Universidade de São Paulo

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas

Programa de Pós-Graduação em Geografia Física

Larissa Giroldo

Terracetes de pisoteio de gado e mudanças morfo-pedológicas em vertente amostral na bacia hidrográfica do rio Jacareí, Serra da Mantiqueira - SP

São Paulo

2013

Larissa Giroldo

Terracetes de pisoteio de gado e mudanças morfo-pedológicas em vertente amostral na bacia hidrográfica do rio Jacareí, Serra da Mantiqueira – SP

Dissertação apresentada para o programa de pós-graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre.

Professora Orientadora: Cleide Rodrigues

São Paulo

2013

Agradecimentos

À minha Orientadora, professora Cleide, que me auxiliou desde a Graduação na minha formação acadêmica.

Aos professores que me ajudaram nessa jornada do mestrado, Jurandyr Ross, Roseli Pacheco, Sidneide Manfredini e Marisa Fierz.

Ao pesquisador e técnico do Laboratório Marcos Pinheiro pelo auxílio em pesquisa de campo e laboratório.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação.

À minha família pela compreensão e apoio incondicional para que pudesse concluir essa dissertação, em especial, minha mãe.

Ao meu noivo Bruno, pelo apoio, incentivo e do auxílio na pesquisa de campo.

Às minhas amigas Layra, Karine e Bárbara.

Aos meus colegas de trabalho do Objetivo, pelo incentivo e apoio.

Ao Cnpq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro.

Resumo

A dissertação de mestrado desenvolvida tem como objetivo colaborar com a avaliação conceitual da forma erosiva terracete de pisoteio de gado, ainda pouco desenvolvida e, avaliar as perturbações do meio físico associadas ao pisoteio de gado. O objetivo da pesquisa torna-se relevante ao constatar que a temática desenvolvida é objeto de poucas produções acadêmicas. Além disso, no caso brasileiro, a grande área de terras utilizadas para a pastagem gera a necessidade de entendimento do funcionamento dessa paisagem antrópica para se produza formas corretas de manejo e possíveis restrições para o uso do solo a fim de evitar perturbações no meio físico difíceis de serem revertidas. Para elaborar a análise proposta, utilizou-se como embasamento teórico-metodológico a Geomorfologia Antropogênica em que a sociedade humana é inserida como agente de formação do relevo mesmo que indiretamente como no caso de áreas para a pastagem. Na perspectiva da Geomorfologia Antropogênica é necessário uma abordagem multiescalar para entender a magnitude das perturbações geradas no meio físico pelo ser humano. A primeira linha de investigação para o desenvolvimento da dissertação foi a pesquisa bibliográfica multilíngüe sobre o verbete terracete de pisoteio de gado. Completando a pesquisa bibliográfica, a segunda linha de investigação foi a analise em campo das perturbações do meio físico associadas aos terracetes de pisoteio de gado, com parâmetros físicos do solo e morfológicos da vertente. Como área de estudo, foi escolhida uma vertente amostral da parte rural da cidade de Joanópolis –SP. A vertente amostral pertence ao Planalto Atlântico com solos pouco espesso e uso agrícola intensa,

possibilitando a comparação entre do trecho da vertente preservado e o trecho antrópico com pastagem. Na vertente amostral foram aplicadas técnicas de campo reconhecidas academicamente. Como procedimento inicial utilizou-se o pantômetro por permitir o cálculo preciso da declividade. Com a análise inicial em campo e a elaboração do perfil topográfico, foram selecionados três pontos de controle para a medição de resistência a penetração; medição da densidade do solo e; a análise morfológica do solo. Os resultados evidenciaram que as perturbações geomorfológicas e pedológicas criadas pelo rebanho bovino são intensas e de diversos tipos. O caminhar do gado também promove a exposição do solo, visto que dificulta ou impede o crescimento da pastagem, pois ao compactar o solo, gera resistência a penetração superior ao limite de crescimento radicular. A compactação do solo é mais profunda que o horizonte A e, em solos pouco espessos, como o neossolo estudado nessa pesquisa, o terracete de pisoteio de gado tem um limite físico para a sua profundidade a rocha parental.

Palavras-chave: Terracetes de pisoteio de gado; resistência a penetração; Geomorfologia Antropogênica; Intervenções Antrópicas.

Abstract

The developed dissertation aims to collaborate with the conceptual evaluation of cattle-tracks erosive form, which studies are still little developed, and to evaluate the physical disturbance associated with cattle trampling. The objective of this research is relevant to add the developed subject itself, which has been presented in few academic productions. Besides that, in Brazilian case, the large land area used for grazing, generates the necessity to understand the functionality of the anthropic landscape, in order to produce correct forms of handling and possible use of land restrictions to avoid disturbances in the physical environment, which are difficult to be reversed. Composing the proposed analysis, it was applied as theoretic and methodological praxis the Antropic Geomorphology where in the society is an agent of relief formation even indirectly, like the case of grazing. In perspective of anthropic geomorphology is necessary a multi-scale approach to understand the magnitude of the disturbance generated in the physical environment caused by human being. The first investigation line for the development of this dissertation was the bibliographic multilingual search about the word “cattle-tracks”. In completion of the bibliographic search, the second investigation line was the analyses in field about the disturbance in physical environment associated to the cattle-tracks, with physical soil parameters and morphological slope parameters analyses. As study area, a sample slope of Joanópolis’ rural area was selected. The sample slope belongs to Atlantic plateau with shallow soil e intense agricultural use enabling comparison between the segment with cover forest and segment with grazing. In the sample slope, it was applied field

techniques academical lyre cognized. And as an initial procedure it was used the pantometer, which allows accurate calculation of slope. Up the initial field analysis and profile elaboration, three control points were selected in order to measure the penetration resistance, measure the soil density and morphology. The results showed that geomorphological and pedological disturbance created by cattle was intense and from several types.The cattle grazing causes naked soil, because hinders or prevents the growth of pasture, therefore compacts the soil, creates penetration resistance upper to the limit root growth. The soil compact is deeper than the horizon A and, in shallow soil, as the soil of this research, the cattle-tracks has a physical limit for its deepness, which is the parent rock.

Key-words: Cattle-tracks; penetration resistance; Antropogenic Geomorfhology; Man-made Changes.

Sumário

1. Introdução.....1

2. Objetivos.....3

3. Justificativas.....4

4. Metodologia.....7

4.1. Embasamento Teórico-Conceitual.....7

4.1.1 A ciência geomorfológica.....7

4.1.2. Referências teórico-conceituais em pedologia.....17

4.1.3. Metodologia da análise de conteúdo.....20

4.2. Técnicas de campo e laboratório.....21

4.2.1. Seleção de vertente amostral.....22

4.2.2. Levantamento morfológico e morfométrico da vertente amostral.....23

4.2.3. Seleção dos pontos de controle para parâmetros morfológicos e físicos do solo e microtopografia.....26

4.2.4 Medição morfométrica e morfológica de microforma nos pontos de controle.....27

4.2.5. Análise pedológica.....28

4.2.6. Penetrômetro de impacto.....30

4.2.7. Penetrômetro de bolso.....33

5. Resultados.....35

5.1. Localização e caracterização da área de estudo.....35

5.1.1. Caracterização da área de estudo.....36

5.2. Pesquisa bibliográfica multilíngüe “terracete de pisoteio de gado”.....50

5.3. Perfil da vertente amostral.....62

5.4. Análise dos pontos de controle: morfologia da vertente e análise morfológica do solo.....77

5.5. Análise pedológica: descrição morfológica e da densidade média.....84

5.6. Resistência à penetração: penetrômetro de impacto.....92

5.7. Resistência à penetração: penetrômetro de bolso.....98

6. Considerações finais.....103

7. Bibliografia.....106

1. Introdução

O desenvolvimento da forma erosiva denominada “terracete de pisoteio de gado” é atribuída ao caminhar contínuo do gado ao longo da vertente determinando trilhas. No entanto, sua ocorrência pode associar-se a diversos níveis de perturbação no sistema físico da vertente, podendo variar de acordo com as características naturais dessa vertente, tais como declividade, distribuição de concavidades e convexidades, aspectos físicos e físicos-químicos do solo, dentre outras.

A utilização do solo como pastagem pode promover mudanças no sistema físico da vertente, sistema este de circulação de matéria e energia que pode envolver a dinâmica hídrica e propriedades do solo.

Apesar do grande área utilizada para pastagem no Brasil e da degradação física causada pelo pisoteio do gado, existem poucas pesquisas científicas que sintetizem ou explorem a temática. A própria definição de “terracete de pisoteio de gado” não é localizada na literatura geomorfológica nacional.

Na perspectiva de pesquisa da Engenharia Agrícola, a ação do pisoteio do gado é associada a compactação do solo e as possíveis dificuldades produtivas ligadas a esta. E, para a geomorfologia antropogênica, as perturbações causadas no meio físico pelo gado são uma forma de ação indireta da sociedade no relevo.

Essa pesquisa tem como objetivo identificar, por meio de parâmetros morfológicos da vertente e físicos do solo, mudanças causadas pelo pisoteio de gado e uso do solo para a pastagem, e focalizando na provável compactação

do solo e suas associações com outras formas erosivas, como sulcos e ravinas.

Para tanto, a pesquisa adotou três perspectivas de investigação principais, a saber: pesquisa bibliográfica, levantamento de campo e análises laboratoriais. A pesquisa bibliográfica utilizou metodologia de Bardim (1977) e buscou na literatura geomorfológica a definição do verbete “terracete de pisoteio de gado” e processos geomorfológicos e pedológicos associados.

A segunda perspectiva de investigação científica, a pesquisa de campo, voltou-se a uma vertente amostral do Planalto Atlântico, pois nessa região existe um histórico de ocupação antrópica de atividades agropoecuárias e, em específico, com a criação de gado desde o início do século 20.

Com a seleção da vertente amostral, foi possível realizar análises comparativas entre a parcela da vertente utilizada por pastagem e sua parcela a montante, ainda preservada. Para essa comparação, foram utilizadas técnicas selecionadas por meio de bibliográfica geomorfológica e em específica da geomorfologia antrogênica para analisar parâmetros morfológicos da vertente e análises laboratoriais de solo.

2.Objetivos

A pesquisa tem como objetivos centrais:

- Colaborar com avaliação conceitual das formas erosivas “terracetes de pisoteio de gado”;

- Colaborar com metodologia de avaliação da degradação física do sistema vertente quando submetido a intervenções relativas ao pisoteio de gado utilizando-se parâmetros físicos de solo e morfológicos de vertente no Meio Tropical Úmido do Planalto da Mantiqueira em área de Mananciais.

Os objetivos específicos desta pesquisa (que também podem ser considerados como etapas estruturadas do processo de investigação) são:

- Sistematizar o uso conceitual do verbete “terracete de pisoteio de gado”, a partir de pesquisa bibliográfica multilíngüe;

- Levantar, selecionar, aplicar e testar indicadores geomorfológicos (morfométricos e morfológicos) e físicos do solo (porosidade e resistência à penetração) para a interpretação de mudanças potenciais de processos geomorfológicos da vertente analisada.

3. Justificativas

A definição da expressão “terracete de pisoteio de gado” e a classificação de suas variações não tem sido o objetivo de pesquisas acadêmicas. Sua relevância para o Brasil, no entanto, é grande, se associarmos dois fatos primordiais: a origem dessa forma erosiva é o pastoreio de gado e o Brasil desponta internacionalmente como produtor de carne bovina.

Segundo o censo agropecuário do IBGE (2006) as áreas destinadas à pastagem aumentaram em 18 milhões de hectares de 1970 para 2006, atingindo a marca de 172 milhões de hectares em 2006, como é possível observar no gráfico 1. Além disso, o Brasil ultrapassa 212 milhões de cabeça de gado bovino, sendo 11 milhões no estado de São Paulo (IBGE, 2011).

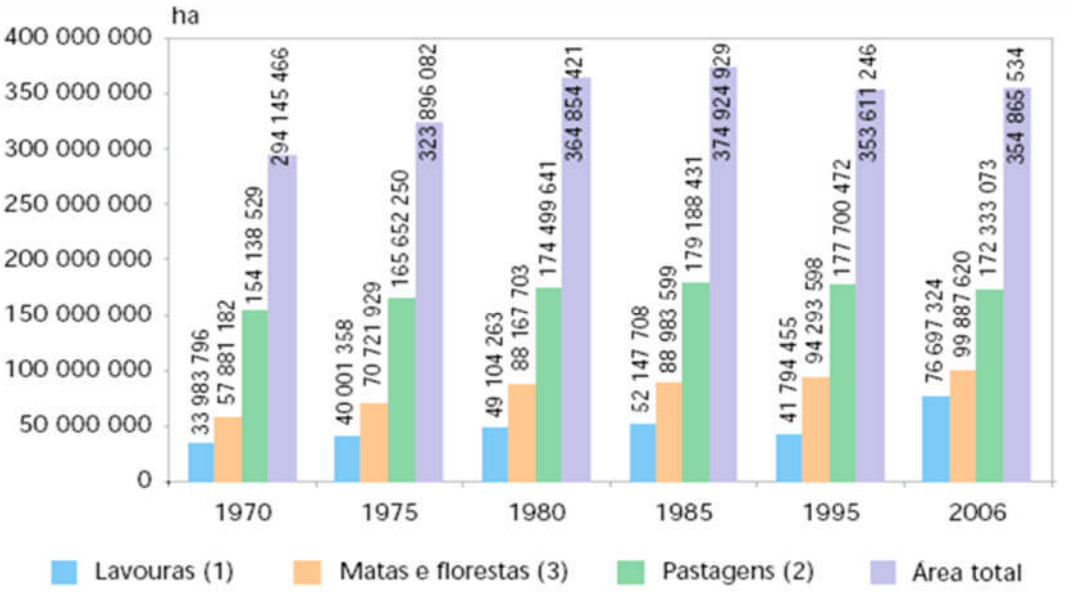


Gráfico 1: Uso de Terra no Brasil. Onde: 1) Lavouras permanentes, temporárias e cultivo de flores, inclusive hidroponia e plasticultura,viveiros de mudas, estufas de plantas e casas de vegetação e forrageiras para corte**. (2) Pastagens naturais, plantadas (degradadas e em boas condições)**. (3) Matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal, matas e/ou florestas naturais, florestas com essências florestais e áreas florestais também usadas para lavouras e pastoreio de animais. Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 1970/2006.

Dentro da ciência geomorfológica, a classificação do termo terracete de pisoteio de gado é importante, pois é um conceito pouco trabalhado e desenvolvido. Em estudos geomorfológicos brasileiros, por vezes o conceito supracitado não consta em livros básicos cuja finalidade é a sistematização de conceitos. Outras vezes, nem mesmo em dicionários específicos desta área o verbete é encontrado, sendo necessário recorrer a dicionários e livros básicos estrangeiros tais como: Fairbridge (1968), Selby (1982), entre outros.

O estudo poderá colaborar também com estudos geomorfológicos de formas erosivas, ao realizar pesquisa bibliográfica do tema e do verbete, e ao verificar, em campo e em laboratório, modificações causadas em parâmetros morfológicos da vertente e físicos do solo pelo caminhar contínuo do gado.

Além disso, possivelmente esta pesquisa servirá de base para outros estudos que poderão relacionar a forma erosiva supracitada, a outras problemáticas geográficas/ geomorfológicas, a saber: formas erosivas pluviais associadas aos terracetes de pisoteio de gado, tais como: sulcos, ravinas, voçorocas; movimentos de massa como escorregamentos, e ainda manejo e uso de solo; dinâmica da paisagem; entre outros.

De acordo com Mafra (in GUERRA, 1999), processos erosivos são responsáveis por promover degradação no meio físico, um dos exemplos é a erosão laminar. Sendo que as alterações no solo não ocorrem somente na quantidade de solo perdido, mas também no reflexo na degradação física, potencializando os processos erosivos e gerando perda na fertilidade do solo. Estima-se que o uso do solo para pastagem gere 1,0 ton/ha/ano de material deslocado e 1,6% de escoamento superficial concentrado.

A pesquisa desenvolveu-se em uma vertente amostral do Planalto Atlântico, nesse local ocupação antrópica é intensa e reflete o dinamismo econômico em que está inserido. Outrora utilizada para a produção cafeeira, teve sua função econômica alterada para a pecuária leiteira após a crise de 1929, ampliando deste então as áreas destinadas à pastagem.

Soma-se ainda o fato de que a vertente amostral localiza-se na bacia hidrográfica do rio Jacareí, que pertence ao sistema de abastecimento Cantareira, responsável pela captação de água para a Região Metropolitana de São Paulo. Essa área de mananciais pode ter sua disponibilidade hídrica comprometida, dentre outros fatores, pelo manejo de solo inadequado, uma vez que atividades agropecuárias, em específico o caminhar constante do gado, podem gerar perturbações no sistema físico como a intensificação da erosão e a compactação do solo, modificando a circulação hídrica.

4.Metodologia

4.1. Embasamento Teórico Conceitual

4.1.1. A ciência Geomorfológica

A dissertação de mestrado utilizou como aporte teórico autores que são referências consolidadas da ciência geomorfológica, desde sua concepção enquanto ciência até as especificidades com indicadores de degradação no meio físico.

Segundo Jolly (1977), a geomorfologia é *"o ramo da geografia física a quem compete o estudo das formas terrestres, sua gênese, sua evolução no tempo e sua relação com o espaço".* Completa-se com a concepção de relevo de Ross (2005):

> *"O relevo, como um dos componentes do meio natural, apresenta em diversidade enorme de tipos e formas. Essas formas, por mais que possam parecer estáticas e iguais, na realidade são dinâmicas e se manifestam ao longo do tempo e espaço de modo diferenciado em função das combinações e interferências múltiplas dos demais componentes do estrato geográfico."* (página 09).

A pesquisa geomorfológica tem três níveis de tratamento segundo Ab'Saber (1969), os níveis de tratamento são essenciais na metodologia das pesquisas geomorfológicas. Sendo assim, autor busca uma simbiose conceitual, reunindo os principais conceitos e enfoques da geomorfologia.

Para o autor o primeiro nível de pesquisa em geomorfologia é a compartimentação da topografia regional do relevo e a descrição de forma mais detalhada possível do compartimento estudado. Pode ser elaborado através de boas analises das cartas topográficas e fotografias aéreas.

O segundo nível deve buscar a cronologia do relevo durante o quaternário, deve ser mais abrangente do que a simples descrição da paisagem, podendo ser uma sequencia interpretativa dos processos geomorfológicas através de feições antigas e recentes. Estudar a fisiologia da paisagem é o setor mais difícil da geomorfologia, a observação de processos atuais pode ser a chave para identificar processos pretéritos.

E, por último, o terceiro nível da pesquisa em geomorfologia seria, segundo o autor, responsável por entender os processos morfoclimáticos atuais. Feições em plena dinâmica. Para entender a fisiologia da paisagem, é necessário entender as ações do clima no relevo (de maneira habitual ou esporádica), a hidrodinâmica e processos químicos e biológicos e as interferências antrópicas. Sendo assim, a pesquisa proposta abrange o terceiro nível da pesquisa geomorfológica.

A evolução dos conceitos da própria geomorfologia em si gerou uma nova concepção da ciência, a geomorfologia aplicada. Segundo Hart (1986), o estudo aplicado da geomorfologia é antigo, desde o século XVII. Porém na primeira metade do século XX ganhou destaque, já que surgiu a necessidade da aplicação da geomorfologia para a sociedade.

Para Hart (1986), existem dois grandes motivos para o estudo da geomorfologia aplicada, a saber: pela demanda intelectual da própria geomorfologia e pela demanda social. A primeira demanda social é no que diz respeito ao perigo: terremotos, enchentes, erosão, deslizamentos, entre outros. Em segundo plano é o planejamento ambiental, em diversas escalas de acordo com a necessidade da população ou governos (escala nacional, regional e local). Além disso, a própria formação do geógrafo gera a habilidade de

examinar os problemas em diferentes escalas e, associar e dimensionar os fatos. Nesse sentido, a conclusão dessa pesquisa apropria-se do segundo plano da demanda social, podendo auxiliar em planejamentos locais e regionais.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, é necessário também entender a concepção de sistema dentro da geografia física e em específico no sistema vertente. Para tanto, utilizou-se Christofoletti (1974), Tricart (1977) e Gregory (1992). Para Christofoletti (1974, edição de 1980), sistema é definido como: *"o conjunto dos elementos e das relações entre si e entre seus atributos."* (página 01).

Segundo Gregory (1992) a abordagem sistêmica em geografia física é uma metodologia unificadora, difundida nos anos 1970 alcançando diversos graus de sucesso. Tricart (1977) afirma que a abordagem sistêmica: *"permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade de análise – que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação – e a necessidade, contrária de uma visão de conjunto." (página 19).*

Complementando Tricart (1977), Gregory (1992) afirma que a abordagem sistêmica para a geografia física é importante pois tem um conceito de unidade, pode unificar o homem e o meio ambiente, tem estrutura lógica e aborda a identificação das estruturas assim como os elos que as ligam, compreende o fluxo de matéria e energia, e é um sistema aberto.

Para Christofoletti (1974), as principais atribuições da abordagem sistêmica são: identificar os elementos, seus atributos e suas relações. Sempre entender a existência de um sistema antecedente e do subseqüente, entretanto a ligação não é linear, são ligados por mecanismo de retroalimentação. No

caso da geomorfologia torna-se necessário entender também os sistemas que influenciam diretamente: climático, biogeográfico, geológico e antrópico.

Um objeto pode ser analisado na abordagem sistêmica de maneiras diferentes, como elemento de um sistema ou como um sistema propriamente dito, por exemplo: um rio é um elemento do sistema hidrológico, mas pode ser analisado como um sistema próprio.

Na composição do sistema, existem três aspectos importantes: matéria, energia e estrutura. A matéria é o material em si que pode ser deslocado de um sistema para outro; a energia é a força que faz o sistema funcionar; enquanto que a estrutura são os elementos e suas atribuições.

