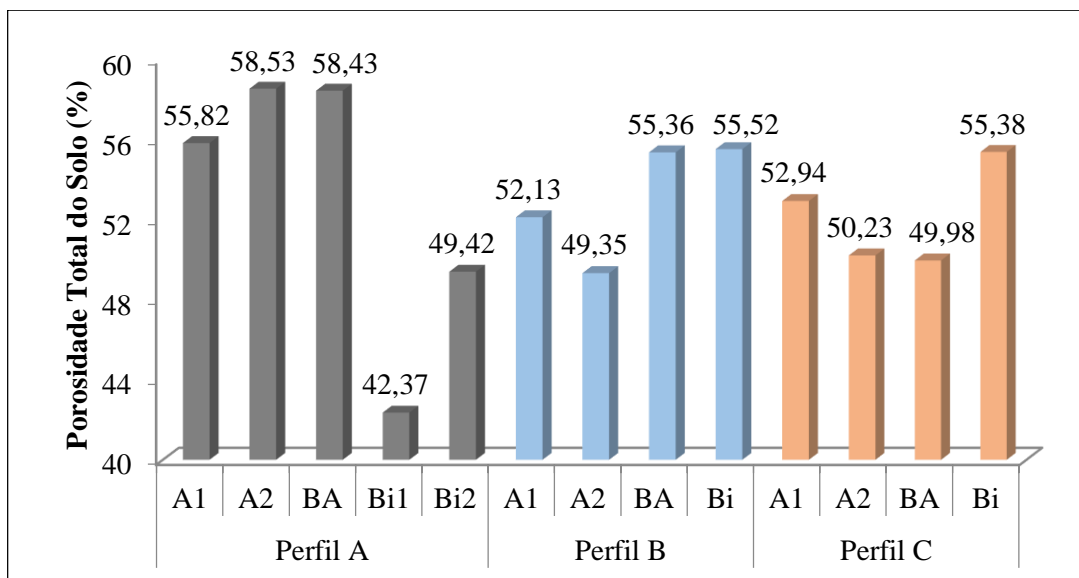


Figura 8: Porosidade total do solo nos horizontes pedológicos dos perfis de solo A, B e C.

Destaque especial é dado aqui a baixa porosidade do solo observada no horizonte Bi1 do perfil A, sendo 24,48% inferior ao horizonte BA (acima) e 12% inferior ao horizonte Bi2 (abaixo). Estas são as maiores variações entre horizontes próximas observadas neste trabalho para os três perfis. Destaca-se ainda que este foi o horizonte que apresentou a maior densidade do solo ($1,44 \text{ g cm}^{-3}$) conforme a tabela 9 e figura 7. É amplamente conhecida a relação direta e inversa da densidade do solo com a porosidade (destacada no parágrafo anterior), em especial com a macroporosidade do solo, de tal forma que o aumento da densidade devido ao adensamento natural ou compactação do solo, reduzem o espaço poroso. Na figura 9 são apresentados os gráficos de dispersão e a linha de tendência da regressão linear entre a densidade do solo e a porosidade total os horizontes dos perfis A, B e C. Maior correlação entre os dados foi encontrada para o perfil A, com coeficiente de determinação de $R^2=0,9337$.

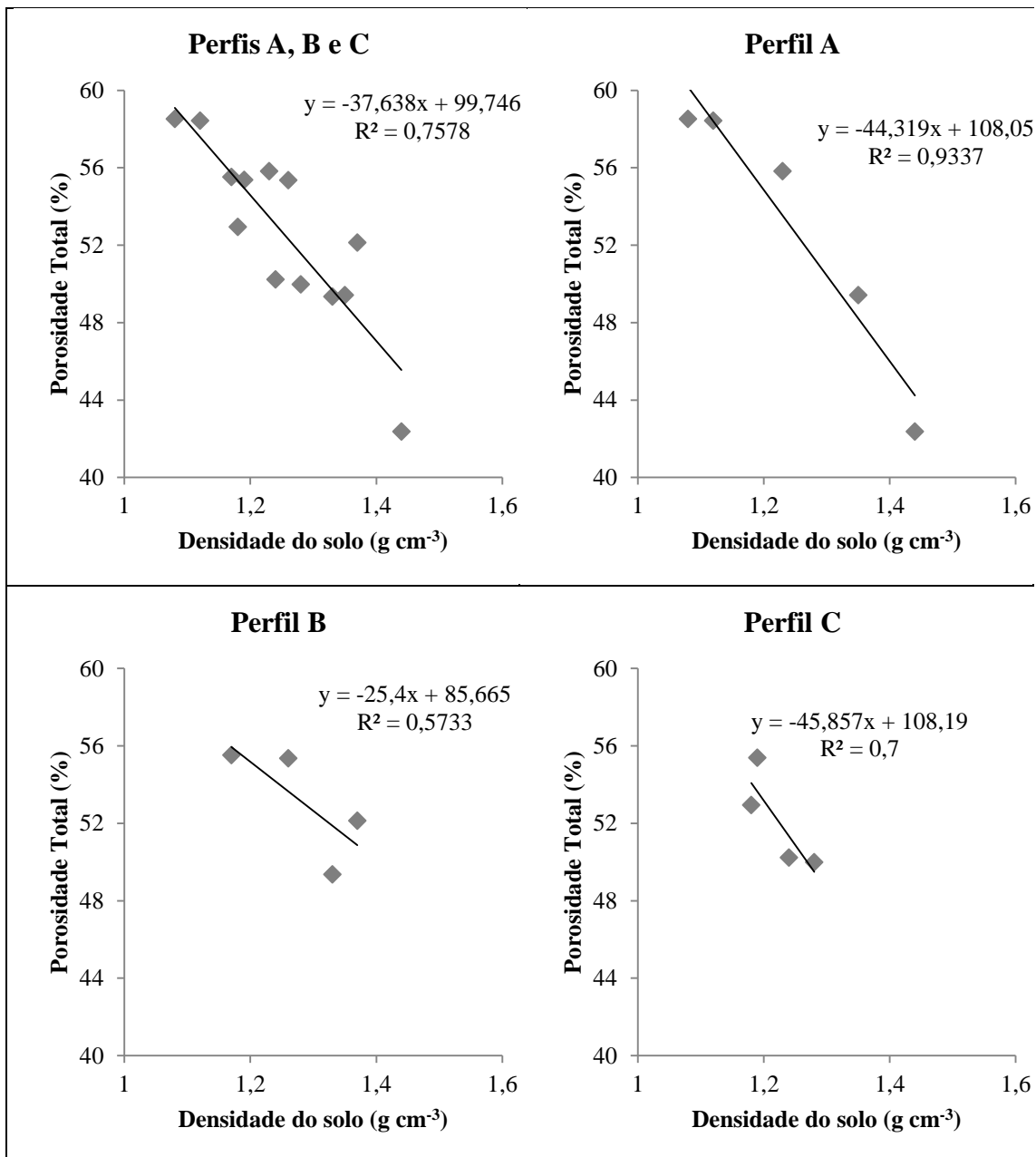


Figura 9: Gráfico de regressão linear da densidade do solo (x) com a porosidade total do solo (y) para os perfis A, B e C.

Segundo Carvalho (2007), os solos mais arenosos apresentam valores de porosidade total próximo de 40 a 50%, já os solos mais argilosos apresentam valores de porosidade total próximo de 60 a 65%. Subentende-se portanto que os solos de textura média apresentarão porosidade total do solo entre 50 e 60%. Essa relação foi também encontrada nos perfis de solo A e C, cuja textura predominante é média. Já no perfil B, com textura predominantemente argilosa, a porosidade total foi inferior aos valores esperados conforme Carvalho (2007)

4.3. Caracterização Química dos Solos

Os perfis de solo estudados apresentaram variações quanto aos teores de elementos químicos do solo e fertilidade (macro e micronutrientes). Na tabela 10 são apresentadas as concentrações volumétricas de cargas (Al, H+Al, SB e CTC) e matéria orgânica do solo (MOS) e a saturações de base no solo e de alumínio.

Pode-se observar que o solo de todos os perfis apresenta pH satisfatório ao desenvolvimento de plantas (5,5 a 7), sendo ligeiramente alto no perfil B (quase neutro). Todos os perfis de solo em todas as profundidades apresentaram baixa CTC, sendo considerado como Baixo valores menores que $<9,6$ conforme classificado por Souza e Lobato (2004). A saturação por bases do solo (v%) é alta, enquadrando o solo como eutrófico (v% $> 50\%$) em todos os horizontes dos perfis A e B. Contudo, o V% é muito baixo em todos os horizontes do perfil C (distrófico).

Tabela 10: Atributos químicos do solo avaliados para os perfis A, B e C estudados em Inconfidentes, Sul de Minas Gerais.

Horizontes	pH em água	Cmol/dm ³				V%	MOS (dag/dm ³)	M%
		Al	H+Al	SB	CTC (pH 7)			
Perfil A								
A1	6,15	0,0	1,10	2,98	4,08	73,05	3,45	0,00
A2	6,45	0,0	0,99	3,61	4,6	78,5	2,93	0,00
BA	6,48	0,0	0,89	3,46	4,35	79,54	2,59	0,00
Bi1	6,56	0,0	1,00	2,2	3,19	68,72	2,07	0,00
Bi2	6,65	0,0	0,97	1,97	2,94	67,05	1,38	0,00
Perfil B								
A1	6,78	0,1	1,17	2,41	3,58	67,32	2,07	3,98
A2	6,92	0,2	1,21	2,3	3,5	65,53	1,90	8,01
BA	6,89	0,1	1,33	1,72	3,05	56,44	1,55	5,49
Bi	6,86	0,1	1,27	1,19	2,46	48,31	1,90	7,75
Perfil C								
A1	5,57	1,4	2,25	0,08	2,33	3,55	1,90	94,42
A2	5,70	1,0	2,11	0,17	2,28	7,59	1,55	85,23
BA	5,79	0,8	1,98	0,17	2,15	8,04	1,38	82,19
Bi	4,78	1,5	3,61	0,07	3,68	1,96	3,10	95,41

Segundo Prado (2011), a capacidade de troca de cátions (CTC) corresponde à soma das cargas negativas nas partículas microscópicas do solo (fração argila, e matéria orgânica) retendo os cátions, tais como cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), sódio (Na⁺), alumínio (Al³⁺) e hidrogênio (H⁺). O autor destaca ainda que a importância da CTC refere-se não só a retenção de cátions, mas também de água, além de ter direta relação com a estruturação e consistência do solo.

Segundo os critérios empregados em pedologia por Santos et al. (2013a), valores de CTC abaixo de 4 Cmol_c kg⁻¹ representam um fator limitante ao desenvolvimento de plantas. De acordo com Oliveira e Berg (1985) em dois solos com a mesma saturação por bases, o que tiver CTC mais elevada apresenta maior reserva de nutrientes.

Os resultados obtidos de acidez potencial (H+Al), soma de base (SB), saturação por bases (V%), matéria orgânica (M.O) e saturação por alumínio (M%) observados nos perfis em estudo (Tabela 10) quando comparados com as recomendações propostas por Ribeiro (1999) apresentadas na Tabela 3 indicam:

Os valores de acidez potencial (H+Al) obtidos (Tabela 10) se mostrou muito baixo no perfil A, variando de 0,89 cmol_c/dm³ a 1,10 cmol_c/dm³ nos horizontes BA e A1

respectivamente. No perfil B os valores obtidos são baixos, variando de 1,17 a 1,33 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. Os valores observados perfil C também são baixos para os horizontes superficiais (A1, A2 e BA), já no horizonte Bi obteve-se maior valor (3,61 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), enquadrando-se como médio. Espera-se em um solo de boa qualidade que H+A1 apresentem valores baixos e muito baixos.