No caso específico da geomorfologia pode-se classificar os sistemas por critério funcional ou por complexidade estrutural. Christofoletti (1974) propõe quatro divisões do sistema, a pesquisa proposta enquadra-se no sistema denominado pelo autor de *sistemas controlados* que refere-se a sistemas em que houve a alteração da sociedade humana em mecanismos de retroalimentação, modificando o processo-resposta das relações naturais em que está inserido.

É relevante também, compreender o conceito de equilíbrio que pressupõe um sistema com perfeito equilíbrio de seus elementos, variações e condições externas. O sistema busca naturalmente seu equilíbrio toda vez que recebe a chegada de novos materiais ou energia, caso esse cheguem com quantidade superior que a capacidade do sistema tem de reorganização, o sistema entra em desequilíbrio.

A concepção de sistema dentro da pedologia foi aplicada por Nikiforoff (1949 in Gregory, 1992) colocando o solo como sistema aberto, recebe a

interferência de outros sistemas como o climático, geológico, geomorfológico e biológico.

4.1.1.1. Geomorfologia Antropogênica

Outra abordagem utilizada para o desenvolvimento dessa pesquisa foi a antropogeomorfologia ou geomorfologia antropogênica. Abordagem que insere as intervenções humanas no meio físico buscando entendê-las e dimensioná-las na ótica de leitura geomorfológica.

Assim como a geomorfologia aplicada obteve destaque principalmente nos 1970, a inserção homem como modificador do meio físico também só teve um destaque crescente nas últimas décadas.

Segundo Gregory (1992), durante os anos de 1970 ocorreram uma série de publicações em que ação humana na geografia física teve destaque, isso porque já havia uma aceitação melhor da antropogeomorfologia e da concepção da geografia com caráter ambiental, visto que nessa década cresceu também a preocupação dos impactos humanos e a finitude do meio ambiente.

Como explicitado anteriormente, Ab'Saber (1969) ressalta que a presença e as alterações antrópicas devem ser analisadas no terceiro nível da pesquisa geomorfológica, destacando que: *"Evidentemente as variações sutis da fisiologia podem ser determinadas por ações antrópicas predatórias, as quais, na maior parte dos casos são irreversíveis em relação ao 'metabolismo' primário do meio natural."* (página 02).

Outra contribuição importante na questão das atividades humanas como intervenção do meio físico é a publicação de Tricart (1977) em que sugere a análise do meio ambiente com a *Ecodinâmica.* Segundo Tricart (1977) a interferência humana nos ecossitemas ocorre de diversas maneiras e intensidades, a idéia de “meio natural” sem modificações antrópicas é improvável.

Dentro da concepção sistêmica e sabendo das interferências das ações antrópicas no meio físico, Tricart (1977) distingue três tipos de meio morfodinâmicos segundo a intensidade da interferência humana: meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis.

Os meios estáveis são áreas onde a evolução do modelado é lento com dissecação moderada e cobertura vegetal é suficiente para estabilizar o solo (bioestasia). Já os meio intergrades são classificados como em transição, são sensíveis a fenômenos que geram instabilidade como chuvas intensas gerando possíveis deslizamentos. Enquanto que os meios fortemente instáveis, no qual a morfogênese é predominante, a degradação antrópica ocorre podendo causar danos ou até mesmo destruir o solo pré-existente.

Nesse período (década de 1970 e início de 1980) era obvio a interferência do homem na natureza de forma direta ou indireta, porém o grau de perturbação ainda era bastante questionável para se dimensionar. Uma das principais publicações do gênero foi *The human impact, Man’s role in Environmental Change* de Goudie em 1981(terceira edição de 1990). Nessa obra, a divisão tradicional da geografia física é respeitada, e em cada, uma é inserida a participação do homem sobre o meio ambiente e processos.

Segundo Demeck (1967 apud Ross,1992), a metodologia de análise da geomorfologia permite subdividir os fenômenos segundo uma taxonomia escalar. O primeiro táxon, com menor detalhe, é denominado como “superfícies geneticamente homogêneas” e o último, o sexto táxon, que é responsável por identificar as formas e processos atuais. A interferência antrópica, segundo Ross (1992), é evidente no sexto táxon, podendo gerar feições ou degradação do solo. Contudo, atualmente, discuti-se a magnitude escalar das intervenções humanas, em que outros níveis escalares podem ser atingidos como somatório de intervenções humanas no tempo e no espaço (BRUNSDEN et ali, 1978)

No Brasil, destaque para a metodologia da geomorfologia antrópica vem sendo dado por Rodrigues (1997, 2005 entre outras). Nesse estudo ressalta-se a necessidade de superar abordagens exclusivas dos elementos naturais e incluir ainda que em condições de pesquisa bem especiais, a intervenção humana no balanço de processos geomorfológicos.

Segundo Rodrigues (1997, 2004 e 2005) as ações humanas promovem mudanças na gênese e evolução das formas, dos materiais e dos processos. Modificações essas, perceptíveis com magnitude, freqüência e localização de processos; propriedades e posicionamento dos materiais; e atributos da forma.

Para um estudo geomorfológico mais amplo deve ser examinado, de maneira simultânea os elementos naturais e as ações antropogênicas que geram interferência no meio físico, sejam elas diretas ou indiretas (no caso da pesquisa de mestrado, de forma indireta). Segundo Rodrigues (2005):

> *“a interferência antrópica como ação geomorfológica, ação que pode modificar propriedades e localização dos materiais superficiais, interferir em vetores, taxas e balanços dos processos e gerar, de forma direta ou indireta, outra morfologia, aqui denominada de morfologia antropogênica.”* (página 101).

A intervenção antrópica no meio físico é reflexo de fatores histórico-culturais, da dinâmica econômica e do contexto social. Os processos geomorfológicos atuais são constituídos pela sequência de intervenções antrópicas, tornando necessário não somente a análise da intervenção humana atual, mas também o histórico de intervenções e as características naturais intrínsecas nos sistemas físicos.

A metodologia proposta por Rodrigues (1997) utiliza instrumentos clássicos da geomorfologia que abordam as modificações no tempo e no espaço. Um dos procedimentos é a cartografia geomorfologia “retrospectiva” ou “evolutiva”, baseada nas formas, materiais e processos.

Ainda segundo Rodrigues (1997 e 2004) os estudos de intervenção antrópica tem como objetivo compreender e identificar o somatório das perturbações da sociedade no relevo. Para tanto, devem ser abordados de maneira multiescalar, ou seja, é necessário recorrer a escalas de detalhe concomitantemente a escala regional, visto que as intervenções humanas são inúmeras com magnitudes e freqüências diversas.

Ressaltando também que a interferência da sociedade no meio físico não é exclusividade do relevo, gera modificações na cobertura pedológica também (YAALON e YARON, 1981 in GOUDIE, 1990).

Ainda na perspectiva da interferência da sociedade no meio físico, foi utilizado, em escala de detalhe, os *geoindicadores* como parâmetros de degradação. A utilização de indicadores para avaliar o ecossistema é desde a década de 1940, mas ampliou a sua discussão com a questão da sustentabilidade em 1987 com o relatório Brundtland (World commission on

environmental and development) que destacava a necessidade de alterações sociais e econômicas em prol da conservação ambiental.

A agenda 21 (produto da reunião ambiental Rio 1992) surge enfatizando essa característica, recomendando medidas para melhorar as intervenções antrópicas no ambiente. Criou-se então um grupo de trabalho para formular uma lista de geoindicadores, definido como:

> *"medidas de magnitude e freqüência, taxas e tendências de processos ou fenômenos geológicos que ocorrem em períodos de cem anos ou menos, ou próximos á superfície terrestre e podem apresentar variações significativas para a avaliação e compreensão de mudanças ambientais rápidas."* (in COLTRINARI, 2001. Página 308).

As variáveis dos geoindicadores tornam-se complexa quando se introduz as intervenções antrópicas, isso porque as características ambientais são heterogêneas em espacialidade e os tipos de intervenções antrópicas são inúmeras, gerando uma multiplicidade de combinações.

Coltrinari (2001) salienta que a lista desenvolvida deve ser revista constantemente devido às pressões ambientais e da sociedade. Além disso, para a autora, no Meio Tropical Úmido as intervenções humanas e seus efeitos são mais perceptíveis, por isso, propõe um lista de geoindicadores específico, no total de 15 geoindicadores.

Com base na lista inicial proposta por Coltrinari (2001), foi elaborada uma lista de *geoindicadores* específicos para as perturbações causadas no sistema físico pelo caminhar constante do gado:

Geoindicadores específicos para a pesquisa
Erosão pluvial do solo
Expansão da superfície do solo nu
Mudança de fluxo não concentrado a concentrado
Morfometria e morfologia das vertentes em escala de detalhe
Morfometria e morfologia das vertentes em média escala
Movimentos de massa e sinais de movimentos futuros
Conteúdo de matéria orgânica no solo
Compactação da superfície do solo

Tabela 1 - Geoindicadores específicos para a pesquisa

4.1.1.2. O estudo das vertentes

Uma análise importante para o desenvolvimento dessa redação é a análise da vertente e sua dinâmica geomorfológica. De acordo com Young (1964), os estudos da vertente são extremamente importantes, pois estas correspondem aos processos da maioria das terras emersas e são fornecedoras de sedimentos bem como apresentam limitações para as ocupações antrópicas.

Tanto Young (1969), quanto Christofoletti (1974) destacam a importância do balanço morfogenético através de dois processos distintos: pedogênese (componente vertical responsável pelo aumento da espessura do regolito), e a erosão (componente paralela que diminui o manto de regolito), sendo uma concepção também Tricartiana. Caso os componentes verticais forem superiores aos componentes paralelos, teremos um balanço morfogenético positivo, do contrário teremos um balanço morfogenético negativo.

Não se pode negligenciar, contudo, outros processos ligados aos descritos anteriormente, tais como: movimentos de massa e solifluxão. Além disso, estas duas componentes (verticais e paralelos) interagem

simultaneamente e não isoladamente. Mesmo com essas ressalvas, esta sistematização (componente vertical e componente horizontal) facilita algumas leituras de degradação física, uma vez que conhecemos balanços mais ou menos característicos de processos de vertente no Meio Tropical Úmido.

De acordo com Ruhe (1975), a erosão na vertente depende da resistência dos materiais, da cobertura da vertente, intensidade de chuvas, velocidade e energia do escoamento superficial e a forma da vertente.

Ruhe (1975) ressalta que para o estudo da vertente deve-se incluir os componentes geométricos e geomorfológicos. Sendo assim, a declividade e o comprimento são fatores primordiais para serem destacados. As vertentes são divididas em segmentos de acordo com o seu ângulo (convexo, côncavo e retilíneo) no qual atuam processos morfogenéticos e erosivos diferentes que são responsáveis pela dinâmica multifuncional da vertente. Em segmentos côncavos ocorre a convergência de fluxo de água, permitindo escoamento superficial concentrado e ampliando a magnitude e freqüência de formas erosivas.

Os terracetes de pisoteio de gado também seguem o prognóstico de Ruhe (1975), é possível encontrá-los de forma mais proeminente e com maior exposição de solo em segmentos côncavos (GIROLDO, 2008).

4..1.2. Referências teórico-conceituais em pedologia

O aporte conceitual em pedologia complementa o aporte teórico geomorfológico já descrito. A pesquisa utilizou autores reconhecidos e conceitos consolidados dentro da ciência do solo.

Lepsch (2002), destaca que a pedologia estuda os horizontes do solo e sua formação. Deve-se considerar diversos fatores formadores do solo, o intemperismo do material parental, o clima, o microclima da vertente, fatores biológicos, matéria – orgânica e o formato da vertente.

Boulet (1993) expõe a importância da análise estrutural para a compreensão dos processos pedológicos. Além disso, afirma que a diferenciação dos perfis do solo é a parte inicial da pesquisa, mas é necessário compreender as modificações laterais que o solo naturalmente tem, demonstrado com isto, a importância de sua dinâmica e ralações espaciais. O autor recomenda o estudo do topo até a base da vertente buscando a isodiferenciação e seu mapeamento ou representação gráfica, valorizando aspectos morfológicos do solo.

A interfase geomorfologia-pedologia é trabalhada por diversos autores. Para Gerrard (1995), a interfase citada pode ser desenvolvida através de cronosequência de desenvolvimento do solo, indicadores de estabilidade em curto e longo prazo, erosão pluvial entre outros.

Complementando a idéia de Boulet (1993) e Gerrard (1995), Birkeland (1999) afirma que a vertente também é importante para a formação do solo, pois este varia de acordo com a topografia, resultante uma combinação de fatores, tais como: microclima, pedogênese e geologia. Birkeland (1999) ressalta também que a orientação e a forma da vertente influenciam na umidade do solo e no escoamento de água na superfície.

Assim como Lepsch (2002), Manfredini et ali (2005) ressaltam importância da análise das características morfológicas do solo, tais como: cor, textura, estrutura, porosidade e atividade biológica. A descrição morfológica do

solo permite inferências sobre a pedogênese e o funcionamento da cobertura pedológica.Dessa forma, a descrição morfológica do solo foi feita de maneira criteriosa no levantamento de campo.

Dentre as características morfológicas do solo, a textura, que corresponde a fração silte/argila/areia do solo, é uma das características mais importantes para o desenvolvimento dessa pesquisa, pois esta influencia na circulação de água no solo e afeta a taxa de erosão. Solos com predomínio da fração areia retêm menos água, enquanto que os solos com fração predominante da argila são mais difíceis de serem removidos, pois as argilas retêm maior quantidade de água e são mais suscetíveis a compactação.

A pedologia também é inserida na concepção da interferência do homem no meio ambiente. Goudie (1990) coloca o solo como parte integrante do sistema pois interage com o clima, vegetação, materiais da superfície, corpos d'água e organismos vivos. Sendo assim, o autor propõe um sumário de mudanças que o homem pode causar no solo: alterar a constituição mineral (com fertilizantes, irrigação ou cultivo), altera a topografia, modifica o pedoclima, adiciona ou remove organismos vivos e altera o tempo natural do solo (com adição de materiais ou remoção).

Assim como o relevo, o solo tende a ser muito modificado pelas ações antrópicas. Nessa condição poderia ser classificado como "metapedogênese" segundo Yallon e Yaron (in GOUDIE, 1990). Para os últimos referidos autores há necessidade de sistematizar as ações antrópicas no solo, pois modifica-se as propriedades e os parâmetros do mesmo.

Yallon e Yaron (in GOUDIE, 1990) também ressaltam que é necessário a pesquisa de campo e laboratório para entender as modificações causadas

pelo homem: *“that the effects of man’s economic activities be measured on the soil body in this entirety, and suggest experimental investigations in the field and laboratory to futher this objective.”* (página 66).

Nessa perspectiva, a pesquisa desenvolvida propõe identificar modificações em parâmetros físicos do solo em vertente causados pela utilização para pastagem, mensurando a compactação e a densidade do mesmo.

4.1.3. Metodologia de análise de conteúdo para a pesquisa bibliográfica

O levantamento e busca conceitual da forma erosiva terracete de pisoteio de gado foi elaborada através da metodologia de Bardin (1977), voltada à análise de conteúdo. Para Bardin, o método análise de conteúdo é definido como:

> *“Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo da mensagem, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) desta mensagem.”* (edição de 1977, página 42).

A metodologia da análise de conteúdo foi utilizada para a pesquisa bibliográfica e sistematização do verbete “terracete de pisoteio de gado”. Em virtude da busca conceitual do verbete supracitado ter sido ampla e multilíngüe, foi necessário o uso da metodologia análise de conteúdo, pois tal metodologia é direcionadora e permite obter análises completas e consolidadas.

Quanto ao método na análise de conteúdo usado em pesquisa qualitativa, são utilizadas três etapas cronológicas, a saber: a pré-análise, exploração do material e tratamento dos dados. A pré-análise: fase de organização, período de intuições que tem por objetivo tornar operacionais e sistematizar as idéias iniciais. Este programa, assim estabelecido, deve conduzir a um esquema preciso das operações sucessivas no plano de análise. Pode ser flexível, permitindo a introdução de novos procedimentos durante a análise.

Em continuidade a metodologia de Bardin (1977), a próxima etapa foi a Exploração do material: Fase longa consistindo da codificação do material após a conclusão da pré-análise. Tem a finalidade de analisar todos os dados coletados e diversas fontes trabalhadas anteriormente promovendo uma sistematização de dados orientadores para a pesquisa.

A conclusão da pesquisa bibliográfica na metodologia proposta por Bardin (1977) é o Tratamento dos resultados, a inferência e interpretação: Condensação e relevância das informações obtidas através da análise e codificação. Dessa maneira, os dados coletados devem ser sintetizados e interpretados para que se possa finalizar o objetivo da análise de conteúdo.

4.2. Técnicas de campo e laboratório

Com o objetivo de identificar as perturbações causadas no meio físico pelo pastoreio do gado, foram selecionados, por meio de revisão bibliográfica, técnicas e instrumentos adequados para os objetivos da pesquisa, sendo,

portanto, procedimentos necessários para o levantamento e análise dos parâmetros morfológicos e morfométricos da vertente e, morfológicos e físicos dos sistemas pedológicos.

Para o levantamento morfológico e morfométrico da vertente amostral foi utilizada a técnica do pantômetro (PITTY,1968), instrumento que possibilita o cálculo da declividade da vertente de maneira detalhada (com 1,5m de distância), além de técnicas similares para a microtopografia nos pontos de controle ao longo do perfil.

No que se refere as propriedades físicas do solo foram aplicados, ao longo da vertente selecionada, procedimentos técnicos de avaliação das condições físicas do solo em relação aos parâmetros que são indicadores de degradação do solo e indutores de processos erosivos: densidade e porosidade. Com o objetivo de quantificar a resistência à penetração, foram utilizados dois procedimentos: penetrômetro de bolso e penetrômetro de impacto.

4.2.1. Seleção da vertente amostral

Para a seleção da vertente amostral partiu-se do estudo preliminar para o contexto regional (AB'SABER, 1966 e 1973; BISTRICH, 2001) e do estudo de Soares (2008) que realizou uma cartografia geomorfológica evolutiva na sub-bacia de terceira ordem do rio Jacareí. Além disso, a região é estudada a mais de 10 anos pelo trabalho de campo do curso de hidrografia.

A vertente amostral foi selecionada por sua representatividade no contexto regional e pela observação da evolução da degradação ao longo dos

últimos dez anos na bacia e no vale do rio Jacareí, subsidiado pela descrição e análise de Soares (2008).

A vertente está localizada nas terras da Pousadinha da Fazenda Santa Rita, que mantém seu histórico de ocupação como reflexo das modificações econômicas regionais: as terras da propriedade foram destinadas ao cultivo de café e, posteriormente, para a criação de gado leiteiro com a crise de 1929. A propriedade atualmente é utilizada como hotel fazenda e criadouro de animais, como no caso da vertente selecionada, que é utilizada para a pastagem desde a década de 1970, sendo o seu topo com vegetação secundária. O proprietário consentiu com a pesquisa de campo.

4.2.2. Levantamento morfológico e morfométrico da vertente amostral

Para conduzir o levantamento morfológico e morfométrico, foi utilizado o instrumento pantômetro. A metodologia desse aparelho foi elaborada por Pitty (1968) e descrita com maior detalhe por Coltrinari (1980). Esse instrumento é de fácil confecção e de utilização bastante versátil, aplicando-se a áreas desmatadas ou não, mede a declividade da vertente, o que é possível através de suas hastes móveis e um de transferidor, com intervalos entre as medidas de 1,5m.

Segundo Coltrinari (1980) o pantômetro possibilita gerar numerosos dados relativos a declividade da vertente e, "*permite um levantamento rápido e exato*" (página 8).

O pantômetro é um paralelogramo com hastes de alumínio com junções maleáveis. As hastes verticais são separadas por um comprimento de 1,5m e

em uma das hastes deve ter um transferidor para que seja possível conferir o ângulo de declividade da vertente. Além disso, próximo ao transferidor deve ser colocado um nível com bolha de ar, para que a medição seja correta. Observe o desenho:

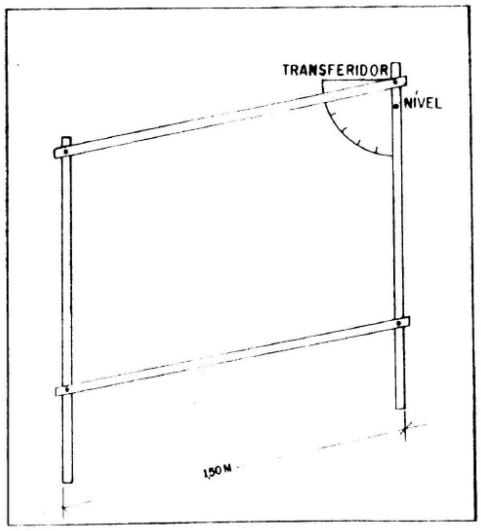


Figura 1: Pantômetro. COLTRINARI (1980), página 6.

O pantômetro utilizado foi confeccionado por GRIGOROWITSCHS, H. em 2009 no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia, FFLCH-USP.

Para iniciar o trabalho com o pantômetro é necessário manter uma linha reta da base ao topo da vertente. Para isso iniciou-se escolhendo o perfil e marcando o azimute de aproximadamente 320°. Foi utilizada uma corda de 10m e estacas para marcar os pontos, portanto a cada 10m era medido o ângulo para ter certeza de manter a reta e a estaca era colocada. Esse procedimento foi feito da base para o topo da vertente.

Foto 1: Implementação do perfil da vertente com estacas e corda.
Autora: Giroldo, L. 2012.

Ao chegar ao topo da vertente, inicia-se a medição com o pantômetro, dessa vez em direção a base. As estacas são direcionais até a base da vertente. A haste do pantômetro, que contém o transferidor, é colocada no ponto inicial no topo da vertente, depois de medir o ângulo no transferidor marca-se o ponto da haste dianteira, em seguida a haste posterior é colocada no lugar da haste dianteira e a nova medição é feita.

Foto 2: Pantômetro na parte superior da vertente.
Autor: Pinheiro, M. 2012.

O procedimento torna-se rápido com a prática, porém podem ocorrer alguns problemas durante as medições. Ocorreram por duas vezes rompimentos abruptos no perfil da vertente, vinculados aos terracetes de pisoteio de gado sendo maior que o comprimento do pantômetro impossibilitando a medição. Foi necessário recuar alguns centímetros (17cm e 23cm) para que o todo o pantômetro estivesse na parte superior do degrau do terracete de pisoteio de gado.

Os dados coletados em campo com o pantômetro foram transferidos para o Autocad para a elaboração do perfil topográfico da vertente e os dados de declividade foram analisados os métodos através de métodos estatísticos.

4.2.3. Seleção dos pontos de controle para parâmetros morfológicos e físicos do solo e microtopografia

Após o levantamento do perfil da vertente e a articulação das informações de morfologia e uso de solo, foram selecionados pontos representativos da vertente com o objetivo de análise morfológica e física de solo, e ensaios de resistência à penetração.

Os pontos de controle foram selecionados pela maior representatividade das características físicas ao longo da vertente e com objetivo de comparação dos parâmetros selecionados em duas utilizações distintas: vegetação secundária, sem pisoteio e, campo antrópico com pisoteio de gado. São três pontos de controle diferentes para a análise, a saber:

- VS: parte superior da vertente (ponto 68) com a cobertura de vegetação secundária;

- PA01: parte superior da vertente (ponto 111) com o uso de solo de pastagem;

- PA02: parte média da vertente (ponto 137), com o uso de solo de pastagem.

4.2.4. Medição morfométrica e morfológica de microforma nos pontos de controle

Complementando a análise morfológica e morfométrica dos pontos de controle, foram elaborados perfis topográficos de detalhe. Para o cálculo de declividade foi necessário a utilização de um clinômetro (no caso dessa pesquisa, associado a bússola geológica) e pedaços de madeira ou réguas duras para servirem de base de apoio para o instrumento. (observe a foto 3).

Foto 3: Bússola geológica com clinômetro. Ponto PA01.

Autor: Mendes, B. 2013.

As bases de apoio eram medidas variáveis (15cm até 70cm), sendo selecionada de acordo com a necessidade do ponto de controle e das formas

de relevo apresentadas. Posteriormente, os perfis forma desenhados o perfil no AutoCad.

As medições da microtopografia possibilitaram a compreensão dos processos erosivos vigentes e as formas geradas por estes.

4.2.5. Análise pedológica

Análise da cobertura pedológica iniciou-se em campo com a descrição das características morfológicas do solo através de técnicas reconhecidas (LEMOS e SANTOS, 1976; MANFREDINI et alii, 2005 e OLIVEIRA, 2011). A descrição foi posteriormente transcrita e analisada.

Além disso, a densidade do solo foi calculada, sendo um importante parâmetro para a análise da degradação física do solo, como reflexo da possível compactação gerada pelo gado e a diminuição de porosidade no solo. São dados relevantes, pois as raízes das plantas necessitam do ar e da água para seu desenvolvimento, produção de energia através do oxigênio e absorção de nutrientes em fase líquida (LEPSCH, 2002).

Para a análise do parâmetro densidade foi utilizado o anel volumétrico, o qual foi introduzido no solo e seu material foi coletado. Em laboratório, o solo passou pelo processo secagem em estufa por 24hs em temperatura de e 105°C. Foi possível obtendo a densidade através da medição do volume de cada anel e pesagem do material coletado seco. Foi utilizada a seguinte formula (01):

$$ds = \frac{ms}{V}$$

Onde:

ds: densidade do solo

ms:massa seca

V: volume do anel

Além da coleta com o anel volumétrico, também foram coletadas amostras de cada horizonte de cada perfil para ensaios de granulometria (textura) em laboratório.

A análise textural é importante pois, os minerais constituintes do solo tem diferentes graus de erodibilidade (a força da água para mover um grau de argila é diferente da remoção de um grão de areia) e influenciam na circulação hídrica. Segundo Guerra *in* Guerra e Cunha (2005) a fração areia do solo é facilmente removível, representando maiores índices de erodibilidade, enquanto que a fração argila dificulta a percolação da água.

Os ensaios foram executados no Laboratório de Pedologia DG- USP (Departamento de Geografia da Universidade São Paulo) através de peneiramento e pipetagem, métodos recomendados pela EMBRAPA (1997). A escala de granulometria utilizada foi a adaptada de Wenworh (1992, apud SUGUIU, 1973):

Escala granulométrica	
Tamanho (mm)	**Nomenclatura**
2 à 1	Areia muito grossa
1 à 0,5	Areia grossa
0,5 à 0,250	Areia média
0,250 à 0,125	Areia fina
0,063 à 0,053	Areia muito fina
0,053 à 0,002	Silte
menor que 0,002	Argila

Tabela 2: Escala granulométrica.

No entanto, houve um problema no dispersante de argila utilizado, invalidando a quantidade de argila e silte das amostras. Como complemento da análise, as amostras foram enviadas para o laboratório de análise de solo da ESALQ-USP (Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz da Universidade de São Paulo) na qual a análise foi feita com a quantidade total de areia (0,053 à 2mm), silte (0,002 à 0,053mm) e argila (menor que 0,002), através da utilização do densímetro.

4.2.6 Penetrômetro de impacto

O penetrômetro de impacto foi utilizado com o objetivo de quantificar a resistência à penetração, pois possibilita calcular o grau de compactação do solo, indicado principalmente para áreas agrícolas.

O penetrômetro de impacto é um instrumento amplamente utilizado em pesquisas geomorfológicas e pedológicas, mas também em pesquisas de engenharia agrícola, nas quais ressaltam a importância dos dados obtidos através do uso desse aparelho vinculando-os com a possibilidade de crescimento de raízes de plantas. Segundo Beutler et. ali. (2007), o penetrômetro permite medir a resistência a penetração que reflete de maneira sensível a compactação do solo provocada pelos diferentes usos e manejos do mesmo.

De acordo com Ross et. ali. (2011), o penetrômetro de impacto deve ser utilizado em topo de morro ou ao longo da vertente, com no mínimo três repetições em cada ponto de controle, com distância de impacto de 1,2 metros entre os ensaios.

O aparelho é composto por uma haste de metal com ponta para penetrar no solo. Com a distância de 40cm da haste de metal, é solto um êmbolo de 4kg. A haste é graduada possibilitando mensurar o quanto foi penetrado no solo em cada golpe (observe a figura 2).

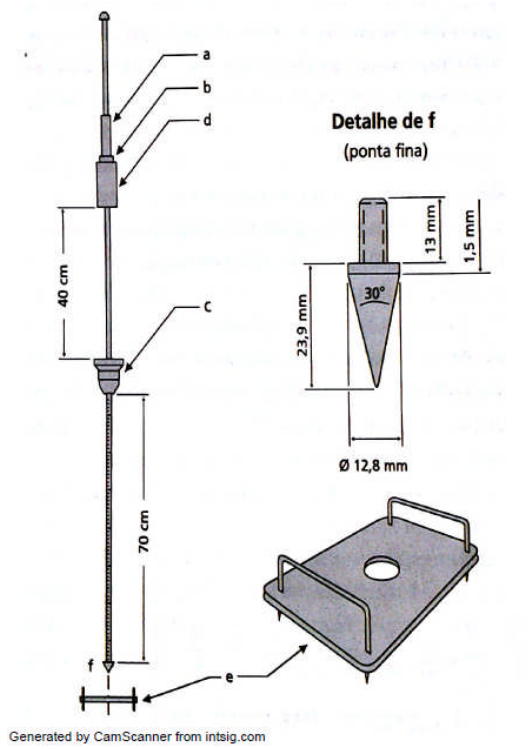


Figura 2: Penetrômetro de impacto. Ross et. ali. (2011).

O instrumento utilizado é penetrômetro de impacto é do modelo do IAA/Planalsucar-Stolf, as medidas são idênticas exceto pela a área da base da ponteira e pelo peso do aparelho sem o êmbolo.

Os ensaios com o penetrômetro foram elaborados durante a estação úmida (fevereiro), com medições em até 40cm de profundidade, mantendo a média das três repetições em cada ponto de controle.

Como penetrômetro de impacto possibilita medir a profundidade de cada golpe, é necessário posteriormente transformar a profundidade coletada em

campo em resistência a penetração através das fórmulas de Stolf (1991) e retrabalhadas por Beutler et. ali. (2007):

Fórmula 2:

$$RP = \frac{Mg + mg + \left(\frac{M}{M+m}\frac{Mgh}{x}\right)}{A}$$

Fórmula 3:

$$x = \frac{10}{N}$$

Onde:

RP: resistência à penetração, kgf/cm²

M: Massa do êmbolo, 4kg

Mg: Massa do êmbolo, 4kgf

m: massa do aparelho sem o êmbolo, 4kg

mg: massa do aparelho sem o êmbolo, 4kgf

h: altura da queda do êmbolo, 40cm

A: área da base do cone, 1,13cm²

N: número de impactos por decímetro de profundidade.

Sendo assim, a fórmula obtida para o penetrômetro utilizado é:

Fórmula 4:

$$RP = 7{,}08 + 7{,}08N$$

Os valores de Resistência à Penetração obtidos em kgf/cm² foram multiplicados por 0,098 para obter o valor em Mpa (BEUTLER et. ali., 2007).

Segundo Cássia et. ali.(2008) , Jesus (2006) e Beutler et. ali. (2007), os valores de resistência a penetração entre 2 à 3Mpa, correspondem a valores limitantes ao crescimento radicular, dificultando ou até mesmo impedindo crescimento das plantas, ampliando assim, a exposição do solo e por conseqüência potencializando a ação de agentes erosivos. Para essa pesquisa foi utilizada como limite de crescimento radicular de 2,5Mpa por maior freqüência em artigos pesquisados, tais como Beutler et. ali. (2007) e Filho et. ail. (2010).

4.2.7. Penetrômetro de bolso

Com o objetivo de quantificar a resistência à penetração, também foi utilizado o penetrômetro de bolso. Esse aparelho pode ser utilizado em cortes e trincheiras, gerando uma comparação entre diferentes profundidades do solo. O penetrômetro de bolso mede a força utilizada para a introdução do cilindro no solo, obtendo o valor em kgf/cm². (observe a foto 3).

Foto 4: Penetrômetro de bolso nos centímetros superiores do solo. Ponto PA02. Autor: Mendes, B. 2013

Para a pesquisa foram feitas cinco repetições a cada 5cm de solo para que fosse possível avaliar a compactação do solo de maneira mais detalhada, sendo necessário utilizar métodos estatísticos para a sua análise.

Assim como o penetrômetro de impacto possibilita associar os valores de resistência a penetração e valores limites para desenvolvimento radicular, o penetrômetro de bolso também o faz. Segundo Bertol et. ali. (2001) o valor limitante para o crescimento radicular, corresponde aos valores superiores à 2,5kgf/cm². Enquanto que Argenton et. ali. (2005) e Jesus (2006), consideram que valores superiores à 2kgf/cm² podendo ser limitantes para o crescimento radicular.

Para a análise dessa pesquisa, utilizou-se o limite de crescimento radicular para penetrômetro de bolso de 2kgf/cm² como verificado nas duas bibliografias mais recentes.

5. Resultados

5.1. Localização e caracterização da área de estudo

A vertente amostral selecionada para a pesquisa pertence a uma das sub-bacias de terceira ordem do rio Jacareí, localizada, em grande parte, na cidade de Joanópolis, ao Norte do estado de São Paulo e com nascente no Sul de Minas Gerais, entre 7469000 e 7462000 de coordenada Sul e 365000 e 371000 de coordenada Oeste. Observe a localização da cidade de Joanópolis no mapa do estado de São Paulo.

Mapa 01: Localização da Área de pesquisa.
Fonte: Google 2013- Map link. Articulação: Giroldo, L.

A área de estudo está inserida em bacia hidrográfica geradora de água para o Sistema Cantareira de Abastecimento. Sua escolha foi baseada em duas pesquisas, a saber: Giroldo (2008) e Soares (2008); e experiências de

trabalho de campo da disciplina Hidrografia do curso de Geografia. A área corresponde ao histórico de uso de terra compatível com os objetivos do mestrado, sendo utilizado por mais de quatro décadas como área de pastagem de gado leiteiro.

Em Giroldo (2008), foi efetuado um mapeamento geomorfológico (metodologia de Ross 1992) para as bacias dos rios Jaguari e Jacareí à montante do reservatório de abastecimento (que recebe o mesmo nome dos rios). Na sub-bacia proposta para pesquisa Giroldo (2008), mapeou 4 padrões de forma semelhante, a saber Da42, Da44, Da34 (na qual o uso de solo adequado é restrito) e Dc23 (local da represa Jaguarí-Jacareí). Posteriormente foi verificado uso de terra como campo antrópico, com a ocorrência da forma erosiva terracete de pisoteio de gado.

Em Soares (2008), foi efetuado um mapa morfológico de detalhe da sub-bacia estudada, assim como mapa de uso de solo. Verificou-se a existência de campo antrópico e degradação no meio físico generalizada, em especial na vertente estudada.

5.1.1. Caracterização da Área de Estudo

5.1.1.1.Ocupação antrópica

A bacia hidrográfica do rio Jacareí está inserida na cidade de Joanópolis, localizada ao norte da capital paulista com cerca de 100Km de distância. O município tem área de 375Km² e possui 11.000 habitantes, sendo que 7.000 vivem na área rural.[1]

[1] Fonte dos dados: IBGE, 2010.

Joanópolis teve início em 1878. Durante as festas de São João decidiu-se pela construção da capela em homenagem ao santo, que passou a ser o nome do povoado: São João do Curralinho (pois o bairro de construção da capela encontrava-se rodeado por 'montanhas', formando um curral de 'montanhas'[2]). São João do Curralinho foi declarado município em 13/08/1885 em virtude da produção cafeeira da região. E seu nome foi alterado para Joanópolis em 18/12/1917.

O desmatamento da vegetação original ocorreu principalmente para a produção de café, que no início do século XIX já dominava a produção agrícola do vale do Paraíba. A paisagem rural foi modificada e a economia fortificada pelos lucros do café: áreas para a plantação, terras batidas e as construções de senzala e casa grande.

Com a quebra da bolsa de Nova York em 1929, a produção cafeeira entra em crise afetando os produtores e gerando depressão economica nas cidades cafeeiras, inclusive na cidade de Joanópolis. No entanto, surge uma nova função econômica para o município: a criação de gado leiteiro, atividade que ocorre até os dias atuais.

Segundo dados do IBGE, o número de cabeças de gado bovino no Estado de São Paulo está em crescimento, obtendo em 2011, 12 milhões cabeças de gado. Ainda segundo o IBGE (censo agropecuário de 2006) em Joanópolis havia 921 hectares de áreas preservadas, 106 hectares de pastagens degradadas e 3728 hectares de pastagens em boas condições. Segundo a nota técnica do IBGE referente ao censo agropecuário de 2006, foi considerada:

[2] Lê-se montanha em nomenclatura popular, não refere-se a ao conteúdo geomorfológico.

*"**Pastagem plantada degradada por manejo inadequado ou por falta de conservação, que se encontrava degradada ou pouco produtiva** – abrangeram as áreas plantadas com espécies vegetais destinadas ao pastoreio dos animais existentes no estabelecimento, nestas condições.*

***Pastagem plantada em boas condições** – compreenderam as áreas plantadas ou em preparo para o plantio de espécies vegetais destinadas ao pastoreio dos animais existentes no estabelecimento, e que não estivessem degradadas, pois recebiam manutenção freqüente. Foram incluídas as pastagens que estavam em processo de recuperação."*[3]

IBGE, 2006. Página. 16.

Durante a década de 1990, a cidade amplia uma nova função econômica: o turismo. Pela proximidade com a capital através da rodovia Fernão Dias (criada em 1961) o turismo de fim de semana cresce, concomitante com as chácaras, hoteís fazenda e o chamado ecoturismo, no entanto, sempre associado a produção agrícola.

Além disso, parte do município pertence à duas APAs (Áreas de Proteção Ambiental), a saber: APA- Sistema Cantareira e APA-Piracicaba/Juqueri Mirim- Área 2. A primeira APA citada foi criada em 1998, enquanto que a segunda, apesar de criada em 1991, não é regulamentada e não tem conselho gestor.

Sistema Cantareira

A sub-bacia estudada, pertence o sistema cantareira de abastecimento. A construção do Sistema Cantareira é reflexo da história do crescimento urbano na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). O processo de

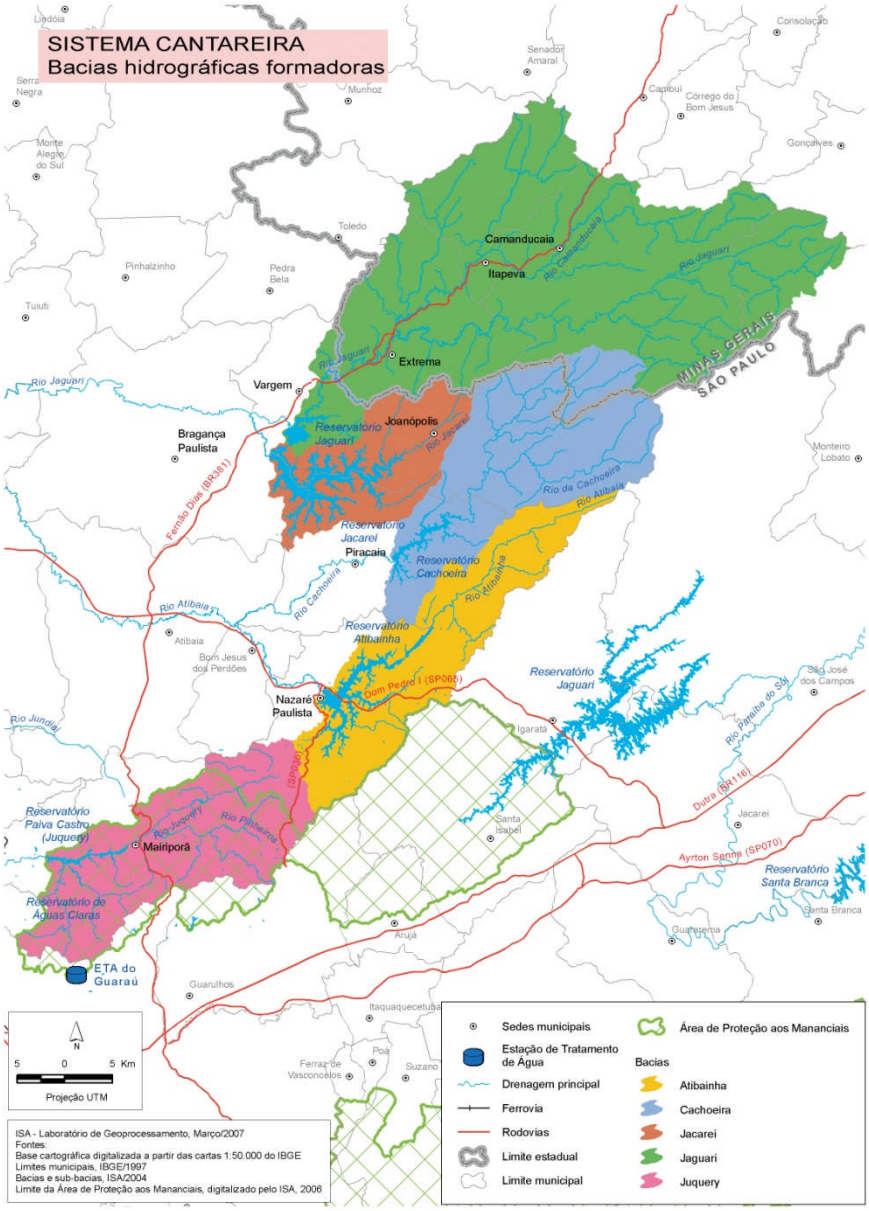
[3] Grifo nosso.

expansão urbana foi intenso e por vezes desordenado, comprometendo a utilização dos recursos naturais, dentre eles, a água.

A tendência geral, de queda na disponibilidade hídrica e risco para a sustentação do crescimento industrial e populacional da RMSP, obrigou a criação de políticas e ações para o investimento em sistemas de tratamento avançado para transformar água de qualidade inferior em água potável, assim como importação de água por outras bacias hidrográficas, como o caso do Sistema Cantareira.

Estudos de aproveitamento dos recursos hídricos do Alto Tietê propiciaram ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) a concepção do Sistema Cantareira, criando novas áreas estratégicas de geração de água para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo, dentre elas as bacias dos rios Jaguari e Jacareí. O projeto do Sistema Cantareira era grande, hoje considerado com um dos maiores do mundo e o maior da América Latina. O total de água captada pelo Sistema Cantareira é de 33m³/s correspondendo à 50% do consumo da RMSP, abastecendo de água de 8,8 milhões de pessoas.

Foram quase duas décadas para o fim da construção do Sistema Cantareira, e sua finalização contém cinco reservatórios produtores de água: Jaguari e Jacareí (interligados); Cachoeira; Atibainha e Juquery (ou Paiva Castro); túneis e canais subterrâneos de interligação e transferência de água de uma represa para outra; a Estação Elevatória de Água de Santa Inês; o reservatório Águas Claras responsável pela regularização da vazão de água; a estação de tratamento de água (ETA) do Guaraú.



Mapa 2: Sistema Cantareira de abastecimento.
Fonte: Instituto SócioAmbiental. 2006.

A construção das barragens para os rios Jaguari e Jacareí (que atualmente correspondem à cerca de 67% de todo o sistema Cantareira), foi finalizada em 1981, sendo os reservatórios interligados, portanto, com funcionamento único.