Os valores de Soma de Base (SB) obtidos no perfil A foram superiores aos observados nos perfis B e C, classificados como médio em todos os horizontes. O perfil B apresentou valores classificados como médio apenas nos horizontes A1 e A2 (2,41 e 2,3 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente) e valores classificados como baixo para os horizontes BA e Bi (1,72 e 1,19 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente). Já o perfil C foi o perfil que apresentou valores mais baixos enquadrando como muito baixo em todos os horizontes.

A saturação por base (V%) se enquadra como “Bom” para o perfil A, variando de 67,05% a 79,59%. O perfil B apresenta valores variando de Médio (horizontes BA e Bi com valores de 56,44 e 48,31%, respectivamente) e Bom (horizontes A1 e A2 com valores de 67,32 e 65,53%, respectivamente). Os resultados obtidos no perfil C se enquadram como “Muito Baixo” variando de 1,96% para o valor mais baixo encontrado no horizonte B, a 8,04%, valor mais alto encontrado no horizonte BA.

A saturação por alumínio (m%) se mostrou inexistente no perfil A. No perfil B os valores obtidos são muito baixos variando de 3,98 a 8,01% e no perfil C, os resultados distanciam-se dos observados nos perfis A e B, variando de 82,19 e 95,41% (muito bom).

Os resultados de matéria orgânica para o perfil A se enquadram como médio (horizontes A1, A2, BA e Bi1; com valores de 3,45; 2,93; 2,59 e 2,07 dag/dm^3 , respectivamente) e baixo (horizonte Bi2 - 1,38 dag/dm^3). O perfil B se enquadra como médio (horizonte A1 com valor de 2,07 dag/dm^3) e baixo (horizontes A2, BA e Bi com valores de 1,9; 1,55 e 1,9 dag/dm^3 , respectivamente). No perfil C, os resultados se repetem variando entre médio (horizonte Bi com valor de 3,1 dag/dm^3) e Baixo (horizontes A1, A2 e BA com valores de 1,9; 1,55 e 1,38 dag/dm^3 respectivamente).

Contudo, o perfil A apresentou maiores teores de MOS quando comparado aos perfis B e C, e em todos os perfis, percebe-se uma tendência de redução da concentração de MOS em profundidade, corroborando com Hiederer (2009); Cambule et al. (2013) e Lacoste et al. (2014).

Os resultados das determinações de macro e micronutrientes dos horizontes pedológicos dos perfis de solo A, B e C podem ser vistos na tabela 11. De maneira geral,

o solo dos perfis A, B e C possuem baixa fertilidade indicada pelos baixos teores de macronutrientes (P, K, Ca, Mg).

Tabela 11: Teores de Macro e micronutrientes quantificados pela análise química do solo nos horizontes pedológicos dos perfis A, B e C.

Horizontes	mg/dm ³		Cmol _c /dm ³		mg/dm ³				
	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn	Cu	B
Perfil A									
A1	5,61	40,2	2,6	0,28	0,99	45,7	28,6	0,36	0,27
A2	2,15	11,3	3,13	0,45	0,61	25,1	22	0,49	0,18
BA	2,22	8,0	2,66	0,78	0,44	21,5	16,3	0,45	0,21
Bi1	1,51	14,3	1,52	0,64	0,14	68,8	12	0,62	0,21
Bi2	1,37	46,3	1,25	0,6	0,01	25,5	3,3	0,29	0,17
Perfil B									
A1	1,02	1	1,91	0,5	0,1	49,9	11,5	0,01	0,01
A2	1,02	1	1,84	0,45	0,1	41,3	6,1	0,01	0,01
BA	1,02	1	1,37	0,35	0,14	38,3	4,3	0,01	0,01
Bi	1,02	1	0,86	0,33	0,1	23,9	1,6	0,01	0,01
Perfil C									
A1	1,3	1	0,06	0,02	0,04	28	4,9	0,01	0,01
A2	1,02	1	0,14	0,03	0,1	34,6	3,8	0,01	0,08
BA	1,02	1	0,14	0,03	0,1	36,5	3,1	0,01	0,02
Bi	1,37	1	0,05	0,02	0,1	31,7	3,7	0,01	0,01

Os resultados para macronutrientes primários P, K e S observados nos perfis A, B e C estudados (Tabela 11) foram comparados com os limites de interpretação de Dadalto e Fullin (2001) apresentados na tabela 1, obtendo-se:

Os valores de Fósforo (P) (Tabela 11) se enquadraram como Baixo em todos nos três perfis, podendo os maiores valores serem observados no perfil A (de 1,37 e 5,61 mg/dm³). No perfil B as concentrações de P se mostraram constantes em profundidade, (1,2 mg/dm³) e no perfil C variaram de 1,02 a 1,37 mg/dm³.

As concentrações de Potássio - K (Tabela 12) do perfil A classificam-se como médias para os horizontes A1 e Bi2 (40,2 e 46,3 mg/dm³, respectivamente) e baixas para os horizontes A2, BA e Bi1 (11,3; 8,0 e 14,3 mg/d³, respectivamente). Os valores de Potássio dos perfis B e C foram classificados como baixos, (1 mg/dm³ para todos os horizontes). Os resultados para Ca e Mg foram comparados com a referência estabelecida por Sengik (2003) que determinou valores médios que variam de 0,4 a 0,8 cmol_c/dm³ para

Mg e 2,0 a 4,0 cmol_c/dm³ para Ca. Dentre os valores de Ca observados nos horizontes dos perfis A, B e C, apenas os horizontes superficiais (A1, A2 e BA) do perfil A se encontram nos valores médios estabelecidos para Ca, os demais apresentaram concentrações inferiores destas cargas no solo. Para Mg, apenas os horizontes A2, BA e Bi1 do perfil A e horizonte A2 do perfil B se enquadraram na classe média. Os demais apresentaram resultados inferiores.