Para a manutenção desta quantidade de água para abastecimento (33m³/s), o valor captado é próximo do valor da disponibilidade hídrica dos mananciais. A situação dos mananciais é, portanto, frágil e instável,

dependente da regularidade climática (inexitente) e da preservação ods sitemas físicos.O uso de solo inadequado pode prejudicar a circulação hídrica e, portanto, o abastecimento dos reservatórios.

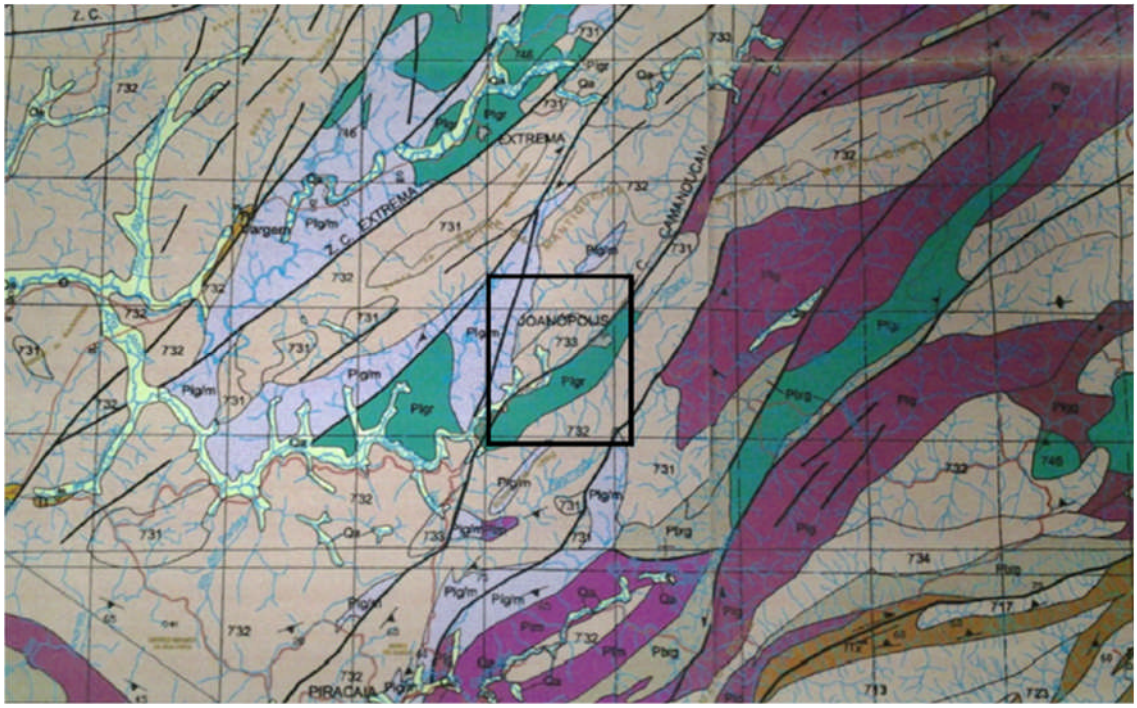
5.1.1.2. Caracaterização do Meio Físico

A bacia hidrográfica do Ribeirão do Jacareí localiza-se no Cinturão Orogênico do Atlântico. Essa unidade abrange a Serra da Mantiqueira, unidade tectônica formada principalmente por eventos que geraram falhamentos e epirogenia. A litologia da Serra da Mantiqueira é significativamente diversa com metamorfismo regional associado a corpos ígneos intrusivos destacando-se a presença de gnaisse, migmatitos e granitos (BISTRICHI, 2001).

Foto 5: Afloramento de gnaisse.
Autor: Giroldo, L. 2012.

Segundo Almeida (1974) a Serra da Mantiqueira corresponde uma área de conjunto de escarpas elevadas e morros mais ou menos isolados, com rochas de variáveis resistências à erosão.

A caracterização geológica baseou-se principalmente nos estudos Bistrich (2001), o qual afirma que a constituição litológica da área é de 90% de rochas pré-cambrianas seguidas por rochas fanerozóicas em bacias sedimentares de pequenas proporções. Trata-se de uma área de litologia complexa pela superposição de eventos geológicos. É comum a presença de zonas de cisalhamentos com orientação NE-SW, formadas principalmente por rochas cambrianas complexas.



Mapa 3: Fragmento do mapa Geológico de Bistrichi (2001).
Org: Giroldo, 2011.

Legenda:

- Localização aproximada da área de estudo.

Pl- Complexo Piracaia. Neoproterozóico- Paleoproterozóico.

Plg/m – gnaisse e migmatitos

Plgr – ortognaisse com intercalações de metassedimentos.

γ 32 – Ordoviciano-Cambriano. Rochas graníticas e granitóides indiferenciado. Suíte de Bragança Paulista.

Qa – Quaternário. Depósitos aluvionares recentes: cascalho, areias e argilas, subordinadamente turfas.

No mapa geológico efetuado por Bistrich (2001), a bacia hidrográfica do rio Jacareí (observe o excerto da carta a seguir) é composta por terrenos de

rochas com três datações diferentes: Complexo Piracaia do proterozóico (cerca de 2 bilhões de anos); Suíte de Bragança Paulista do Ordoviciano – Cambriano (entre 500 e 570 milhões de anos) e Depósitos aluvionares do Quaternário (aproximadamente 15 mil anos).

Segundo Ab'Saber (1966 e 1973) a área da bacia localiza-se na área de Marres de Morros, em que é a a área de mais profunda decomposição de rochas e máxima mamelonização do Brasil. Essa área é condicionada por quatro variáveis distintas, a saber: variáveis tectônicas (escarpas de falha, linha de falha e fraturas), variáveis litológicas (mosaicos particulares de fraturas), variáveis de resistência a erosão das rochas (presença irregular de tipos de rochas diferentes) e variáveis de penetração e expansão do aplainamento intermontano moderno (aplainações neogênicas nas periferias da margem do cristalino).

Ainda segundo Ab'Saber (1973), os rios regionais podem apresentar canais meândricos em alguns trechos, angulosidade e alguns cotovelos, evidenciando a influência da litologia e da tectonia. Bistrichi (2001), completa a interpretação da rede hidrográfica afirmando que os rios de ordem inferior teriam o traçado da drenagem diretamente condicionado pela estrutura, mas o mesmo não aconteceria com os rios de maior hierarquia, que apesar da forma geral adaptar-se as grandes zonas de fraqueza, haveria também uma superposição das estruturas geológicas.

Segundo o mapa geomorfológico do estado de São Paulo, produzido por Ross e Moroz (1997) a sub-bacia localiza-se nos Planalto Atlântico, especificamente no Planalto e Serra da Mantiqueira, cuja a origem (Pré-Cambriano) está ligada a vários ciclos de dobramentos acompanhados de

metamorfismo regionais, falhamentos e intrusões, nas quais ocorreram diversos ciclos de erosão.

Segundo Ross (1992)[4], na sub-bacia do rio Ribeirão do Jacareí, ocorrem quatro padrões de forma semelhante, a saber:

- Dc23 (local da represa Jaguarí-Jacareí): área denudacional de topo convexo, em que o grau de entalhamento dos vales é fraco (variando de 20m à 40m) e a distância interfluvial média é média (variando de 750m à 1750m);

- Da42: área denudacional com topo aguçado, em que o grau de entalhamento dos vales é forte (variando de 80m à 160m) e a distância interfluvial média é baixa (variando de 1750m à 3750m);

- Da44: área denudacional com topo aguçado, em que o grau de entalhamento dos vales é forte (variando de 80m à 160m) e a distância interfluvial média é alta (variando de 250m à 750m);

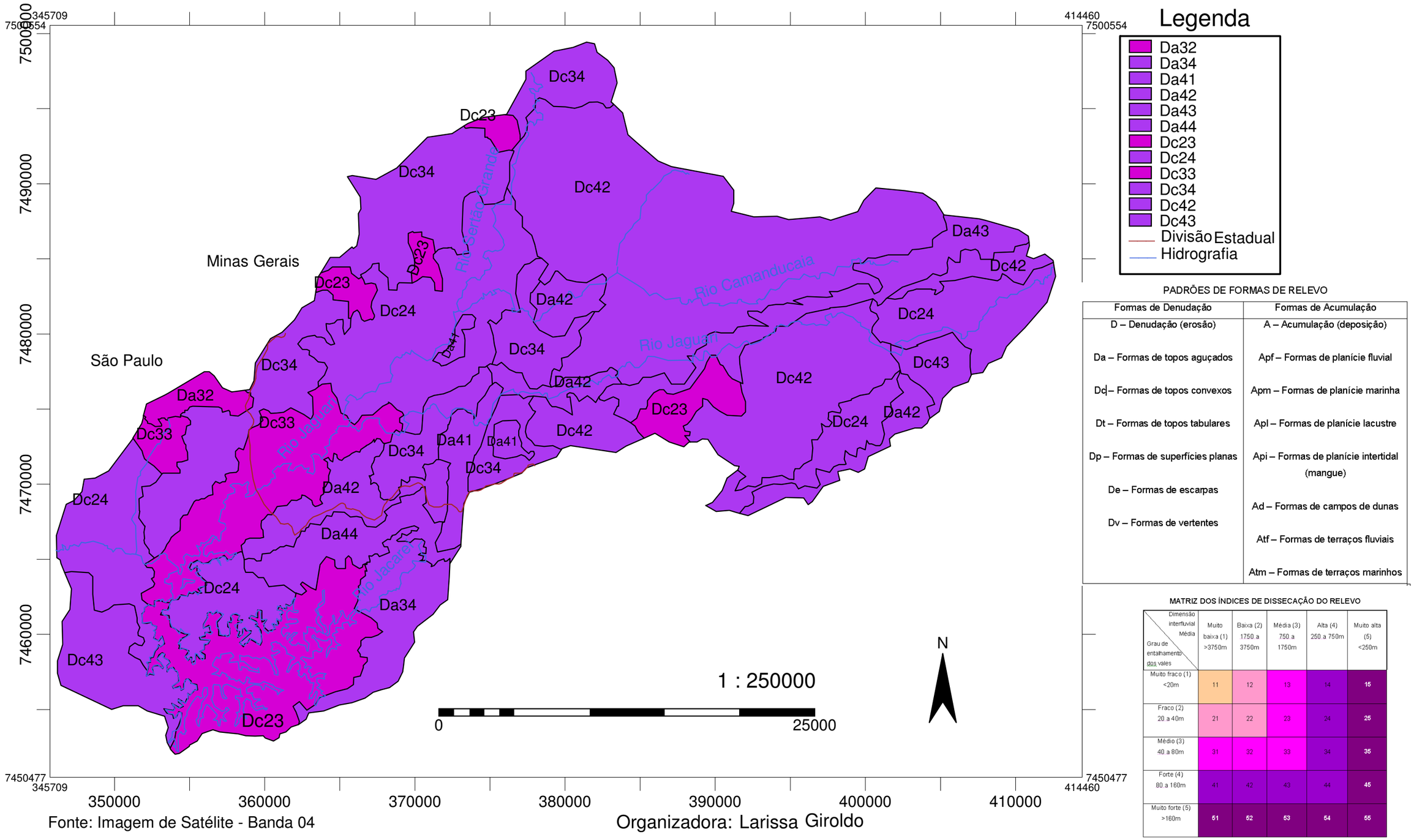
- Da34: área denudacional com topo aguçado, em que o grau de entalhamento dos vales é média (variando de 40m à 80m) e a distância interfluvial média é alta (variando de 250m à 750m).

Nos três últimos casos, o nível de fragilidade do relevo é alto, portanto, o uso de solo adequado é restrito. Observe no mapa 4 demonstra os padrões de formas semelhantes das bacias hidrográficas dos rio Jaguari e Jacareí:

Segundo Soares (2008), a bacia estuda contém topos alongados, pequenas vertentes (de formas variadas e complexas) e presenças de colos nos interfluvio principal. Quanto mais próximo ao reservatório os topos tornam-se arredondados e surgem planícies fluviais.

[4] Segundo mapeamento de Ross 1994 para o estado de São Paulo e retrabalhado por Giroldo, 2008.

Mapa Geomorfológico



PADRÕES DE FORMAS DE RELEVO

Formas de Denudação	Formas de Acumulação
D – Denudação (erosão)	A – Acumulação (deposição)
Da – Formas de topos aguçados	Apf – Formas de planície fluvial
Dc – Formas de topos convexos	Apm – Formas de planície marinha
Dt – Formas de topos tabulares	Apl – Formas de planície lacustre
Dp – Formas de superfícies planas	Api – Formas de planície intertidal (mangue)
De – Formas de escarpas	Ad – Formas de campos de dunas
Dv – Formas de vertentes	Atf – Formas de terraços fluviais
	Atm – Formas de terraços marinhos

MATRIZ DOS ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO

Grau de entalhamento dos vales \ Dimensão interfluvial Média	Muito baixa (1) >3750m	Baixa (2) 1750 a 3750m	Média (3) 750 a 1750m	Alta (4) 250 a 750m	Muito alta (5) <250m
Muito fraco (1) <20m	11	12	13	14	15
Fraco (2) 20 a 40m	21	22	23	24	25
Médio (3) 40 a 80m	31	32	33	34	35
Forte (4) 80 a 160m	41	42	43	44	45
Muito forte (5) >160m	51	52	53	54	55

Fonte: Imagem de Satélite - Banda 04

Organizadora: Larissa Giroldo

No que refere-se a vegetação, Ab'Saber (1973) relata a presença da mata tropical atlântica mas relata também: *"Pouco acima de 1300 metros, começam as florestas transicionais de altitude, as quais nos interfluvios superiores cedem lugar a um enclave paisagístico de bosques de araucárias e pradarias de altitude, em plena área tropical."* (Ab'Saber, 1973, página. 08).

A região esta localizada no Meio Tropical Úmido, no qual tem-se a coexistência de alta temperatura e precipitação, ampliando a ação intempérica e erosiva. Seu clima, segundo a classificação de Koppen é o Cwa, tropical de altitude com verões úmidos e invernos secos.

Escala de detalhe

Ab'Saber (1973), associa o uso da terra com a formas de relevo encontradas, já relata a existência de trilhas de gado, escorregametos e cicatrizes de escorregamentos.

Soares (2008) produziu mapa geomorfológico de detalhe da Sub-bacia do rio Jacareí estudada e as interferências antrópicas nas áreas através de aerofotografias de 1962 e 2003. De acordo com a pesquisa de Soares (2008), em 1962 a ocupação por campo antrópico constituia cerca de 2/3 da área da bacia, verificando que as algumas nascentes já estavam desprotegidas por pastagem, havia poucas estradas, sendo a maioria de terra e poucas áreas edificadas.

Ainda segundo Soares (2008) em 2003, ocorreu aumento da área de vegetação entre o período e 1962 e 2003, principalmente nos topos nas porção Norte da bacia hidrográfica, porém em vertentes de baixa declividade e nas porções Leste e Nordeste (local onde se encontra a vertente estudada) da

bacia hidrográfica houve aumento das pastagens e de terracetes de pisoteio de gado de diferentes amplitudes.

Nesse mesmo período, ocorreu o aumento de maneira generalizada da atividade antrópica e também o aumento das formas erosivas ligadas à estas atividades. Além disso, Soares (2008), afirma que em 2003 é possível verificar a ocorrência de escorregamentos, que ainda não apareciam em 1962.

Foto 8: Vertente e a dinâmica regional.
Fonte: google.maps. Março/2013

Segundo Giroldo (2008), a intervenção antrópica pode gerar formas erosivas diferenciadas e significar diferentes graus de degradação do meio físico. Nas bacias hidrográficas dos rios Jaguari e Jacareí a pesquisa de Giroldo (2008) identificou tipos de feições morfológicas de degradação ao meio físico vinculadas ao pisoteio de gado nas bacias hidrográficas do rio Jacareí e Jaguari.

Dentre as evidências de degradação, teve destaque os terracetes de pisoteio de gado que ocorrem de forma generalizada nos campos antrópicos, sendo possível classificá-los de acordo com a intensidade de degradação ao meio físico.

Além dos terracetes de pisoteio de gado, os cortes de estrada também promoveram sulcos, ravinamentos em locais de baixa declividade e, em alta declividade, sulcos de maneira generalizada e escoregamentos.

A vertente escolhida tem o predomínio de setores retilineos e diversas evidências geomorfológicas de deslocamento de materiais. Foi selecionada por corresponder aos objetivos da pesquisa: sua ocupação ser de pastagem e pelo seu topo ser, em parte, preservado.

A vertente selecionada para a pesquisa, encontram-se, em maioria, os terracetes de pisoteio de gado com grau de perturbação II e III (classificação de grau de perturbação desenvolvida no item 5.2, página 61), esse terracetes de pisoteio de gado apresentam degraus com amplitudes superiores a 40cm, escoamento superficial concentrado acompanhados sulcos.

Em setores específicos da vertente é possível encontrar terracetes de pisoteio de gado com grau de perturbação IV, com maior deslocamento de material e solo exposto de maneira generalizada, presença de feições erosivas pluvias: sulcos de maneira generalizada, ravinas, voçorocas e escorregamentos. Em menor número ocorrem terracetes de pisoteio com grau de perturbação I, no qual o solo somente está exposto no patamar.

Foto 6: Terracete de pisoteio do gado ,grau de perturbação I, com solo exposto somente no caminho do gado.
Autora: Giroldo, L. 2013.

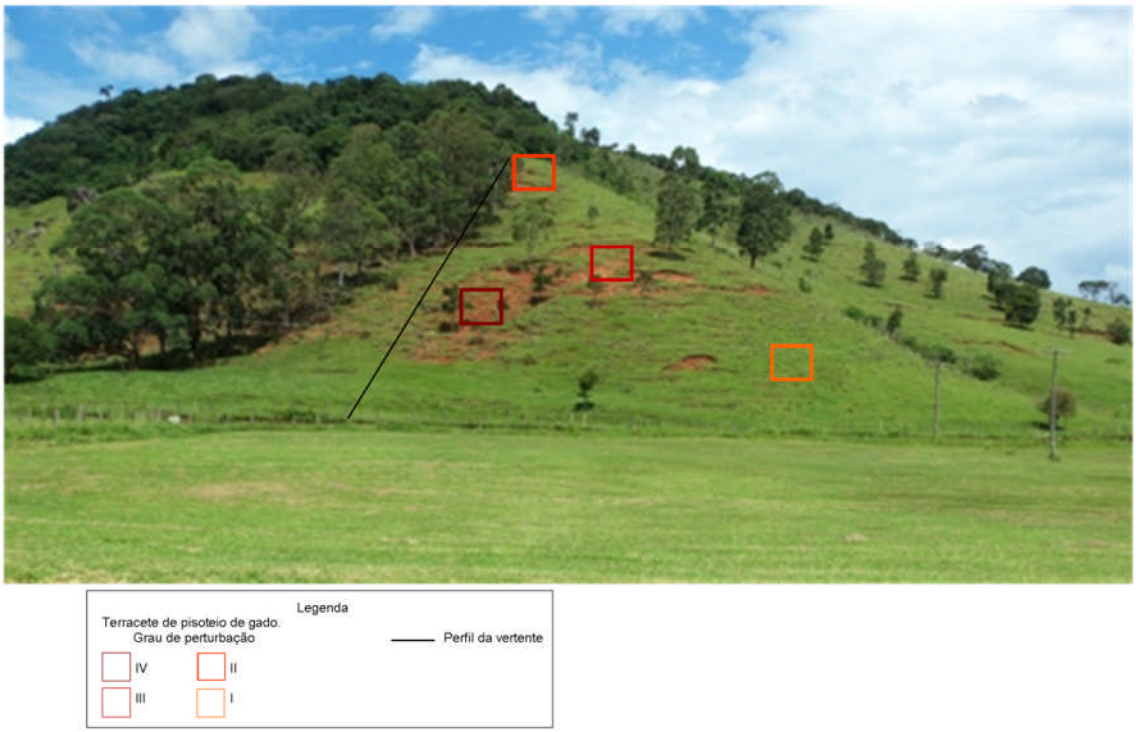
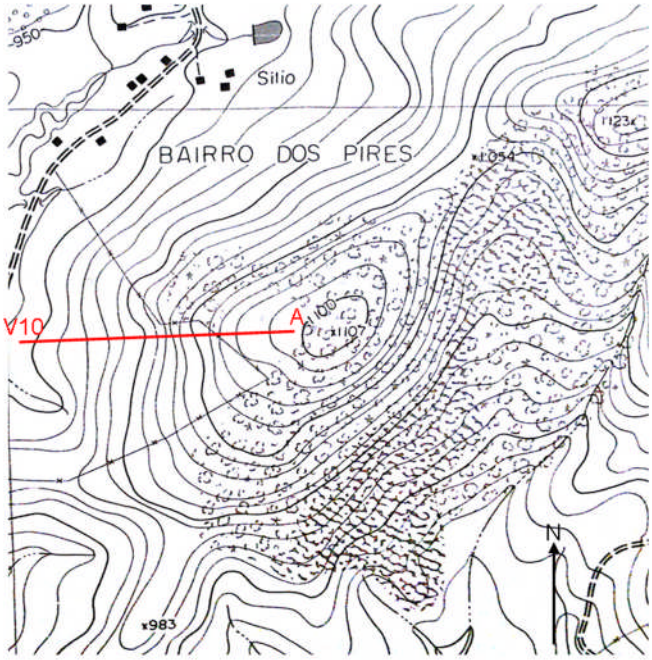


Foto 7: Vertente amostral.
Data: fevereiro/2012.



Mapa 6: Carta topográfica do IGC. Escala original de 1:50000. Destaque em vermelho para o transecto para elaboração do perfil topográfico e análise.

5.2. Pesquisa bibliográfica multilíngüe do verbete "Terracete de pisoteio de Gado"

A pesquisa bibliográfica foi um processo longo e abrangente. Como metodologia utilizou-se Bardin (1977) em que auxilia e sistematiza a analise de conteúdo.