Com relação as concentrações de micronutrientes nos solos estudados, os resultados foram relacionados as classes estabelecidas por Ribeiro et al. (1999) apresentados na Tabela 2. Observa-se que o micronutriente Zinco (Zn) obtido no perfil A é baixo nos horizontes superficiais (A1, A2 e BA) e muito baixo nos horizontes subsuperficiais (Bi1 e Bi2). Nos perfis B e C, os teores de Zn foi classificado como muito baixo em todos os horizontes.

O Ferro (Fe) apresentou maiores concentrações, sendo alto para os horizontes A1 e Bi1 e médio para os horizontes A2, BA e Bi2 no perfil A. No perfil B, apresentou valor alto no horizonte A1, bom nos horizontes A2 e BA, e médio no horizonte Bi. Já no perfil C classifica-se como médio no horizonte A1 e bom nos demais horizontes pedológicos.

O Manganês (Mn) apresentou valores considerados alto nos horizontes A1, A2 e BA; bom no horizonte Bi1 e baixo no horizonte Bi2 do perfil A. No perfil B, classifica-se como bom no horizonte A1, médio no horizonte A2, baixo no horizonte BA e muito baixo no horizonte Bi (decréscimo em profundidade). No perfil C, classifica-se como baixo em todos os horizontes pedológicos.

Com relação ao Cobre (Cu) no perfil A, foi classificado como baixo a sua concentração nos horizontes A2, BA e Bi1 e muito baixo nos horizontes A1 e Bi2. Os perfis B e C classificaram-se como muito baixo quanto a concentração deste micronutriente.

A análise de Boro (B) no solo indicou valores classificados como baixo em todos os horizontes do perfil A e muito baixo em todos os horizontes dos perfis B e C. Segundo Leal (2009) os micronutrientes apesar de serem absorvidos em pequenas quantidades, são essenciais para o desenvolvimento das plantas. Com os resultados observados no perfil A, os micronutrientes Zn, Mn, Cu e B encontram-se em deficiência no solo, podendo interferir de forma negativa no desenvolvimento das plantas.

4.4. Diagnóstico da Qualidade do Solo: Estudo de caso em perfis de solo em talude estabilizado com capim vetiver

O modelo J2P 2015 proposto neste trabalho para avaliar a qualidade do solo de forma comparativa foi testado com os resultados obtidos para as determinações analíticas dos perfis A, B e C. Os atributos utilizados neste estudo de caso foram citados na tabela 7.

Na tabela 12 são apresentados os resultados dos atributos do solo empregados neste estudo de caso e valor máximo observado para cada atributo, fundamental para o uso do Modelo J2P 2015.

Tabela 12: Atributos do solo utilizados no estudo de caso empregando o modelo J2P 2015 desenvolvido neste trabalho.

Perfis	Horizontes	Argila (%)	PT (%)	SB (Cmolc/dm ³)	CTC (Cmolc/dm ³)	V%	MOS (dag/dm ³)
A	A1	15.00	55.82	2.98	4.08	73.05	3.45
	A2	35.00	58.53	3.61	4.60	78.50	2.93
	BA	26.00	58.43	3.46	4.35	79.54	2.59
	Bi1	25.00	42.37	2.20	3.19	68.72	2.07
	Bi2	40.00	49.42	1.97	2.94	67.05	1.38
B	A1	37.00	52.13	2.41	3.58	67.32	2.07
	A2	55.00	49.35	2.30	3.50	65.53	1.90
	BA	59.00	55.36	1.72	3.05	56.44	1.55
	Bi	55.00	55.52	1.19	2.46	48.31	1.90
C	A1	15.00	52.94	0.08	2.33	3.55	1.90
	A2	21.00	50.23	0.17	2.28	7.59	1.55
	BA	20.00	49.98	0.17	2.15	8.04	1.38
	Bi	42.00	55.38	0.07	3.68	1.96	3.10
Máximo		59.00	58.53	3.61	4.60	79.54	3.45
Perfis	Horizontes	Ca (Cmolc/dm ³)	Mg (Cmolc/dm ³)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	H+Al (Cmolc/dm ³)	Ds (g cm ⁻³)
A	A1	2.60	0.28	5.61	40.20	-0.01	-1.23
	A2	3.13	0.45	2.15	11.30	-0.99	-1.08
	BA	2.66	0.78	2.22	8.00	-0.89	-1.12
	Bi1	1.52	0.64	1.51	14.30	-1.00	-1.44
	Bi2	1.25	0.60	1.37	46.30	-0.97	-1.35
B	A1	1.91	0.50	1.02	1.00	-1.17	-1.37
	A2	1.84	0.45	1.02	1.00	-1.21	-1.33
	BA	1.37	0.35	1.02	1.00	-1.33	-1.26
	Bi	0.86	0.33	1.02	1.00	-1.27	-1.17
C	A1	0.06	0.02	1.30	1.00	-2.25	-1.18
	A2	0.14	0.03	1.02	1.00	-2.11	-1.24
	BA	0.14	0.03	1.02	1.00	-1.98	-1.28
	Bi	0.05	0.02	1.37	1.00	-3.61	-1.19
Máximo		3.13	0.78	5.61	46.30	-0.01	-1.08

Posteriormente, conforme estabelecido na descrição do modelo J2P 2015 (Material e Métodos), foi calculado o percentual do atributo do solo avaliado (x) em relação ao valor máximo observado deste atributo em todos os perfis em comparação (Tabela 13).