Conforme mencionado anteriormente, Bardim (1977) propõe iniciar a pesquisa através da pré-análise, propondo um plano organizacional. Sendo assim, inicio-se a pesquisa em dicionários especializados em língua portuguesa: dicionários geomorfológicos, geológicos, hidrológicos. E também foram selecionados os livros-texto mais gerais de ciências da terra. Nessa primeira sondagem, os resultados não foram satisfatórios para a definição da

forma erosiva terracete de pisoteio de gado, sendo necessário ampliar o universo de busca.

Ampliou-se a busca em livros-texto geomorfológicos, geológicos e pedológicos em língua portuguesa. O levantamento nesse momento foi abrangente, procurou-se consultar os livros disponíveis nas bibliotecas Florestan Fernandes (biblioteca central da FFLCH-USP) e a biblioteca do IGc (Instituto de Geociências- USP). Nesse estágio da pesquisa foram localizadas outras referências, citações, definições relacionadas ao verbete direta ou indiretamente.

Sendo assim, houve ampliação novamente do universo de busca de duas formas específicas: publicações em revistas acadêmicas (multilíngüe) que foram citadas em bibliografia anteriormente lida e, em livros específicos em língua estrangeira (principalmente geomorfológicos e, secundariamente pedológicos e geológicos).

A língua estrangeira pesquisada em maior quantidade foi o inglês, ocorrido por três fatores: facilidade lingüística, número considerável de artigos e livros de fácil acesso, e o principal, as citações orientadoras eram em maioria norte-americanas e britânicas.

A busca também ocorreu em francês e alemão. Porém nessas línguas foram consultadas somente a bibliografia já citada e, não houve uma busca abrangente.

Além das bibliotecas, a internet também foi fonte de informações. Através dela foi possível localizar bibliografias mais raras, publicações

governamentais (brasileira ou estrangeira) e as páginas eletrônicas específicas de periódicos acadêmicos.

Dentre as páginas específicas dos periódicos acadêmicos, pode-se citar a consulta das revistas: GeoUSP, Revista do Departamento e Revista Brasileira de Geomorfologia, Revista GEOgraphia UFF e Revista Brasileira de Ciências do Solo. Das publicações estrangeiras foram utilizados os periódicos eletrônicos indicados pelo IAG (International Association of Geomorphology), tais como: Geomorphology, Landform Analysis, Cuaternário y geomorfologia, North-West Science e Landform analysis.

Na seqüência metodológica de Bardin (1977), ocorreu com maior ênfase a exploração do material localizado, com a finalidade de analisar o que foi selecionado. Essa etapa ocorreu simultaneamente a pré-análise, isso porque a análise previa de um documento gera novas propostas de busca.

A terceira etapa para Bardin (1977) é o tratamento dos dados coletados. Nessa etapa foi necessário algumas releituras, tentativas de organização do conteúdo; por fim, categorizar os resultados obtidos e interpretá-los.

Resultados

O primeiro ponto a ser destacado é a variedade de nomes e significados associados à palavra “terracete” em outra línguas. Em inglês, localizou-se artigos e livros em que a feição “terracete” é vinculada à ação climática em área periglacial, completamente desvinculada ao “terracete” que se propõe a pesquisar.

Outro questionamento é a variação dos nomes para referir-se à mesma forma erosiva. Em alemão a única definição encontrada foi "*viehtreppen"* (escada de gado). Em francês foram localizadas duas nomenclaturas *"senters"* (trilhas) e *"pieds de vaches"* (pés de vaca).[5]

O maior número de achados do verbete "terracete de pisoteio de gado" foram em língua inglesa, tanto em artigos norte- americanos como em artigos britânicos. Nessa língua, houve uma grande variação de nomenclatura para a mesma forma erosiva. Encontrou-se com maior freqüência o termo *terracette* como variação de feição produzida por gado ou ovelha (esta em maior quantidade); os termos localizados nessa variação foram[6]: *cattles-paths* (caminhos de vaca), *cattles-track* (trilhas de vacas), *cattle-tramping e cattles-walks* (caminhada de vaca), *sheeps-paths* (caminhos de ovelha), *sheeps-tracks* (trilhas de ovelhas) *e sheep-walks* (caminhada de ovelhas). Observe a síntese na tabela a seguir:

Língua	**Denominação**
Português	Terracetes de pisoteio de gado/ trilhas de gado
Inglês	Terracettes/ cattles-paths/ cattles-tracks/ cattle- trampling/ cattles-walks
Francês	senters/ pieds de vaches
Alemão	Viehtreppen

Tabela 3: Denominações de Terracete de pisoteio.

Autora: Giroldo, L. 2011.

[5] Línguas com pesquisa menos abrangente.
[6] Citados em ordem alfabética, não em ordem de freqüência.

Buscando uma definição, selecionou-se uma referência considerada mais completa, Fairbridge (1968). O autor buscou uma sistematização completa do termo terracete, o classificando por suas origens distintas, a saber: por tectonismo, por escorregamento, por solifluxão, por ablação, pela pressão exercida pelo gelo em climas periglaciais e glaciais e pela ação de animais (cattle tracks e sheep tracks).

Ao definir o terracete causado por pastoreio de animais, Fairbrigde (1968) ressalta a ação dos animais como agentes modificadores do relevo, descrevendo que o terracete de pisoteio de gado é uma feição de relevo caracterizada por degraus na vertente, tanto paralelos quanto anastomosados formados pela constante caminhada de animais. Isso pode ser observado no trecho a seguir:

> *"In soft wet turf on steep slopes, the Sharp hooves of both cattle and sheep can cut the surface mat of grass. Constant trampling along the same tracks gradually establishes well-marked, walkways, sometimes parallel to the slopes, sometimes anastomosing (...) not to be confused with most of the solifluction and landslip terracetes. The essential criterion is that they are tracks (...)" (página 1145).*

Complementando a definição de FAIRBRIDGE (1968), ALLABY e ALLABY (1991) definem como:

> *"Terracete (sheep-walk). A small-scale land-form consisting of a long, narrow, stepped feature developed in unconsolidated material mantling a steep hillslope. It may result from slight slippage in material standing at an angle too great for stability."* (página 371).

Os autores definem, portanto, o terracete como uma forma de pequena escala ao longo da vertente desenvolvendo degraus em material inconsolidado. Não consta a origem dessa forma, e a atuação de animais como agentes geomorfológicos subentende-se pelo segundo nome do termo (sheep-walk).

A revisão bibliográfica também gerou um novo questionamento, a não unanimidade entre os autores consultados a respeito origem da forma erosiva terracete de pisoteio de gado. Para alguns autores, o terracete está inicialmente ligada ao creeping do solo (SELBY, 1892), para outros foi retratado como escorregamento (SHARPE, 1960 e YOUNG, 1972).

A classificação como escorregamento foi vinculada a pesquisas menos atuais, os autores pesquisados classificavam o escorregamento associado à trilhas de animais: Sharpe (1960) Young (1972), Clowes e Comfort (1987).

O termo creepping (vinculado a forma terracete de pisoteio de gado), entretanto, este foi citado com maior freqüência em artigos recentes. A referência mais utilizada pelos autores foi Selby (1982): *"Terracettes are, perhaps, the most prominent surface features attributed to soil creep. They are interlacing networks of low but long tracks."* (página 121).

A forma erosiva terracete de pisoteio de gado, já é fruto de preocupações governamentais quando é incluída no problema da perda de solo. O departamento de agricultura dos Estados Unidos, preocupado com a conservação de solos, publicou um conjunto de artigos referentes a constituição do solo e seu uso.

Esse conjunto de artigos do governo americano, publicado em 2008, incluia um glossário de termos geomorfológicos e pedológicos no final de cada

publicação. No volume referente á Ilha de Santa Catalina, na Califórnia, o termo terracete também está vinculado ao creeping podendo estar ou não vinculado à atividade agropecuária. Porém, em volumes referentes á Dickenson County e Henry County, na Virginia, ocorreu uma padronização do termo, afirmando-se que o terracete é induzido por gado, conforme a seguir:

> *"terracettes. small, irregular steplike forms on steep hillslopes, especially in pasture, formed by creep or erosion of surficial materials that may be induced or enhanced by trampling of livestock, such as sheep or cattle."*[7] (página 163).

É possível acrescentar ainda, a ocorrência de artigos indicando o gado como um agente erosivo direto como em: IBGE (1973) e Veloso (2002). Evans (1998, apud THOMAZ e DIAS, 2009) afirmam que a pastagem pode gerar 88% a mais de densidade nos horizontes iniciais do solo e diminuir a infiltração em 90%. Além disso, Dias e Griffith (1998), ressaltam que o pastoreio é responsável por 34,5% da degradação de terras no mundo. E especificamente os terracetes, segundo o estudo de Giroldo (2008), em parte da Serra da Mantiqueira podem ter a altura do degrau superior à 1,5m e frequentemente estão a formas erosivas pluviais.

Para a maioria dos autores, o terracete pode ser formado em locais preservados, sem a ocupação humana para a pastagem. Porém esses mesmos autores ressaltam que, uma vez que ocorre o desmatamento e a vertente é destinada ao uso agropecuário, o gado acentua esta forma original

[7] Ver bibliografia. United States Departament of agriculture. Soil survey in Henry County, Virginia. Citação da página 163.

do terracete e facilita a ação de processos erosivos pluviais e eólicos. Dentre esses autores, podemos citar:

a-) SELBY (1982), página 121 e 122:

> *“ Its is evident that many short discontinuous terracettes form beneath Forest by the washing of soil and accumulation of leaf letter behind tree roots. When forest is cleared and the land sown in pasture grasses an incipient terracette pattern is therefore already in place. It is equally clear, however, that animal treading integrates several different kinds of slope irregularities into continuous networks which roughly follow the contours.”*

b-) CLOWES e CONFORT (1987), página 59:

> *“These terracettes rotate about an imaginary point, producing a change in the angle of tilt of the vegetation mat (…) An alternative explanation of the terracettes that occur on slopes of 18º and steepers, is that they are due to the trampling of animals who traverse the slope almost parallel to the contours using these well-defined “paths”.* ***The explanation of these “sheep tracks” probably lies in a combination to the two.”***[8]

c-)SMALL (1997), página 31:

> *“(…) and the grass cover is commonly ruptured, as in the development of terracettes or “sheep-walks”, wich are accentuated by the trampling of animals but are in the first instance undoubtedly a phenomenon of soil creep.”*

Trimble e Mendel (1995) iniciam o artigo argumentando a importância do estudo de biogeomorfologia, principalmente para a questão do gado, pela

[8] Destaque feito pela artigo, não pelo autor.

significativa área ocupada por pastagem nos EUA[9], mas também em diversas partes do mundo. Para os autores portanto, ação do gado e o terracete em si, estão ligados à bioerosão. Além disso, ressaltam que o pisoteio do gado tem sua maior ação nos sistemas de vertentes, e promove um leque de ações diferentes no solo, tais como:

- Cortes na vertente promovendo as trilhas (os autores não utilizam o termo *terracettes* e sim *tracks*);

- Compactação do solo promovida pelo caminhar do gado associado ao peso do mesmo. Para esta medição os autores calculam a "intensidade do pasto", medida por número de animais por meses por hectares. E utilizam também a pressão exercida pelo peso do gado em movimento, pressão esta que pode ser superior á 250KPa[10];

- A compactação do solo gera aumento do escoamento superficial concentrado e diminuição da infiltração;

- O aumento do escoamento superficial aumenta a erosão do solo;

- Diminuição da infiltração diminui o ar e a água no solo para a raiz da planta, dificultando o crescimento das raízes e, portanto da cobertura vegetal;

- Sem a proteção da cobertura vegetal, o solo é mais facilmente exposto à erosão eólica;

- A diminuição da matéria orgânica no solo afeta a pedofauna (sendo que 90% da pedofauna vive nos primeiros 10cm de profundidade).

[9] Relidade dos Estados Unidos, com dados dos censo agropecuário Norte-americano, porém também é realidade brasiliera. De acordo com o censo agropecuário brasileiro de 2006 as áreas de pastagens são superiores á 172000000ha.
[10] KPa é uma unidade de pressão (quilopascal). 1atm equivale à 101,325 kPa.

Assim como Trimble e Mendel (1995), Thomaz e Dias (2009) também classificam os terracetes de pisoteio de gado como uma feição ligada à bioerosão, sendo o efeito mais direto é preocupante do pastoreio. Os autores utilizam a nomenclatura de trilhas na vertente.

Existem publicações que argumentam que a ação do gado no relevo e, portanto, os terracetes de pisoteio de gado, fazem parte de outra corrente metodológica, a saber: a geomorfologia antropogênica. Nessa corrente sabe-se que a sociedade gera modificações no relevo de maneira direta ou indireta.

Nessa perspectiva, Giroldo (2008) afirma que a intervenção antrópica pode gerar formas erosivas diferenciadas e em vários níveis de degradação do meio físico. No caso do caminhar do gado na vertente gera distintos terracetes de pisoteio de acordo com a forma da vertente e a declividade, podendo ser classificado em cinco tipos distintos:

1- Terracetes de pisoteio de gado em áreas convexas da vertente e de declividades de fraca a média, com o espelho de degraus inferiores à 40cm e onde a exposição do solo ocorre somente no caminho do gado;

2- Terracetes de pisoteio de gado em áreas convexas da vertente e de declividades de fraca a média, com o espelho de degraus inferiores à 40cm, com sulcos provenientes de escoamento superficial concentrado expondo o solo não somente no caminho do gado, mas também em partes do espelho do degrau;

3- Terracetes de pisoteio de gado em áreas côncavas da vertente e de declividade de forte a muito forte, onde os espelhos dos degraus podem variar de 0,40m até 1,50m, sendo a exposição do solo somente no caminho do gado;

4- Terracetes de pisoteio de gado em áreas côncavas da vertente e áreas de declividade de forte a muito forte, onde os espelhos dos degraus podem variar de 0,40 até 1,50m e associados a sulcos e início de ravinamento na vertical ampliando a exposição do solo nu;

5- Terracetes de pisoteio de gado em áreas côncavas da vertente e de declividade muito forte, onde o espelho dos degraus podem variar de 0,40 até 1,50m, ocorrendo também ravinas de maneira pontual e sulcos de maneira generalizada.

Após a pesquisa bibliográfica e o levantamento de campo, propõe-se a definição para o verbete “terracete de pisoteio de gado”: forma erosiva de pequena escala gerada e intensificada pelo constante caminhar do gado formando trilhas anastomosadas com diferentes graus de perturbação no sistema vertente. O pisoteio contínuo do gado promove degraus diferentes tamanhos de espelhos nas trilhas que podem variar de 0,3m à 2m, sendo mais proeminentes em maiores declividades e em setores da vertente com a morfologia côncava.

Essa pesquisa tem o aporte conceitual da geomorfologia antropogênica. Nessa perspectiva o terracete de pisoteio de gado é vinculado à ação antrópica indireta, pois o gado originalmente não pertence aquele ecossistema, a paisagem foi modificada pelo homem através do desmatamento e a criação de áreas delimitadas para a pastagem. Nessa nova paisagem formada pela sociedade, o caminhar consecutivo dos animais formam os terracetes de pisoteio de gado, compactando a parte superior do solo e formando degraus ao longo de vertente. Esses degraus são constantemente utilizados pelo gado,

ampliando as perturbações pedológicas e geomorfológicas em diversos graus, a saber:

I- Exposição do solo no patamar do degrau; compactação do solo em horizontes superficiais.

II- Exposição do solo no patamar do degrau e no espelho; compactação do solo nos horizontes superficiais; mudança do escoamento superficial difuso para o escoamento superficial concentrado; presença de feições erosivas pluviais: sulcos de maneira pontual; maior deslocamento de materiais pedológicos.

III- Exposição do solo no patamar do degrau e no espelho; compactação do solo em superfície e em profundidade; mudança do escoamento superficial difuso para o escoamento superficial concentrado; presença de feições erosivas pluviais: sulcos de maneira generalizada, ravinas e voçorocas de maneira pontual; maior deslocamento de materiais removendo a cobertura pedológica e expondo a rocha parental.

IV- Exposição do solo de maneira generalizada na vertente; compactação do solo em superfície e em profundidade; mudança do escoamento superficial difuso para o escoamento superficial concentrado; presença de feições erosivas pluviais: sulcos de maneira generalizada, ravinas e voçorocas; maior deslocamento de materiais removendo a cobertura pedológica e expondo a rocha parental; escorregamentos e sinais de escorregamentos futuros

5.3. Perfil da vertente amostral

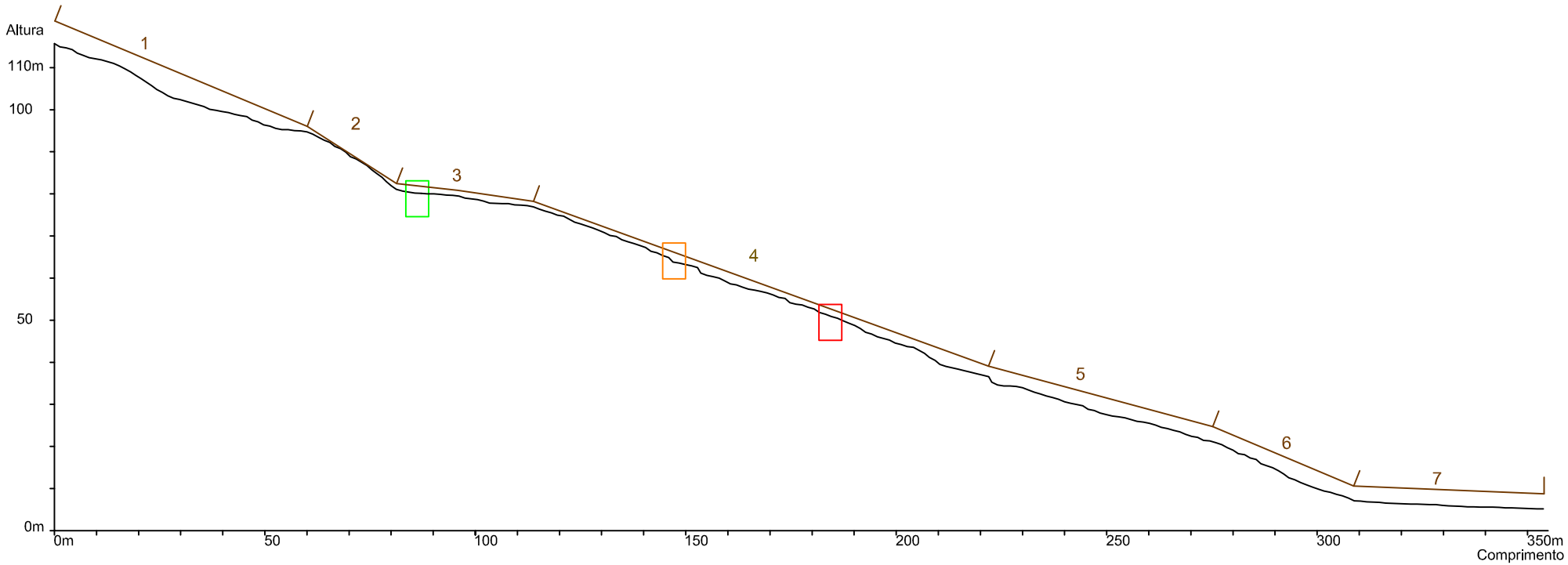
O perfil da vertente foi levantado em campo por meio pantômetro e, posteriormente representado no AutoCAD, como apresentado anteriormente. Observe o perfil I na página, 63.

O sistema vertente tem sua dinâmica de pedogênese e erosão, quanto maior a declividade da vertente, maior será a ação dos processos erosivos. Sendo assim, o cálculo da declividade da vertente é um fator essencial para a compreensão da sua dinâmica.

Foto 8: Solo exposto e terracetes de pisoteio de gado. Destaque para o trecho côncavo da vertente (à direita). O perfil selecionado está representado aproximadamente na foto.
Autora: Giroldo, L. Fevereiro/2013.

A vertente tem o predomínio de segmentos retilíneos, porém a degradação do meio físico é intensa, dificultando a análise da morfologia original do perfil traçado com o pantômetro.

Vertente Amostral
Perfil Topográfico



Legenda

- Ponto Vs
- Ponto PA01
- Ponto PA02
- Setores da vertente

Organizadora: Larissa Giroldo

N

10 0 10 20 30m

1:1468

O perfil apresentou 391,5m de comprimento com a média de declividade de 17,5°, sendo a declividade com maior ocorrência de 15°. A amplitude da declividade da vertente foi alta, 61,5°. O gráfico 2 demonstra a variação de da declividade ao longo da vertente.

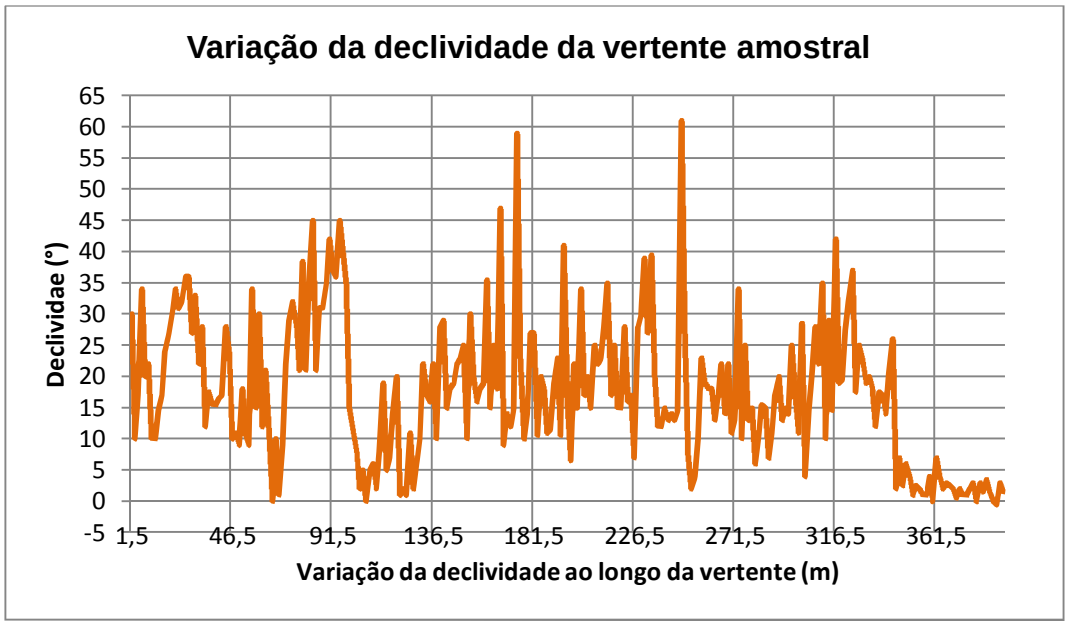
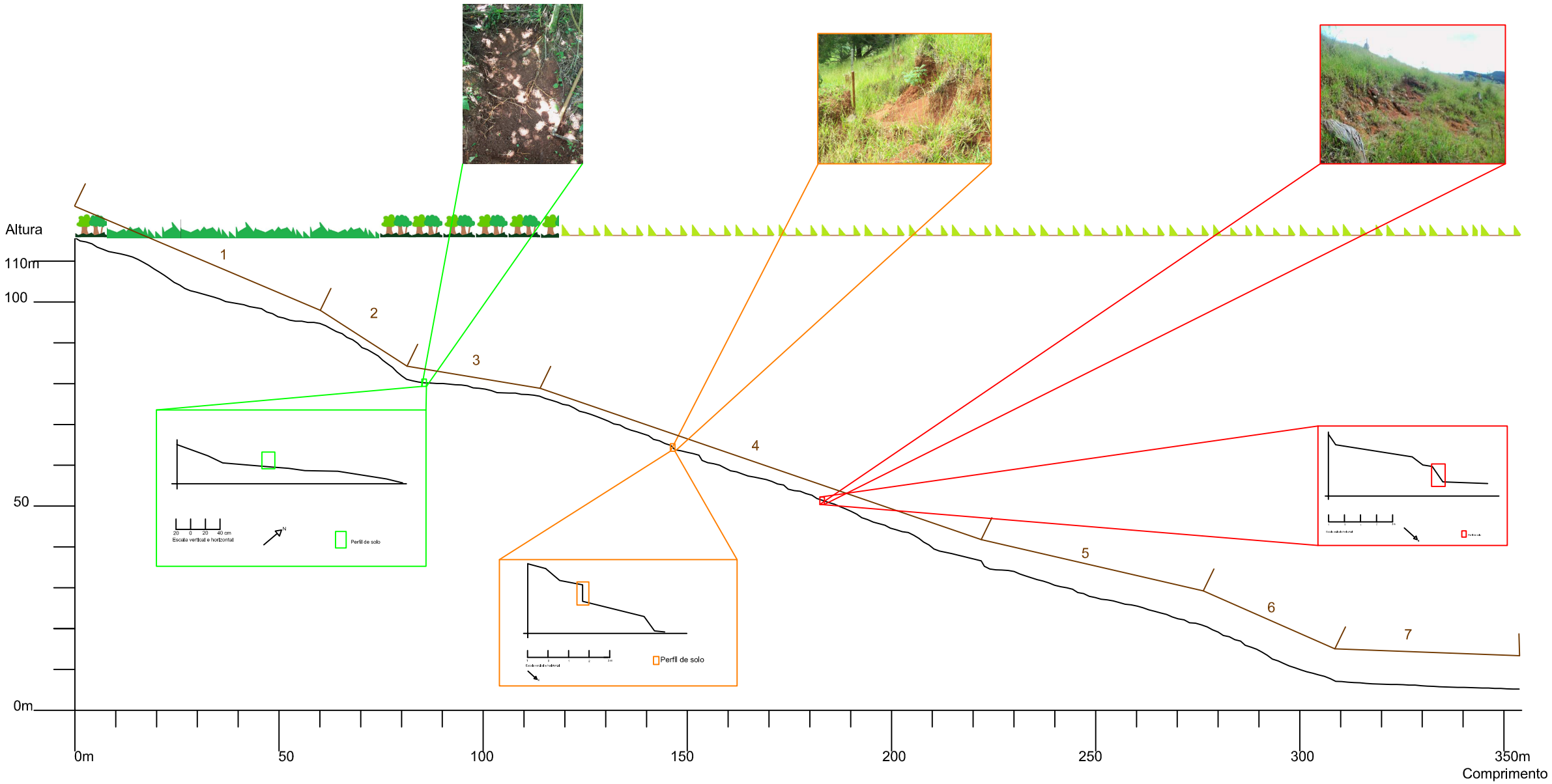


Gráfico 2: Variação de declividade da vertente amostral.
Autora: Giroldo, L.

O topo da vertente tem a vegetação preservada e a jusante é ocupada por pastagem. O trecho sem a intervenção de pisoteio de gado alterna entre vegetação secundária e vegetação rasteira, totalizando 120m dos 391,5m da vertente. Na foto 9, é possível reconhecer o uso de solo, com destaque em vermelho do perfil traçado com o pantômetro. No perfil II é possível verificar o uso de solo, os pontos de controle selecionados e também a delimitação dos trechos da vertente.

Perfil Topográfico da Vertente Amostral
e Uso de terra



Legenda

- Ponto Vs
- Ponto PA01
- Ponto PA02
- Setores da vertente
- Vegetação Secundária
- Vegetação Rasteira
- Pastagem

Organizadora: Larissa Giroldo

N

10 0 10 20 30m

1: 1064

Foto 9: Vertente com o perfil traçado em vermelho.
Fonte: google.maps. Março/2013

É possível notar diferenças morfológicas comparando o trecho da vertente com vegetação secundária e o trecho com pastagem. A montante da vertente, onde ocorre a vegetação secundária, a média de declividade é maior comparada com o trecho com pastagem, sendo 20,6º e 16º, respectivamente. Além disso, o trecho utilizado para a pastagem de 271,5m da vertente, sendo duas vezes maior que o trecho com cobertura de vegetação secundária.

Como observado no perfil topográfico da vertente II, a análise da vertente foi elaborada por trechos que continham declividade semelhante, formulados a partir da análise do perfil em escala 1:1064. Esses segmentos foram numerados em direção a jusante, sendo que os segmentos 1, 2 e 3 correspondem a cobertura vegetal secundária e, os demais segmentos correspondem a área de pastagem.

Apesar do perfil topográfico II apresentar tendências de declividades homogêneas, não demonstra a variação de declividades de cada um dos trechos analisados, sendo possível apenas observá-las no gráfico 3 (variação da declividade da vertente, com a divisão em trechos). Dessa maneira, a

importância de se levantar parâmetros morfológicos em diferentes escalas foi reforçada. Observa-se a variação de declividades (tendências) na escala 1: 1064 do perfil topográfico II e a variação de valores de declividade representados no gráfico 3.

Contemplando a abordagem multiescalar, a análise da morfologia da vertente é concluída com a escala de detalhe, em cada ponto de controle foi elaborado um perfil de declividade com maior detalhe (medições entre 15cm à 70cm) com a utilização da bússola geológica. Além da análise do perfil de cada ponto de controle, há a descrição as formas criadas pelo uso de solo para a pastagem.

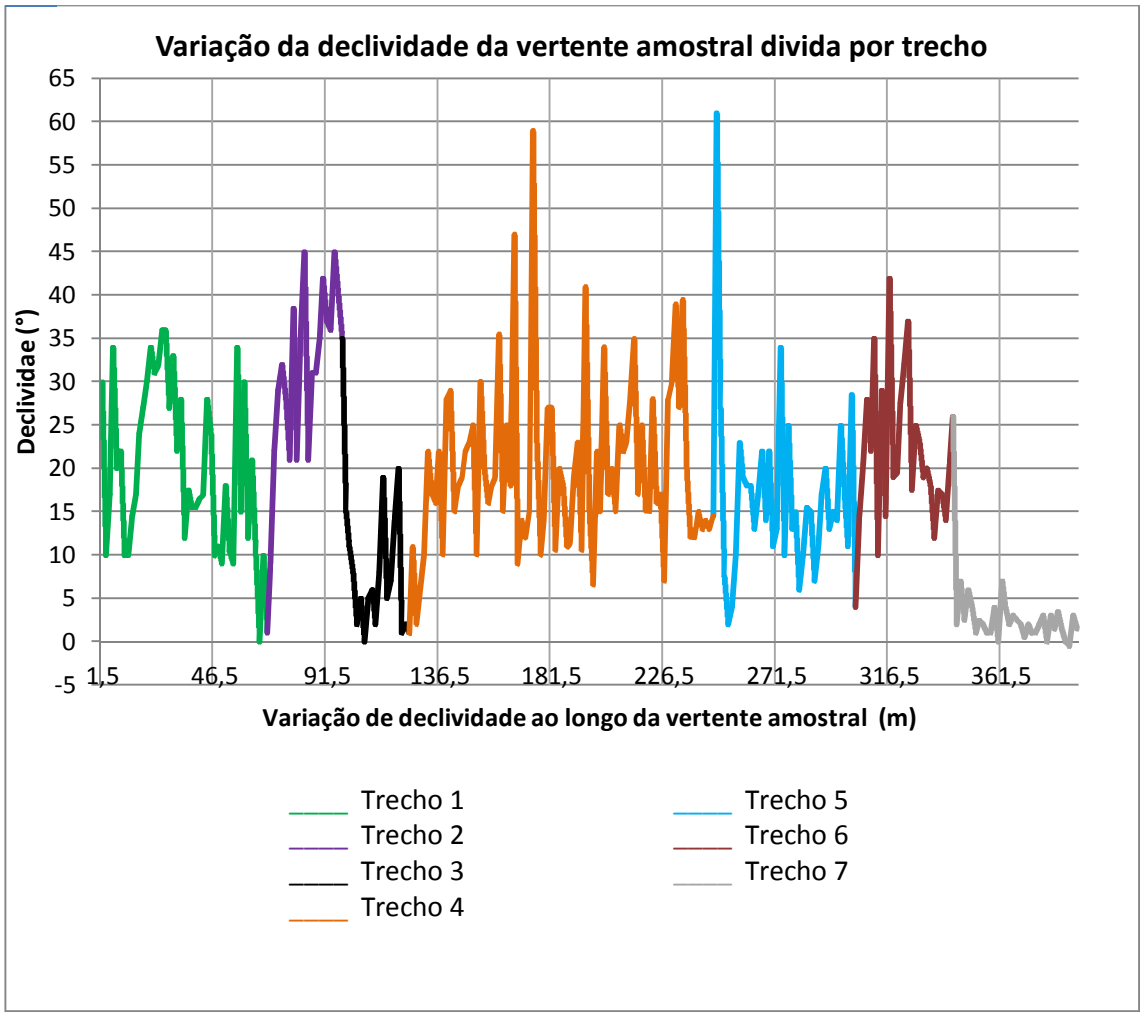


Gráfico 3: Variação da declividade da vertente por trechos.

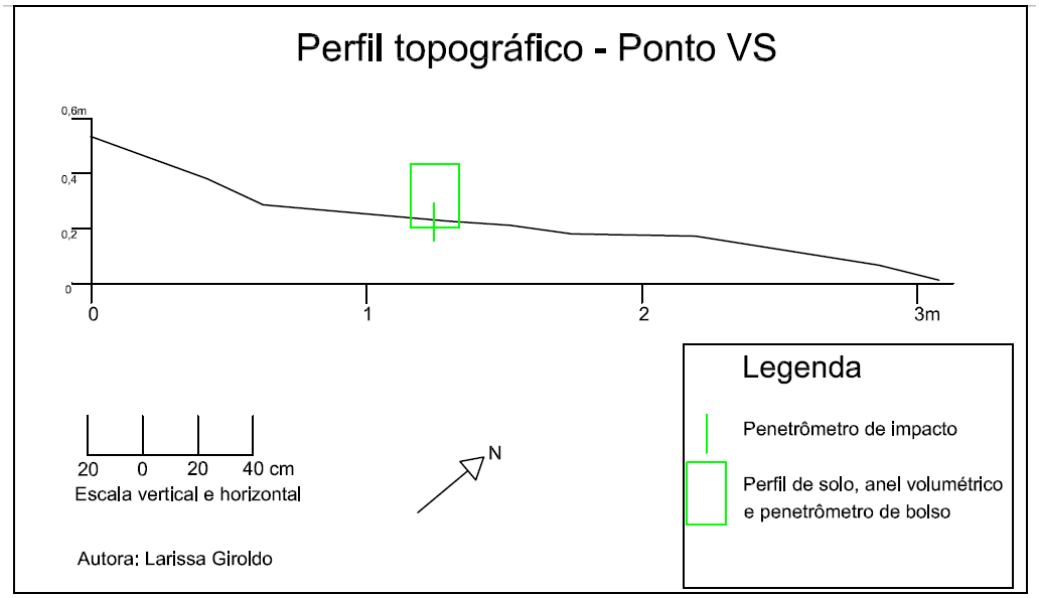
Autora: Giroldo, L.

O trecho 1 da vertente corresponde do topo até 69m à jusante, o valor de declividade mais comum foi de 10º, porém a média foi de 19º. Nesse trecho encontra-se a vegetação secundária arbórea no topo e, depois de 6m inicia-se a vegetação rasteira.

A vegetação rasteira continua nos primeiros 16,5m do trecho 2, enquanto que a vegetação secundária ocupa os 12m seguintes do mesmo trecho. Trata-se do trecho de maiores declividades entre os trechos cobertos por vegetação, sendo encontrada a declividade de até 45º.

O trecho 3 da vertente corresponde á 225m de vegetação secundária e, a jusante, 45m de pastagem, porém a declividade é semelhante independente da ocupação. É o trecho mais plano à montante, incluindo declividade 0º, a declividade com maior ocorrência foi 5º e a média 7º. Nesse trecho foi selecionado o ponto de controle VS para análises pedológicas e morfológicas.

Porém, ainda no trecho 3, havia um anfiteatro ao sul do perfil topográfico com maiores do que as descritas na carta topográfica (página 50), podendo chegar à 75º. Apesar do ponto VS estar próximo a um anfiteatro, o local de análise de solo e ensaios com o penetrômetro era um local plano, com declividade média de 9,7°(nos 3m próximos ao ponto de controle). A parte superior do ponto tem o declive maior, depois mantém-se plana. Observe o perfil topográfico III, em escala de detalhe.



Perfil III: Perfil topográfico do ponto VS.
Autora: Giroldo, L.

O trecho 4 da vertente é o trecho mais longo com 121m ocupado por pastagem, inclui os pontos de controle PA01 e PA02. Na escala do perfil topográfico, 1:1064, o trecho aparenta ter declividade semelhante e ser retilíneo apesar de algumas rupturas. Porém é possível observar pelo gráfico 3, que a declividade média foi de 19º com a amplitude de 57º, demonstrando a grande variação de declividade no trecho. Na distância do pantômetro de 1,5m foi possível localizar declividades de 59°

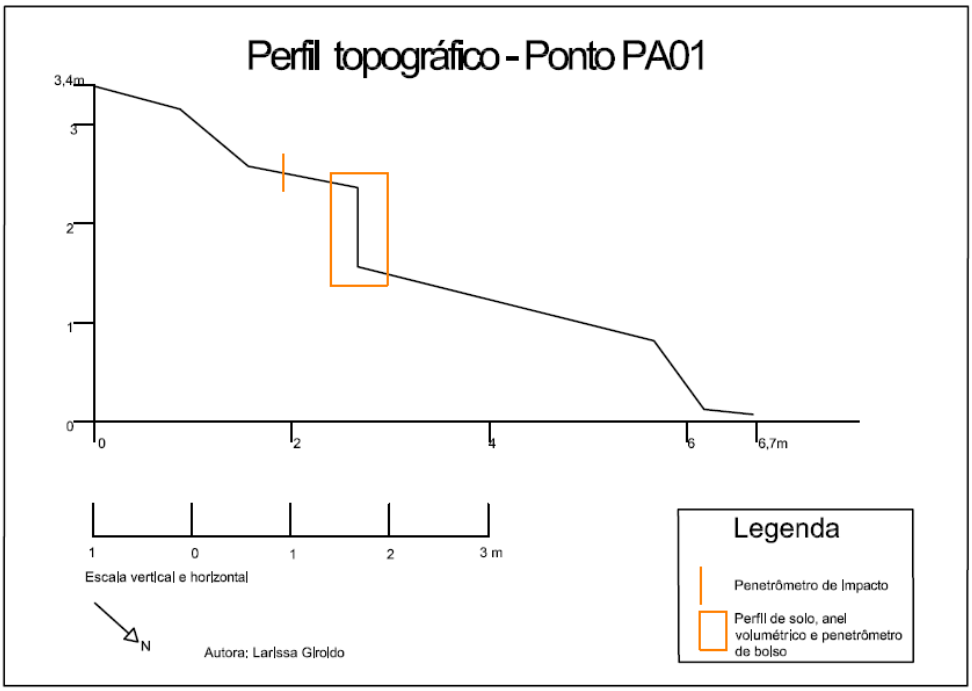
No início do trecho 4 ocorre afloramento rochoso desvinculados aos terracetes de pisoteio de gado. Também ocorrem terracetes de pisoteio de gado com altura de espelho inferior a 0,5m, o solo era exposto no patamar, com os espelhos ainda vegetados, caracterizando o grau I de perturbação no meio físico. Porém o grau I de perturbação é restrito ao início do trecho 4, não sendo freqüente nos demais trechos da vertente.

Foto 10: Terracetes de pisoteio de gado no trecho 4 da vertente com grau de perturbação I.
Autora: Giroldo, L.

A vertente, nesse trecho, alterna entre segmentos côncavos e convexos e é possível observar a maior quantidade de solo exposto vinculados a um intenso e continuo processo erosivo e significativas formas erosivas como sulcos de maneira generalizada, ravinas e, com maior freqüência, trilhas de pisoteio causadas e aproveitadas pelo gado formando os degraus de alturas variadas. Em segmentos côncavos tais formas erosivas são mais freqüentes e de maiores magnitudes do que em segmentos convexos. Além das formas erosivas, ocorre de maneira pontual, o afloramento rochoso no patamar do degrau do terracete de pisoteio de gado.

Foto11: Ravina no trecho 4 vertente.
Autora: Giroldo, L. 2013.

No ponto PA01 (inserido no trecho 4), havia uma ruptura abrupta do relevo vinculada ao terracete de pisoteio de gado de 0,80m. Na parte superior havia pasto, porém tinha solo exposto da parede e no caminho inferior. Tanto a parte superior quanto a inferior desse corte tinham declividade baixa, porém o desnível causado pelo terracete de pisoteio era de 90°. No caso do ponto PA01, a declividade média dos 30m mais próximo do ponto de controle medidos com o pantômetro foi de 22° e, na escala de detalhe com média 32,8° (cálculo elaborado em 8,18m com medições a cada 70cm). Observe o perfil IV, escala de detalhe.



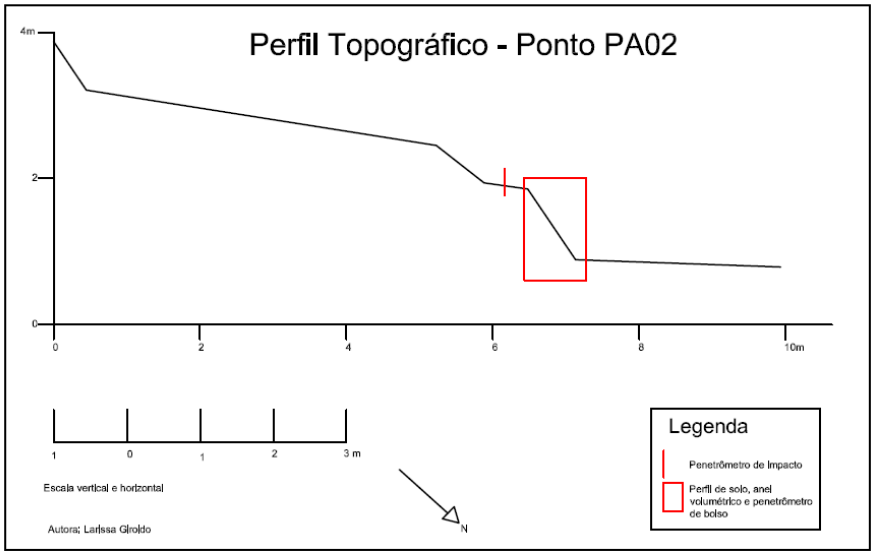
Perfil IV: Perfil topográfico do ponto PA01.

Autora: Giroldo, L.

Do ponto PA01 até o ponto PA02, há sucessivos terracetes de pisoteio de gado de tamanho médio de 0,5m e, também em grande freqüência, desníveis abruptos, com variação de 0,7m a 1,04m. O solo era exposto alterando entre exposição no caminho do gado (patamar) e no espelho do degrau, em algumas ocasiões o solo exposto foi em ambas, e com a ocorrência processos de ravinamento, o qual se insere no grau III de perturbação do meio físico. Novamente, o patamar do degrau torna-se mais plano com 9° á 14°, porém os desníveis ocorrem nos espelhos e 27° a 59°, sendo possível também localizar alguns espelhos de degrau com declividade de até 90º, e o patamar 0º.

Frequentemente os terracetes de pisoteio de gado eram formados com o patamar em afloramento rochoso, demonstrando a remoção de todo o material pedológico do local.

Assim com o ponto PA01, o ponto PA02 também era um desnível abrupto do relevo causado pela pastagem constante de animais. O desnível tem 1,17m, com 56° de inclinação no espelho e plano no patamar. Tanto na parte superior ao ponto como na inferior, há sucessivos terracetes de pisoteio de gado, e evidências de escorregamentos, sendo o grau IV de perturbação do meio físico. O ponto PA02 apresentou a declividade média dos 30m mais próximo do ponto de controle medidos com o pantômetro foi de 20°, e na escala de detalhe a média de 28° (cálculo elaborado em 10,74m, com medidas a cada 70cm). Observe a foto e o perfil V.