Tabela 13: Porcentagem (%) de cada observação em relação ao máximo encontrado.

Perfis	Horizontes	Argila	PT	SB	CTC	V	MOS
A	A1	25%	95%	83%	89%	92%	100%
	A2	59%	100%	100%	100%	99%	85%
	BA	44%	100%	96%	95%	100%	75%
	Bi1	42%	72%	61%	69%	86%	60%
	Bi2	68%	84%	55%	64%	84%	40%
B	A1	63%	89%	67%	78%	85%	60%
	A2	93%	84%	64%	76%	82%	55%
	BA	100%	95%	48%	66%	71%	45%
	Bi	93%	95%	33%	53%	61%	55%
C	A1	25%	90%	2%	51%	4%	55%
	A2	36%	86%	5%	50%	10%	45%
	BA	34%	85%	5%	47%	10%	40%
	Bi	71%	95%	2%	80%	2%	90%
Perfis	Horizontes	Ca	Mg	P	K	H+Al	Ds
A	A1	83%	36%	100%	87%	100%	88%
	A2	100%	58%	38%	24%	1%	100%
	BA	85%	100%	40%	17%	1%	96%
	Bi1	49%	82%	27%	31%	1%	75%
	Bi2	40%	77%	24%	100%	1%	80%
B	A1	61%	64%	18%	2%	1%	79%
	A2	59%	58%	18%	2%	1%	81%
	BA	44%	45%	18%	2%	1%	86%
	Bi	27%	42%	18%	2%	1%	92%
C	A1	2%	3%	23%	2%	0%	92%
	A2	4%	4%	18%	2%	0%	87%
	BA	4%	4%	18%	2%	1%	84%
	Bi	2%	3%	24%	2%	0%	91%

Pode ser observado que os maiores valores percentuais representam melhores condições de qualidade do solo para este atributo específico. Como exemplo cita-se o caso da argila, onde é conhecida a sua contribuição para a qualidade do solo, de tal forma que solos mais argilosos tentem a armazenar mais água, possuem melhor estruturação e resiliência, maior CTC e V% e conseqüentemente possuem maior capacidade de reter cátions no solo devido a ser carregada negativamente e possuir maior superfície específica, dentre outras vantagens (Santos et al., 2013ab; Prado, 2011). Contudo, maiores teores de argila observados na tabela 12 foram convertidos em maiores percentuais na tabela 13. O Inverso ocorre com H+Al e Densidade do solo, cuja

ocorrência de maiores valores indicam pior condição qualitativa do solo (por isso foram atribuídos valores negativos a estes atributos, para que os maiores percentuais representassem seus menores valores).

Posteriormente, foi feito o agrupamento dos atributos em cada horizonte pedológico dos perfis A, B e C estudados (Tabela 14) separando-os nos grupos A, B e C através dos critérios estabelecidos pelo modelo J2P 2015.

Tabela 14: Agrupamento dos atributos do solo conforme critérios do modelo J2P 2015 (Grupo A: $x \geq 80\%$ do máximo observado; Grupo B: $50\% < x < 80\%$ do máximo observado; Grupo C: $x \leq 50\%$ do máximo observado).

Perfis	Horizontes	Argila	PT	SB	CTC	V	MOS	Ca	Mg	P	K	H+Al	Ds
A	A1	C	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A
	A2	B	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	A
	BA	C	A	A	A	A	B	A	A	C	C	C	A
	Bi1	C	B	B	B	A	B	C	A	C	C	C	B
	Bi2	B	A	B	B	A	C	C	B	C	A	C	A
B	A1	B	A	B	B	A	B	B	B	C	C	C	B
	A2	A	A	B	B	A	B	B	B	C	C	C	A
	BA	A	A	C	B	B	C	C	C	C	C	C	A
	Bi	A	A	C	B	B	B	C	C	C	C	C	A
C	A1	C	A	C	B	C	B	C	C	C	C	C	A
	A2	C	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A
	BA	C	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A
	Bi	B	A	C	A	C	A	C	C	C	C	C	A

Analisando visualmente a tabela 14, pode ser observado o grupo A ocorre em sua maioria no perfil A, enquanto que os grupos B e C apresentam maior ocorrência nos perfis B e C, respectivamente.

Essas relações ficam mais claras e completas quando se avança para o segundo nível do modelo, as classes. Na tabela 15 são apresentados o número de elementos observados em cada grupo e seu percentual, posterior classificação conforme regras do modelo J2P 2015.

Tabela 15: Classificação da qualidade do solo por horizontes dos Perfis conforme modelo J2P proposto nesta pesquisa, com destaque para o grupo predominante na determinação da classe de qualidade. Hor.: horizontes; N: número de elementos observados em cada grupo; % do número de elementos observados em cada grupo; QQS: Qualidade do Solo Superior; QSms: Qualidade do Solo Moderada a Superior; QSmi: Qualidade do Solo Moderada a Inferior; QSi: Qualidade do Solo Inferior.