Perfil 5: Perfil topográfico do ponto PA02.
Autora: Giroldo, L.

Foto 12: Terracetes de pisoteio de gado associado a escorregamentos, grau 5 de perturbação no meio físico no trecho 4 da vertente.
Autora: Rodrigues, C. 2013.

Os pontos PA01 e PA02 tem declividade média superior ao ponto VS, como a declividade potencializa os processos erosivos na vertente, os pontos PA01 e PA02 estão sujeitas a maior ação erosiva que o ponto VS, estando, portanto, com o balanço morfogenético negativo.

O trecho 5 tem a declividade média menor o que o trecho 4, sendo 16,5º em seus 57m. A variação de declividade é perceptível no gráfico 3, mas também no perfil topográfico no qual alguns dos degraus são visíveis. A primeira ruptura visível no perfil topográfico é uma estrada, os demais são degraus de terracetes de pisoteio de gado.

Assim como o trecho 4, o trecho 5 reflete em sua morfologia o uso do solo para a pastagem. É possível observar diversos degraus de terracetes de pisoteio de gado com diferentes alturas, com espelhos inclinados (até 59º) e patamar do degrau de 2º com afloramento rochoso no patamar do degrau em alguns casos.

Foto 13: Variedade de tipos de terracete de pisoteio de gado no trecho 5 da vertente. Terracete com grau de perturbação II no centro da foto e perturbações III na parte baixa.
Autora: Larissa Giroldo. Fevereiro de 2013.

O trecho 6 tem as declividades maiores em comparação aos demais trechos com uso de solo de pastagem. São 39m em que a declividade média foi de 22º. Associando as declividades altas encontradas, a morfologia côncava desse trecho da vertente e o pisoteio de gado, resultou em no grau IV de perturbação no meio físico, com solo exposto de maneira generalizada, compactação do solo em superfície, sulcos de maneira generalizada, ravinas e afloramento a rocha parental.

Nesse trecho a degradação do meio físico é generalizada, com afloramentos rochosos e evidências de deslocamento de grande quantidade de material. São cerca de 26m de trilhas quase não perceptíveis pela intensa perda de material e solo exposto, com o patamar dos degraus de terracetes de gado ocorrendo nas áreas com afloramento rochoso, caracterizado como grau IV de perturbação do meio físico. O perfil original da vertente foi fortemente alterado dado a intensidade dos processos erosivos.

Foto 14: Solo exposto e ravinamento. Terracetes de pisoteio de gado com grau IV de pertubação no meio físico no trecho 6 da vertente.
Autora: Giroldo, L. 2013.

Tanto no trecho 6, quanto nos trechos 4 e 5, a ocupação para pastagem de gado por mais de quatro décadas gerou o deslocamento de grande quantidade de materiais, além do solo exposto, existem diversas rupturas abruptas (entre 0,7m e 1,5m) relacionadas aos terracetes de pisoteio de gado que ocorrem de forma generalizada na vertente. Essa forma erosiva que é gerada pela pastagem dos animais (que ora criam novos caminhos, ora aproveitam o caminho já criado no relevo) intensifica a compactação facilitando os processos erosivos superficiais, vinculados, principalmente, a transformação do fluxo superficial difuso para o fluxo superficial concentrado.

Os sulcos são as formas erosivas pluviais mais freqüentes, porém há evidências de escorregamentos e a presença de ravinas, demonstrando que a remoção de materiais foi significativa.

Dessa forma, nesses três trechos da vertente, é possível encontrar os terracetes de pisoteio de gado em seus quatro graus de perturbação do meio físico. Embora a maioria dos terracetes de pisoteio de gado da vertente

amostral está associada ao grau de perturbação II e III (com o solo exposto no patamar e no espelho, com a presença de sulcos e, em alguns casos, articulados a ravinas e a afloramento rochoso), não exclui a existência, em menor número de terracetes de pisoteio de grau de perturbação I e IV.

O trecho 7 é o mais próximo da planície fluvial com declividades baixas, a maior declividade medida foi de 7º com a média de 2,3º. Em seus 49,5m de comprimento o trecho apresentou inclusive declividade negativa (-0,5º). Apesar do uso do solo ser pastagem, não apresentou terracetes de pisoteio de gado por ser uma área plana, o que não excluí a compactação do solo gerada pela pastagem.

5.4. Análise dos pontos de controle: morfologia da vertente e análise morfológica e física do solo.

Os pontos de controle foram selecionados de acordo com o uso de solo e sua representatividade morfológica na vertente. Com o intuito de melhorar a análise e visualização dos resultados obtidos, segue uma descrição inicial de cada ponto de controle, fotos e informativo com todos os dados levantados e analisados. Tais resultados serão explicitados individualmente no decorrer desse capítulo.

O ponto de controle VS apresenta vegetação secundária, sem terracetes de pisoteio de gado, localiza-se no trecho 3 da vertente. Em suas proximidades encontra-se um anfiteatro com forte declividade, mas no local de análises, propriamente dito, existe baixa declividade (7º). Devido à presença da vegetação, este ponto encontrava-se úmido e, com a presença de pedofauna,

ou seja, animais de pequeno porte e matéria orgânica em decomposição no solo.

Foto 15: Ponto VS
Autora: Giroldo, L. 2013.

No ponto de controle PA01,o uso de solo era a pastagem, apresentando uma seqüência de terracetes de pisoteio de gado. Na parte inferior deste ponto, ocorrem sulcos de maneira generalizada claramente associados ao pisoteio de gado e consequente ampliação da importância relativa do escoamento superficial concentrado. Também verifica-se morfologia típica de escorregamento rotacional dos materiais tornando o trecho com o perfil antropogênico bastante complexo. Tanto o perfil utilizado para a análise de solo como os ensaios com o penetrômetro de bolso, e do penetrômetro de impacto localizaram-se na coroa do deslizamento.

Foto16: Ponto PA01

Autora: Rodrigues, C. 2013.

O ponto de controle PA02 também é marcado por pastagem, e assim como o PA01 localiza-se no trecho 4. Tanto na parte inferior como na superior desse ponto, ocorrem terracetes de pisoteio de gado. Na parte superior ao ponto PA02 é possível verificar a ocorrência de uma série de deslizamentos

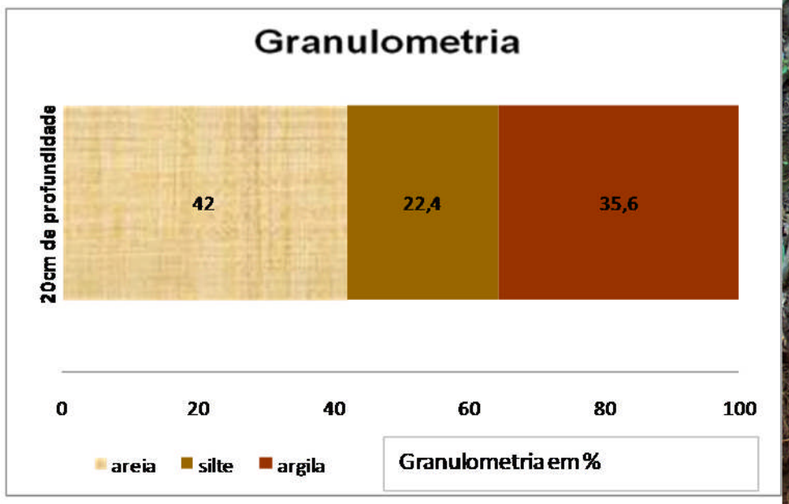
Foto 17: PA02. Parte superior do perfil utilizado para análise.

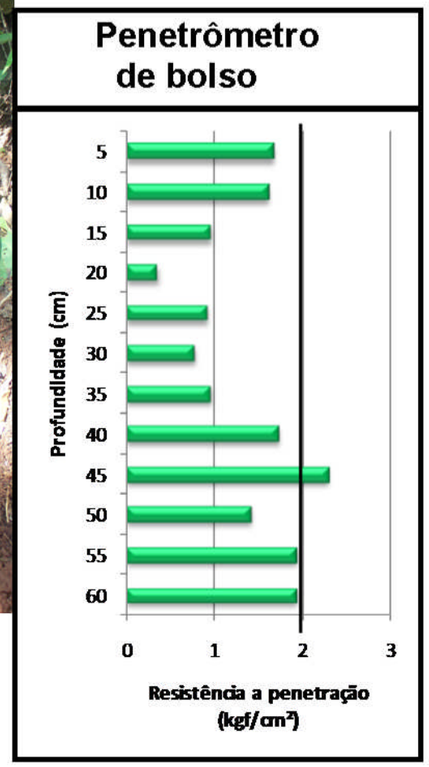
Autora: Giroldo, L. 2013.

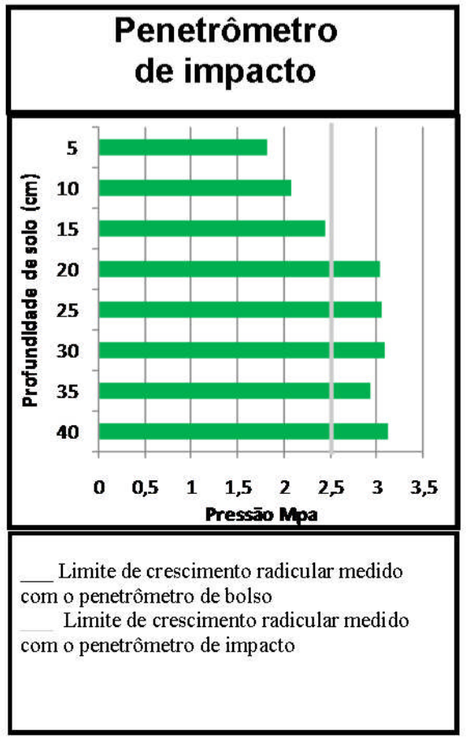
Foto 18: Ponto PA02. Perfil do solo utilizado para análise morfológica e resistência à penetração.

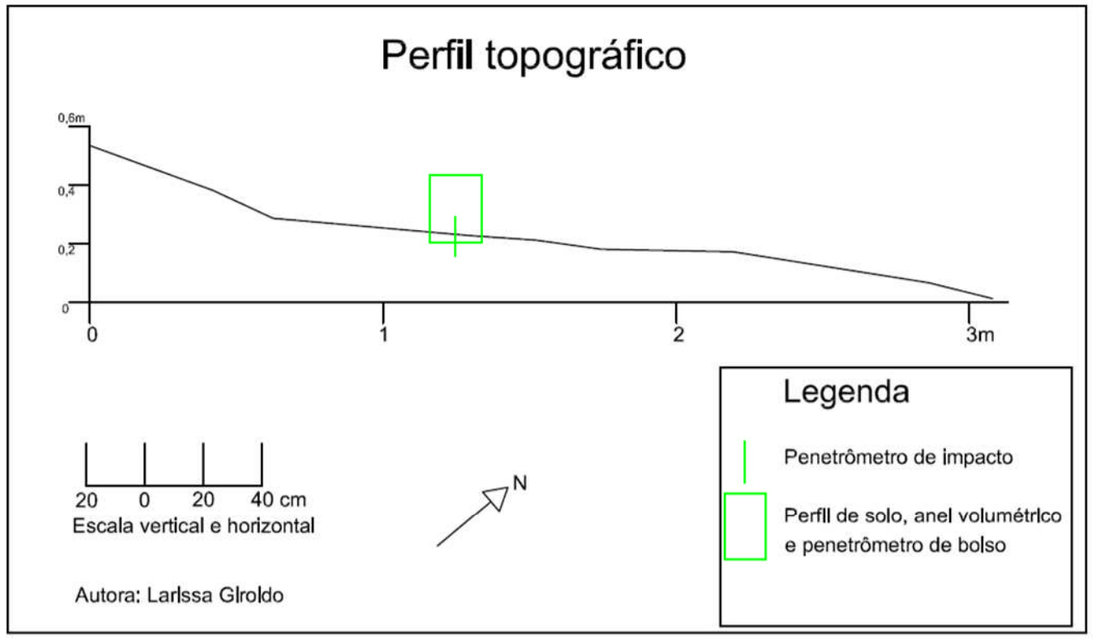
Autora: Giroldo, L. 2013.

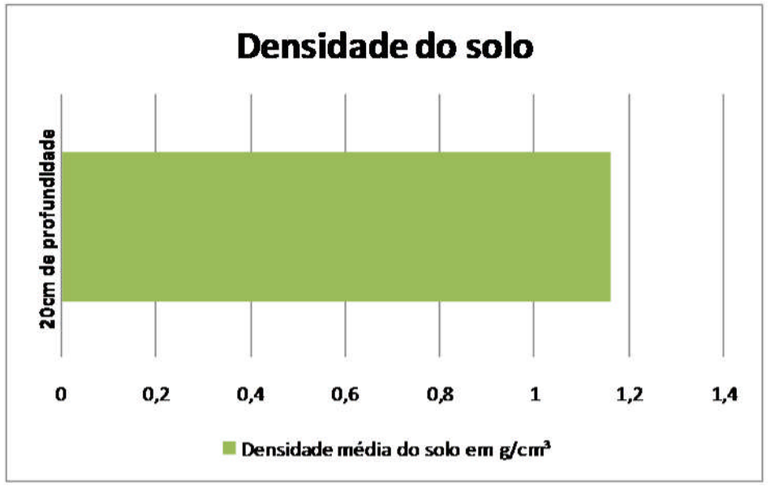
Ponto VS


Granulometria
20cm de profundidade
42
22,4
35,6
0
20
40
60
80
100
areia
silte
argila
Granulometria em %

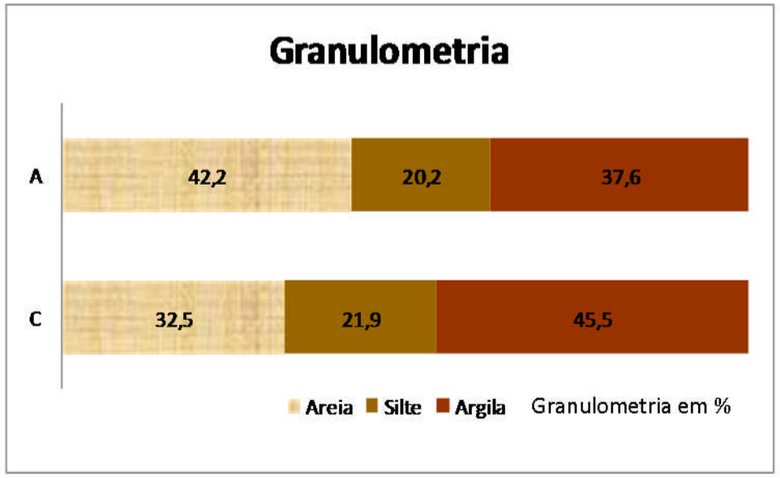

Penetrômetro de bolso
Profundidade (cm)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
0
1
2
3
Resistência a penetração (kgf/cm²)

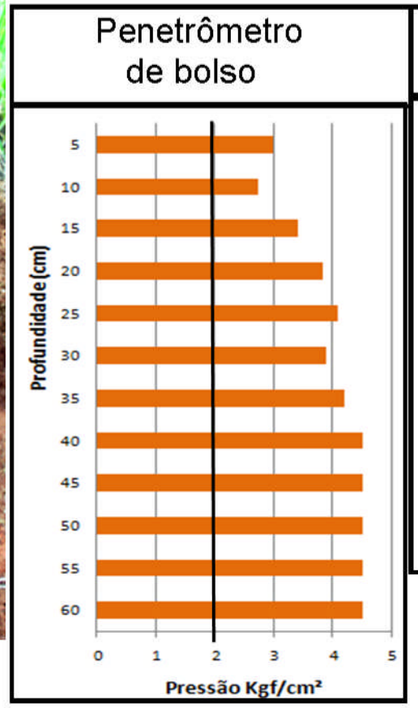

Penetrômetro de impacto
Profundidade de solo (cm)
5
10
15
20
25
30
35
40
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
Pressão Mpa
___ Limite de crescimento radicular medido com o penetrômetro de bolso
___ Limite de crescimento radicular medido com o penetrômetro de impacto

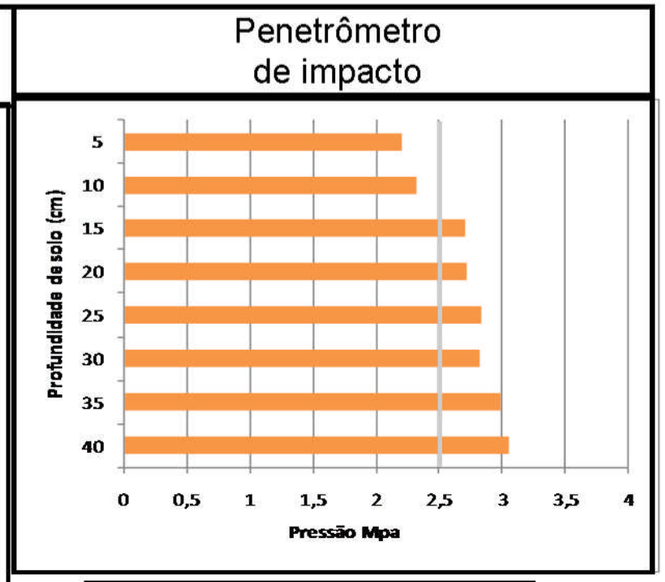

Perfil topográfico
0,6m
0,4
0,2
0
0
1
2
3m
20
0
20
40 cm
Escala vertical e horizontal
N
Legenda
Penetrômetro de impacto
Perfil de solo, anel volumétrico e penetrômetro de bolso
Autora: Larissa Giroldo


Densidade do solo
20cm de profundidade
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
1,4
Densidade média do solo em g/cm³

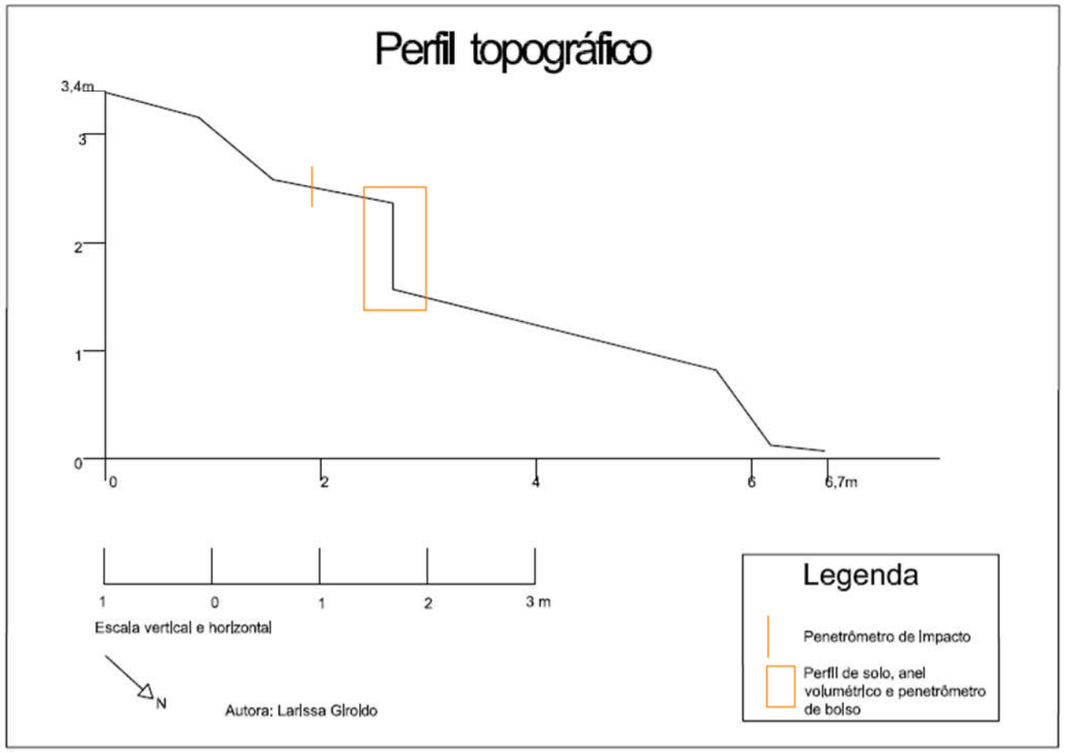
Ponto PA01

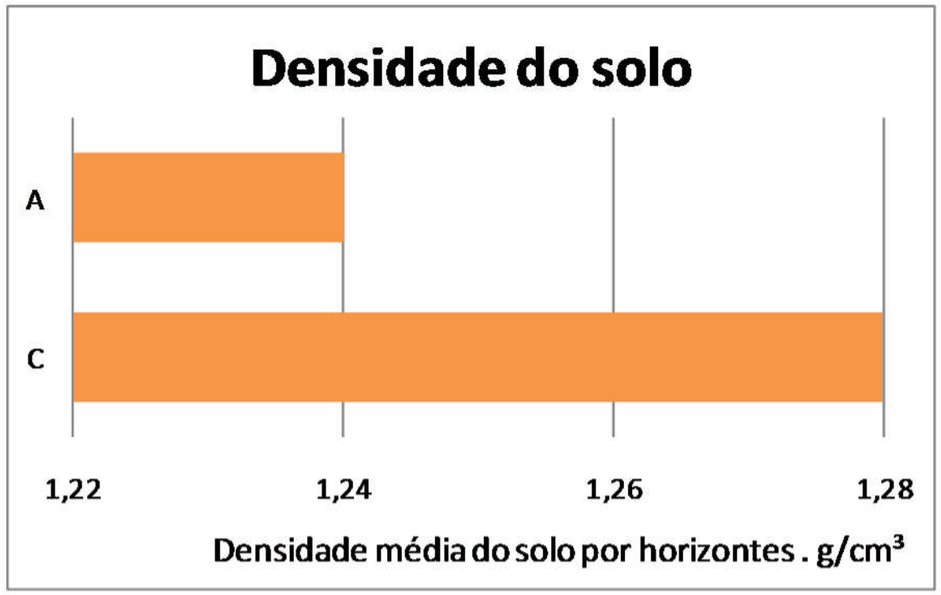




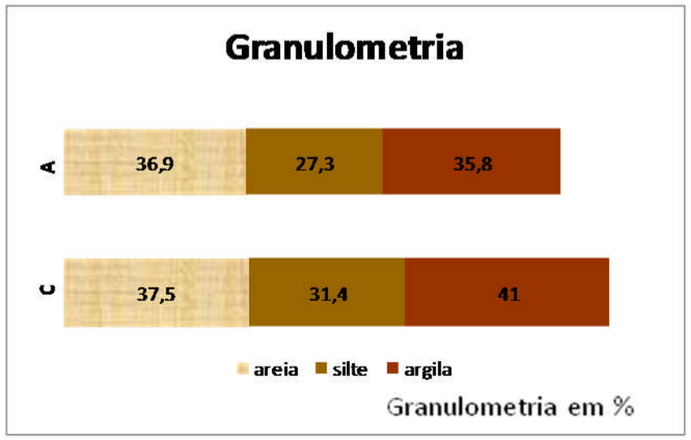


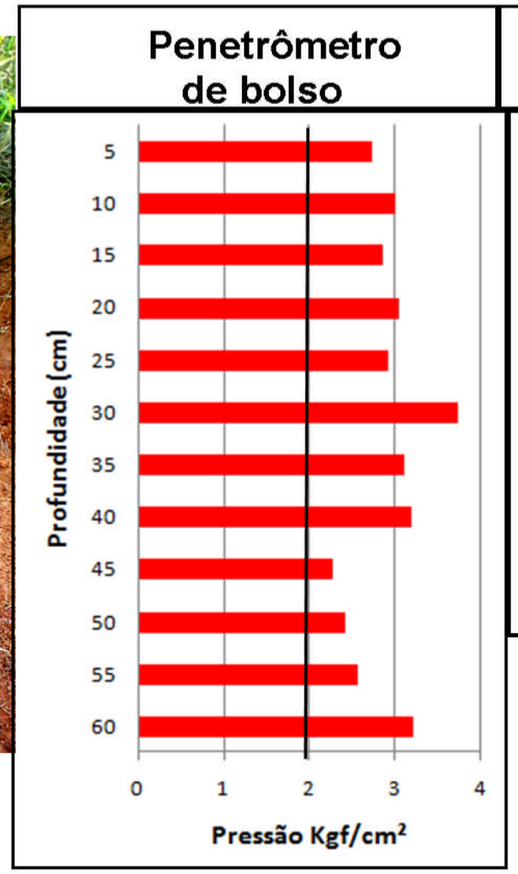
___ Limite de crescimento radicular medido com o penetrômetro de bolso
___ Limite de crescimento radicular medido com o penetrômetro de impacto