Perfis	Hor.	Total	Grupo A		Grupos A e B		Grupos B e C		Grupo C		Classe
			N	%	N	%	N	%	N	%	
A	A1	12	10	83.3%	10	83.3%	2	16.7%	2	16.7%	Classe 1 - QSs
	A2	12	7	58.3%	9	75.0%	5	41.7%	3	25.0%	Classe 1 - QSs
	BA	12	7	58.3%	8	66.7%	5	41.7%	4	33.3%	Classe 1 - QSs
	Bi1	12	2	16.7%	7	58.3%	10	83.3%	5	41.7%	Classe 4 - QSmi
	Bi2	12	4	33.3%	8	66.7%	8	66.7%	4	33.3%	Classe 3 - QSm
B	A1	12	2	16.7%	9	75.0%	10	83.3%	3	25.0%	Classe 4 - QSmi
	A2	12	4	33.3%	9	75.0%	8	66.7%	3	25.0%	Classe 2 - QSms
	BA	12	3	25.0%	5	41.7%	9	75.0%	7	58.3%	Classe 5 - QSi
	Bi	12	3	25.0%	6	50.0%	9	75.0%	6	50.0%	Classe 5 - QSi
C	A1	12	2	16.7%	4	33.3%	10	83.3%	8	66.7%	Classe 5 - QSi
	A2	12	2	16.7%	2	16.7%	10	83.3%	10	83.3%	Classe 5 - QSi
	BA	12	2	16.7%	2	16.7%	10	83.3%	10	83.3%	Classe 5 - QSi
	Bi	12	4	33.3%	5	41.7%	8	66.7%	7	58.3%	Classe 5 - QSi

Pode ser observado que a qualidade do solo dos perfis A e B variam em profundidade conforme predito pelo modelo, de tal forma que os horizontes superficiais apresentam qualidade melhor que os horizontes mais profundos. Os horizontes pedológicos A1, A2 e BA do perfil A apresentaram qualidade do solo superior (Classe 1 - QSs), enquanto que os horizontes Bi1 e Bi2 apresentaram Qualidade do Solo Moderada tendendo a Inferior (Classe 4 - QSmi) e Moderada (Classe 3 - QSm), respectivamente.

No perfil B, o modelo J2P 2015 estimou Qualidade do Solo Moderada tendendo a Inferior (Classe 4 - QSmi)” no A1 e “Moderada tendendo a Superior (Classe 2 - QSms)” no A2, enquanto que os horizontes BA e Bi apresentam Qualidade do Solo Inferior (Classe 5 - QSi). A qualidade do solo no perfil C foi classificada com inferior (Classe 5 - QSi) em todos os horizontes.

Na tabela 16 são apresentados os resultados do diagnóstico da qualidade do solo preditos pelo modelo J2P 2015 integrados para todo o perfil do solo, permitindo assim compará-los quanto a sua qualidade.

Os perfis de solo A, B e C apresentaram variações de qualidade preditas pelo modelo J2P 2015. O perfil A enquadrou-se na Classe 1 (Qualidade do Solo Superior - QSs), o perfil B possui Qualidade do Solo Moderada tendendo a Inferior (Classe 4 – QSmi) e o perfil C apresentou a pior qualidade do solo predita pelo modelo, sendo de classe 5 (Qualidade do Solo Inferior – QSi).

Tabela 16: Classificação da qualidade do solo por Perfis conforme modelo J2P proposto nesta pesquisa, com destaque para o grupo predominante na determinação da classe de qualidade.

Perfis	Total	Grupo A		Grupos A e B		Grupos B e C		Grupo C		Classe
		N	%	N	%	N	%	N	%	
A	60	30	50.0%	42	70.0%	30	50.0%	18	30.0%	Classe 1 - QSs
B	48	12	25.0%	29	60.4%	36	75.0%	19	39.6%	Classe 4 - QSmi
C	48	10	20.8%	13	27.1%	38	79.2%	35	72.9%	Classe 5 - Qsi

Contudo, o modelo permitiu diagnosticar a qualidade do solo integrando os vários atributos físico-químicos do solo (quantitativos) de forma comparativa, permitindo a identificação do solo com melhor qualidade. Portanto, o modelo J2P 2015 possui potencial de utilização em casos cujo padrão de qualidade do solo não está disponível,

inviabilizando o emprego dos inúmeros índices de qualidade do solo descritos na literatura.

O uso do Modelo J2P 2015 é simples, acessível a todo e qualquer cientista de solo, estudantes, professores e demais interessados. Trabalhos futuros comparando os resultados com índices de qualidade do solo em estudos cujo padrão de qualidade do solo é conhecido são necessários para avaliar a precisão e acurácia das predições.

5. CONCLUSÕES

O modelo J2P 2015 permitiu diagnosticar a qualidade do solo integrando os vários atributos físico-químicos do solo (quantitativos) de forma comparativa onde o perfil A enquadrou-se na Classe 1 (Qualidade do Solo Superior - QSs), o perfil B possui Qualidade do Solo Moderada tendendo a Inferior (Classe 4 – QSmi) e o perfil C apresentou a pior qualidade do solo predita pelo modelo, sendo de classe 5 (Qualidade do Solo Inferior – QSi).

O modelo J2P 2015 possui potencial de utilização em casos cujo padrão de qualidade do solo não está disponível, inviabilizando o emprego dos inúmeros índices de qualidade do solo descritos na literatura.

Em relação aos atributos morfológicos, pode-se observar que a maior diferença foi em relação a cor do Perfil A, que se mostrou mais escura em relação aos Perfis B e C. A cor mais escura do Perfil A foi determinada pela maior quantidade de matéria orgânica do solo presente neste Perfil.

Quanto aos atributos físicos do solo, a maior diferença observada foi em relação aos teores de areia, argila e silte no qual o Perfil B apresentou maiores teores de Argila em relação aos Perfis A e C, enquanto os maiores teores de areia foram encontrados no Perfil A.

Já em relação aos atributos químicos, o solo dos perfis é considerado com baixa fertilidade por possuir baixos teores de macronutrientes e os valores de Zn, Mn, Cu e B (micronutrientes) encontra-se em deficiência podendo afetar negativamente o desenvolvimento das plantas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, C. C.; MELLO, C. R.; MELLO, J. M; SILVA, A. M.; CURI, N. **Índice de qualidade do solo associado à recarga de água subterrânea (iqsra) na bacia hidrográfica do alto rio grande, mg.** Lavras: R. Bras, 2013.

ANDRADE, L.L.; PINTO, L. V. A.; PEREIRA, M. W. M.; SOUZA, R. X. **Avaliação da sobrevivência e do desenvolvimento de mudas de capim vetiver (Vetiveria zizanioides) em raízes nuas e produzidas em saquinhos de polietileno plantadas em diferentes espaçamentos.** Revista Agrogeoambiental, v. 03, p. 57-64, 2011.

ANSELMO, J. A.; MANOEL, D. S.; PINTO, L. V. A.; PEREIRA, M. W. M.; SANTOS, E. C. **Teor de proteína bruta da gramínea vetiver em função do tempo de desenvolvimento vegetativo.** XII congresso nacional de meio ambiente de poços de calda, Poços de Caldas, 2015.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. **Indicadores biológicos de qualidade do solo.** Biosci. J., Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, Jul./Set. 2007

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. **Qualidade do solo: conceitos indicadores e avaliação.** Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ARAÚJO, H. AgrosCoect. Degradação do Solo. Bahia, 2013. Disponível em: <http://agrosconnect.blogspot.com.br/2013/11/degradacao-do-solo.html> Acesso em: 6 de Abril de 2015.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 05, p. 1099-1108, 2007.

AUGUSTO, B. R. **Recurso solo e recursos minerais**. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008.

BARBOSA, M. C. R.; LIMA, H. M. **Resistência ao cisalhamento de solos e taludes vegetados com capim vetiver**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. vol. 37 n. 1 Viçosa Jan./Feb. 2013.

BUNGENSTAB, D. J.; VALLE, E. R. do; DOMINGOS, I. T. **Conservando água e solo: pecuária de corte no cerrado**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2011. 28p.

CALONEGO, J. C.; SANTOS, C. H.; TIRITAN, C. S.; CUNHA JÚNIOR, J. R. Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.3, p.128-135, jul.-set., 2011.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1986. (Boletim técnico, 106).

CAMBULE, A. H.; ROSSITER, D. G.; STOORVOGEL, J. J. A methodology for digital soil mapping in poorly-accessible areas. **Geoderma**, Amsterdam, v. 192, p.341–353, 2013.

CARVALHO, C.; SEABRA, F.; FERREIRA, L.; GALVÃO, T. **Riscos de deslizamentos de encostas em áreas urbanas**. 2º Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos. Santos, 2007.

CAVALIERI, K.M.V.; TORMENA C.A.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONÇALVES, A.C.A.; COSTA, A.C.S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.1, p.137-147, jan./fev. 2006.

CHAER, G. M. **Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos**. 2001. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Microbiologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Mg, 2001.

COBRA, R. L.; PINTO, L. V. A.; SOUZA, R. X.; PEREIRA, M. W. M.; PEREIRA, A. J. **Resistência à Penetração do Solo de uma Encosta: Efeitos do Espaçamento de Plantio e Idade da Gramínea Vetiver**. Revista Agrogeoambiental, v. 4, p. 1-9, 2012.

COOPER, M. **Degradação e recuperação de solos**. Universidade de São Paulo, USP. Piracicaba, 2008. 31p.

CORTEZ, N.; ABREU, M. M. **Solo: a pele da Terra**. Departamento de Geologia da FCUL, Lisboa, 45 pp. Disponível em: <http://geologia.fc.ul.pt/documents/163.pdf>, Acesso em 25 de Março de 2015.

COSTA, D. M.; PINTO, L. V. A.; PEREIRA, M. W. M.; FERREIRA, J. A.; SCHEFFER, L. F. **Avaliação do perfilhamento de touceiras de capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) após a poda**. In: X Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 2013, Poços de Caldas. X Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 2013.

DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 4ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER, 2001. 266p.

DYMINSKI, A. S. **Nocões de estabilidade de taludes e contenções**. Universidade Federal do Paraná, UFPR, Paraná. S.d. 28p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Manual de métodos e análise do solo**. Rio de Janeiro, Ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1979-1997.

FIDALSKI, J. Física do Solo. **Boletim técnico do Instituto Agrônomo do Paraná**. Paraná, 2009.

FONTES, A. O.; BRAGA, L. M.; SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.. **Compactação crítica do solo para o crescimento de raízes de *Brachiaria brizantha* CV. Marandu**. Planaltina, DF. S.d.

FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N. **Índices de qualidade do solo para pastagens sobre Latossolo do Cerrado**. XIX Congresso de Pós Graduação da UFLA, Lavras, MG; 2010, 5p.

FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURI, N. **Índice de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado ativo adjacente.** Revista Ciência Agronômica, v.43, n. 3, p. 417-428, Fortaleza, CE, jul-set, 2012.

FREU, P. H. A. **Estudo para projeto de estabilização de uma encosta do morro da glória ii, Angra dos Reis – RJ.** 2012. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

GERSOVICH, D. M. S. **Estabilidade de taludes.** Faculdade de Engenharia na Universidade do Estado do Rio de Janeiro UERJ, Rio de Janeiro. 2012.

GIASSON, E.; HARTEMINK, A. E.; TORNUST, C. G.; TESKE, R.; BAGATINI, T. **Avaliação de cinco algoritmos de árvores de decisão e três tipos de modelos digitais de elevação para mapeamento digital de solos a nível semidetalhado na Bacia do Lageado Grande, RS, Brasil.** Ciência Rural, Santa Maria, v.43, n.11, p.1967-1973, nov, 2013.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo de interesse agrícola.** EMBRAPA meio ambiente, Jaguariúna, 2006. 8p

GUERRA, A. J. R.; JORGE, M. C. O. **Degradação dos Solos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. 22 f.

HEINRICHS, R. Densidade do solo e das partículas. Universidade Estadual Paulista – Câmpus Dracena. 2010. Disponível em: http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/solos/aula_3_densidade_do_solo_e_de_particulas.pdf. Acesso em: 8 de agosto de 2013.

HIEDERER, R. **Distribution of Organic Carbon in Soil Profile Data.** EUR 23980 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2009.

LACOSTE, M.; MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B.; MICHOT, D.; VIAUD, V.; WALTER, C. High resolution 3D mapping of soil organic carbon in a heterogeneous agricultural landscape. **Geoderma**, Amsterdam, v.213, p.296–311, 2014.

LEAL, J. G. T. **Micronutrientes: legislação agronômica, registro e fiscalização.** 4ª Reunião – CETESB São Paulo – 2009.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1991, 175p

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335 p.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R.; MELO, V. F. **O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. 130 p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de análise de solo**. Associação Nacional para Difusão de Adubos ANDA. Lavras, 2004.

MANOEL, D. S.; PINTO, L. V. A.; SOUZA, R. X.; OLIVEIRA NETO, O. F.; PEREIRA, M. W. M. **Influência dos espaçamentos de plantio e do tempo de poda na produção de matéria seca da gramínea vetiver**. Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, Edição Especial n. 1, p. 31-34, ago. 2013

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. S. **Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um latossolo amarelo coeso dos tabuleiros costeiros, sob floresta natural**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16. Bahia: R. Bras, p. 1599 – 1608, 2007.

MENDES, I. C.; SILVA, L. G.; REIS JUNIOR, F. B.; TOTOLA, M. R.; VILELA, L. **Calculo de um índice de qualidade de solo para diferentes agroecossistemas do cerrado**. IX Simpósio Nacional do Cerrado, Brasília. 2008.

NANNI, M. R.; NEIRO, E. S.; NUNES, E. S.; COMUNELLO, E.; DEMATTE, J. A. M. **Estabelecimento da capacidade de uso das terras como subsídio para o zoneamento ecológico-econômico da área de proteção ambiental federal das ilhas e várzeas do rio paraná. Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta, v.3, p.1-14, 2005.**

NIERO, L. A. C. **Avaliaes visuais do solo com indice de qualidade de um latossolo cermelho em oito usos e manejos e sua validação por analises físicas e químicas**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão em Recursos Agroambientais, Instituto Agronômico Pós-graduação, Campinas, Sp, 2009.

OLIVEIRA, J. B. **Classificação de solo e seu emprego agrícola e não agrícola.** Campinas, s.d.

OLIVEIRA, J. B. de; BERG, M. van Den. **Aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo:** quadrícula de Araras. II. Memorial descritivo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1985. 60 p. (IAC. Boletim Técnico, 102).

OLIVEIRA, J. B.; ALVES, J. J.; FRANCA, F. M. C. **Práticas de manejo e conservação de solo e água no semiárido do Ceará.** Fortaleza, CE: Prodhama, 2010. 36 p.

PAIVA, C. **Gestão de Riscos Geológicos em Ambiente Urbano: Escorregamentos e Processos Correlatos.** Universidade Federal do ABC, PROEXT, Santo André, 2012.

PASSOS, B.; LEITE, D.; ABREU, E. A. H.; RODRIGUES, M.; SARAIVA, M.; VAXIER, R. **Taludes Naturais e artificiais – Obras de Estabilização.** Faculdade Kennedy. Belo Horizonte, MG, 2010.

PEREIRA, A. A. **Uso e degradação do solo em áreas sob diferentes sistemas de manejo, município de reserva - pr.** 2013. 61f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual do Centro-oeste, Guarapuava, 2013.

PRADO, H. **Pedologia fácil – Aplicações. 3.** Ed Revisada e ampliada, Piracicaba, SP. 2011. 180p.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades Físicas do Solo.** Santa Maria, UFSM, 2006.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa - MG: UFV, p. 25-32, 1999.

SANTOS, A. D.; COSCIONE, A. E.; VITTI, A. C.; BOARETTO, A. E.; COELHO, A. M.; RAIJ, B. V.; SILVA, C. A.; ABREU JUNIOR, C. H.; CARMO, C. A. F. S. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Editor técnico, Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013a. 342p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6ed. Revisada e Ampliada. Viçosa: SBCS, 2013b. 100p.

SANTOS, R. R.; SOUZA FILHO, H. L.; CAREIRO, W. J. O. **Uso do vetiver (Chrysopogon zizanioides (L.) na estabilização de taludes e encostas na região metropolitana da cidade de Salvador – BA**. XIII SEPA - Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, UNIFACS, 2014.

SENGIK, E. S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. Versão 2003. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf> acesso em: 9 de abril de 2015.

SERRAT, B. M.; LIMA, M. R.; GARCIAS, C. E.; FANTIN, E. R.; CARNIERI, I. M. R. S. A.; PINTO, L. S. **Conhecendo do solo**. UFPR/Setor de Ciências Agrárias/Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Curitiba, 2002. 27p.

SILVA, E. M. B.; SILVA, T. J. A.; KAZAMA, E. H. **Densidade do solo e água disponível em sistemas de manejo de recuperação de pastagem**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11; 2010, 8p.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, R. X.; PEREIRA; M. W. M.; PINTO, L. V. A. ; FERREIRA, J. A. ; COSTA, D. M. **Influência de diferentes classes de precipitação na perda de solo por erosão em encosta coberta com capim vetiver**. 5ª Jornada Científica e Tecnológica e 2º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS 06 a 09 de novembro de 2013, Inconfidentes, MG

STEELE, J.G. **Soil Survey interpretation and its use**. Roma, FAO, 1967. 68p. (Soil Bulletin, 8).

TRUONG, P.; VAN, T. V.; PINNERS, E. **Sistema de Aplicação Vetiver**. 2. Ed. Santa Catarina: Qualicopy Serviços e Comércio Ltda, 2008.

ZIEGLER, G. L. F.. **Avaliação do risco a escorregamentos devido a ocupação urbana na vila bela vista em Santa Maria-RS**. 2013. 141 f. Dissertações (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.