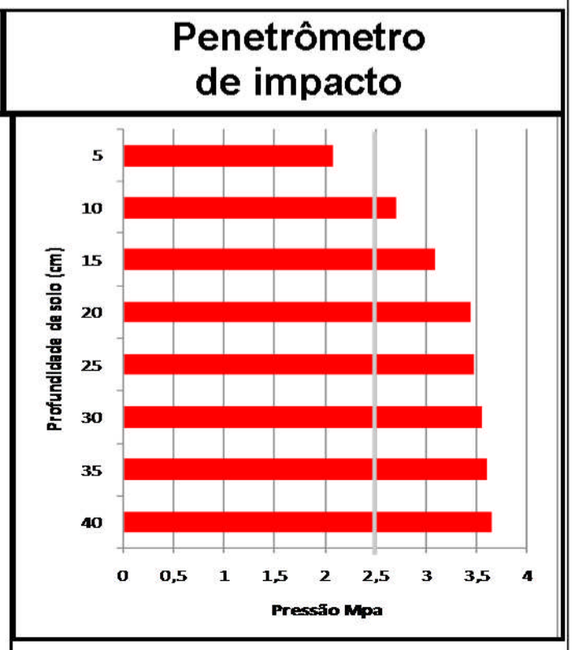




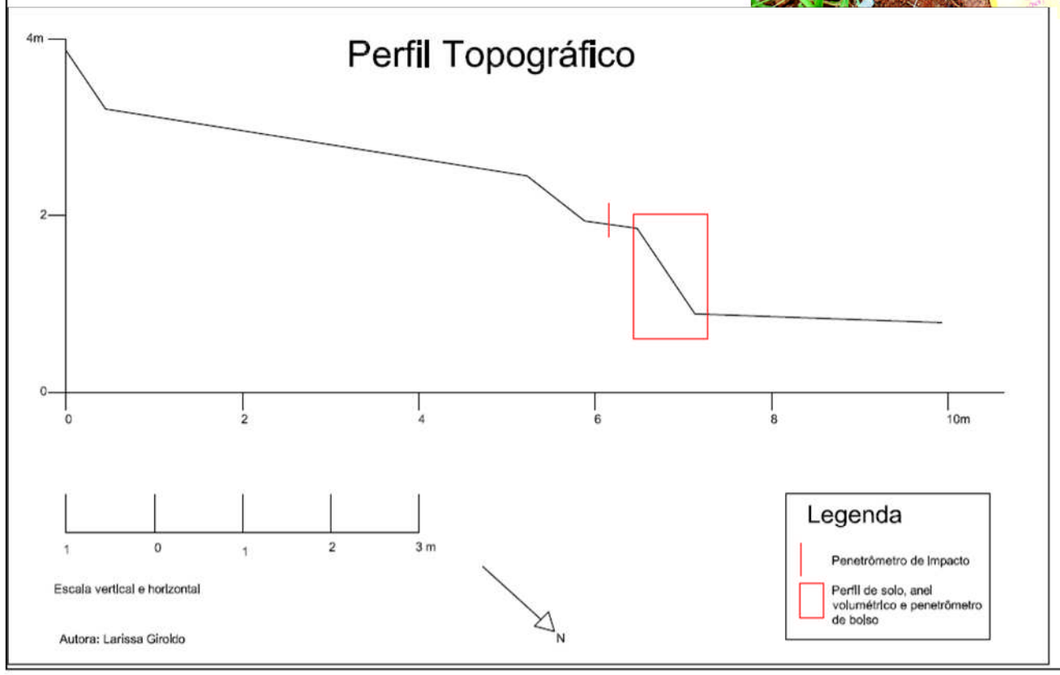
Ponto PA02

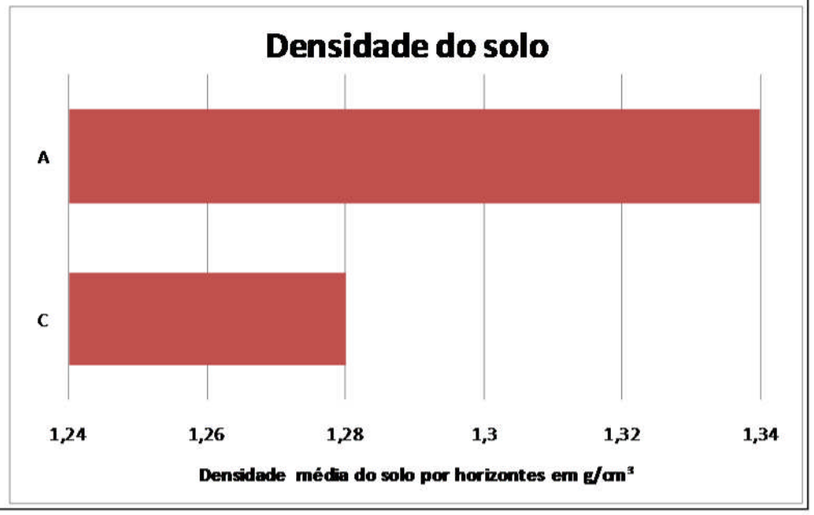






___ Limite de crescimento radicular medido com o penetrômetro de bolso
___ Limite de crescimento radicular medido com o penetrômetro de impacto





5.5. Análise pedológica: descrição morfológica e da densidade média

A análise pedológica inicia-se com a descrição da cobertura pedológica de cada um dos pontos de controle através de análises morfológicas reconhecidas (LEMOS e SANTOS, 1976; MANFREDINI et alii, 2005 e OLIVEIRA, 2011). Todas as análises foram realizadas no período da manhã, com iluminação similar entre elas. Posteriormente, em laboratório, foram analisadas a cor dos horizontes através da tabela Munsell.

No ponto VS, com a cobertura de vegetação secundária, a trincheira foi aberta próxima a um metro de distância do ponto do penetrômetro de impacto. Nesse ponto, com abertura de 60cm de profundidade, não foi possível observar alteração no horizonte do solo, somente um transição bem gradual de um horizonte O com cerca de 5cm de profundidade para o horizonte A. A cor do horizonte A seco é 7,5YR 4/4, brown e, úmido 7,5YR 3/4, darkbrown.

A textura é média, com estrutura granular e angular de aproximadamente 150mm e seu é grau de coesão moderado. A consistência com o solo seco é macia, enquanto que a consistência com o solo úmido é firme. O solo também caracterizado como ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. Não foi encontrado a presença de cimentação. Havia porosidade entre 2 e 3 mm e por toda a extensão do perfil havia raízes e formigas.

No ponto PA01, o perfil analisado foi em um trincheira já aberta pela ocupação do solo por pastagem, na face de um espelho de um degrau de terracete com 69cm de profundidade. Foi possível diferenciar dois horizontes de solo com transição abrupta. O horizonte A com 9cm de profundidade e o C com 60cm.

O horizonte A, tem a cor a seco 7,5YR 4/6, Strong brown e, úmido a cor é 2,5YR 3/4, darkreddishbrown. Havia a presença de mosqueado, pequena, menor que 2% de contraste com cor do fundo difuso. A textura é média e a estrutura de blocos subangulares com a dimensão entre 10 e 15mm. O grau de coesão apresentou-se fraco.

A porosidade no horizonte A é de 1 à 2mm de diâmetro. A cerosidade é forte e a consistência do solo tanto seco quanto úmido é solta, sendo classificado também como ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. Não havia sinais de cimentação, porém, havia raízes finas em toda a extensão do horizonte e formigas.

O horizonte C é classificado com a cor 5YR 5/8, yellowishred quando está seco, e 2,5YR 4/6, red quando está úmido. A presença de mosqueado é comum, de 2% à 20% do perfil, de tamanho médio (variando de 5 à 15mm) com contraste de cor do mosqueado e do fundo distinto. A textura é argilosa, e a estrutura de blocos angulares com a dimensão entre 15 à 20mm. Seu grau de coesão é moderado.

A porosidade era pequena com no máximo 1mm de diâmetro. A cerosidade é forte. A consistência do solo tanto seco quanto úmido é solta. Foi caracterizado como plástico, pegajoso e não cimentado. Até os 30cm de profundidade do solo havia raízes finas e após os 30cm a ocorrência de minhocas.

O Ponto PA02,o perfil analisado também foi em um trincheira já aberta pela erosão e ocupação do solo por pastagem, era um espelho de um degrau de terracete com 95cm de profundidade. Foi possível diferenciar dois

horizontes de solo com a transição abrupta porém pouco nítida. O horizonte A com 7cm de profundidade e o C com 88cm.

O horizonte A seco tem a cor 7,5YR 5/6 strongbrown, e úmido 5YR 4/4 reddishbrown. Não havia a presença de mosqueado. A textura é argilosa e a estrutura granular (esferiodal) de dimensão de 2 à 3mm com o grau de coesão moderado. A porosidade tinha o diâmetro de 1 à 2mm. A cerosidade é moderada.

A consistência do solo seco é solta, e úmido friável. O solo é plástico e ligeiramente pegajoso. Não havia sinais de cimentação. Em toda a extensão do horizonte, havia raízes, formigas e minhocas.

O horizonte C tem a cor à seco 5YR 6/8 reddishyellow, e úmido 2,5YR 4/8 red. Não havia mosquedo. A textura é argilosa e a estrutura de blocos subanagulares com dimensão de 2 à 3mm com o grau de coesão fraco. A porosidade de 2mm em média. A cerosidade é forte.

A consistência do solo seco é solta, e úmida é muito friável. O solo é plástico e ligeiramente pegajoso. Não há indícios de cimentação. Em toda a profundidade do perfil, foram encontradas minhocas e em até 12cm de profundidade do solo raízes finas e formigas.

A descrição morfológica elaborada em campo confere com a descrição em bibliografia analisada anteriormente, na qual refere-se que os solos encontrados no Planalto Atlântico são: cambissolo, litólicos e podzólicos, Ross (1994). Na vertente estudada, o solo descrito nos pontos PA01 e PA02 podem ser classificados como solo litólico, que na nova classificação de solos, recebe

o nome de neossolo: *"constituídos por material orgânico pouco espesso com pequena expressão dos processos pedogenéticos".* [11]

Segundo Prado (1996), o neosolo (solo litólico) apresenta uma sequencia de horizontes A-C-R; A-R ou com horizonte Bi (incipiente). O solo analisado enquadra-se no primeiro caso com horizonte A pouco espesso e a transição direta para o horizonte C.

Ainda segundo Prado (1996), pode-se inferir que o neosolo é granular com estrutura fraca, forte ou moderada, com consistência solta, friável ou muito friável com a presença de A moderado. Características que conferem com a descrita anteriormente.

Outra análise trabalhada foi a granulometria do solo, parâmetro relevante para se reconhecer o grau de erodibilidade do solo. A análise granulométrica foi elaborada por pipetagem no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia (DG-USP) e no Laboratório de Análises de Solo do Departamento da Ciência do solo (ESALG-USP) através do densímetro.

Na primeira análise de solo (DG-USP) foi utilizada a escala granulométrica Wenworh (1992, apud SUGUIU, 1973), a seguir na tabela 4. Porém os dados coletados a respeito da porcentagem de argila e silte foram invalidados por problemas de um novo dispersante utilizado para a análise. Apenas os dados de coletados sobre a porcentagem de areia foram validados nesta primeira análise

[11] Embrapa 1999, página 94.

Escala granulométrica	
Tamanho (mm)	**Nomenclatura**
2 à 1	Areia muito grossa
1 à 0,5	Areia grossa
0,5 à 0,250	Areia média
0,250 à 0,125	Areia fina
0,063 à 0,053	Areia muito fina
0,053 à 0,002	Silte
menor que 0,002	Argila

Tabela 4: Escala granulométrica utilizada no DG-USP com o método de pipetagem.

Na segunda análise, realizada na ESALQ-USP, a escala granulométrica utilizada foi somente para a separação de areia, silte e argila (tabela 5). Não houve a necessidade da repetição das frações de areia, pois na primeira análise constatou-se que a diferença de areia entre os pontos de controle era insignificante.

Escala granulométrica	
Tamanho (mm)	**Nomenclatura**
2 à 0,053	Areia
0,053 à 0,002	Silte
menor que 0,002	Argila

Tabela 5: Escala granulométrica utilizada na ESALQ-USP com o densímetro.

Em todas as amostras ocorreu um predomínio da fração areia muito fina e em menor quantidade a areia muito grossa. O somatório da porcentagem de areia para o primeiro ensaio e o segundo são similares. A amostra feita com o densímetro (segunda amostra) apresentou cerca de 2% a mais de areia total do que a amostra da pipetagem, variação ou erro aceitável.

Como descrito anteriormente, o ponto VS não tinha diferenciação de horizontes, o que justificou uma única medição. Os dois pontos seguintes (PA01 e PA02) tem transição do horizonte A para o horizonte C, contendo duas medições em cada ponto.

Observe as tabelas a seguir (6 e 7) com os resultados das frações granulométricas:

Granulometria	VS	PA01 - Horizonte A	PA01 - Horizonte C	PA02 - Horizonte A	PA02 - Horizonte C
Areia muito grossa %	3,56	5,06	2,88	3,78	2,66
Areia grossa %	8,56	9,92	6,7	8,04	6,92
Areia média %	7,64	7,94	5,6	7,34	5,52
Areia fina %	11,26	10,28	7,66	11,02	7,5
Areia muito fina %	8,54	7,48	6,56	9,2	7,36
Total	39,56	40,68	29,4	39,38	29,96

Tabela 6: Resultados da granulometria em fração areia em procedimento de pipetagem.

Ponto de controle	Horizonte	Areia (total) %	silte %	argila %
VS		42	22,4	35,6
PA01	A	42,2	20,2	37,6
PA01	C	32,5	21,9	45,5
PA02	A	36,9	27,3	35,8
PA02	C	27,5	31,4	41

Tabela 7: resultados da granulometria com areia total em procedimento de densímetro.

De acordo com o triângulo de repartição de classes de textura Embrapa (1997) apud Manfredini et ali (2005), o ponto VS e os horizontes A dos pontos PA01 e PA02 tem a textura caracterizada como média, enquanto que os horizontes C dos pontos PA01 e PA02 tem a textura argilosa.

Com as descrições morfológicas e as análises de solo elaboradas, é possível inferir sobre a erodibilidade do solo. De acordo com Silva (in Guerra, 1999), os solos com consistência solta ou macia (caso dos três pontos de controle da vertente) tem maior suscetibilidade à erosão.

Outro dado interessante é o alto teor de argila encontrado nas amostras, que dificulta de percolação da água, facilitando o escoamento superficial. No caso dos pontos de controle PA01 e PA02, o teor de argila do solo também pode reter maior quantidade de água (dada a dificuldade de percolação) sendo mais suscetíveis à compactação gerada pelo pisoteio do gado, que além de

compactar, retira a cobertura vegetal expondo o solo, potencializam a erosão, encontrando formas erosivas com essa origem ao longo da vertente associados à pequenos sulcos e a formação de ravinas.

Pesquisas demonstram que em solos com maior teor de argila podem ter menor resistência a penetração pela maior retenção de água (Albuquerque et. ali. 2001), porém são mais suscetíveis a compactação por pisoteio requerendo melhor plano de manejo (CASSIA, 2008 página 03) *"O grau de compactação provocado pelo pisoteio bovino é influenciado pela textura do solo, sistema de pastejo, altura de manejo da pastagem".*

Além das análises de solo já explicitadas, também foi utilizado o anel volumétrico. Durante a pesquisa de campo foi introduzido em cada horizonte do solo de cada ponto, um anel volumétrico com o objetivo de quantificar a densidade média e a porosidade do solo.

Após a introdução no solo, o anel é retirado cuidadosamente para que não ocorra perda de material pedológico. Em laboratório, foram calculados os volumes dos anéis, e o material foi retirado do anel, passando por 24h na estufa à 105°C, afim que fosse retirado toda a possível umidade do solo.

Depois do período de 24h na estufa, a amostra de solo foi pesada confrontado esses dados com o volume do seu respectivo anel volumétrico, utilizando a seguinte fórmula 01:

ds=ms/V

Onde:

ds: densidade do solo

ms:massa seca

V: volume do anel

Os resultados podem ser observados na tabela 8 a seguir:

Densidade média do solo		
Ponto	**Horizonte**	**Densidade**
VS		1,16g/cm³
PA01	A	1,24g/cm³
PA01	C	1,28g/cm³
PA02	A	1,34g/cm³
PA02	C	1,28g/cm³

Tabela 8: densidade média dos horizontes do solo.
Autora: Larissa Giroldo.

Como é possível analisar, o ponto VS tem menor densidade média em comparação aos outros pontos de coleta, a diferença variou entre 8g/cm³ e 18g/cm³. A diferença entre o ponto VS e os pontos PA01 e PA02 pode ser explicada pelo uso de solo diferente, promovendo essa variação em dois quesitos: o primeiro pela presença da matéria orgânica, raízes e pedofauna; e o segundo pela compactação gerada pela caminhar do gado.

O ponto VS tem maior quantidade de matéria orgânica no solo, vinculada à presença da vegetação em decomposição, além das raízes, formigas e minhocas. Nos dois outros pontos de controle (PA01 e PA02), também foram encontradas raízes, minhocas e formigas, em número inferior ao ponto VS e a ausência de matéria orgânica em decomposição. As raízes eram menos profundas e mais finas a as formigas observadas foram somente duas ou três, diferente do ponto VS em que as raízes eram longas e grossas e, com a limpeza para a análise da morfologia, apareceram dezenas de saúvas.

Além disso, o pisoteio de gado no solo também promove alterações na densidade média. No ponto VS não existe área de pastagem, enquanto que no

ponto PA01 e PA02, o solo analisado era um corte aberto vinculado ao terracete de pisoteio de gado. O caminhar continuo do gado promove, dentre outras ações, a compactação do solo gerando a diminuição de ar no solo e percolação da água impossibilitando o crescimento das raízes e diminuindo a pedofauna.

5.6. Resistência à penetração: Penetrômetro de impacto

O penetrômetro de impacto foi utilizado nos três pontos de controle: VS, PA01, PA02. Em cada ponto foram realizados três ensaios no mês de fevereiro (período úmido).

O objetivo da análise com o penetrômetro de impacto foi de identificar a resistência à penetração de forma a se chegar em parâmetros importantes dos efeitos do pisoteio ao longo dos perfis, a exemplo da compactação e do limiar de enraizamento. Para isso levantou-se o número de golpes necessários para atingir 40cm, bem como a profundidade atingida em cada golpe. Sendo assim, é mais uma evidência da possível compactação do solo utilizado para a pastagem.

O resultado esperado era que o ponto VS (com vegetação secundária e sem pisoteio) obtivesse a quantidade menor de golpes para atingir 40cm de profundidade. No entanto essa correlação só foi possível comparando o VS, com o ponto PA02. Como é possível observar no gráfico 4, o ponto PA01 necessitou em média o mesmo número de golpes do ponto VS (14 golpes para alcançar 40cm) e o ponto PA02 necessitou de 17 golpes.

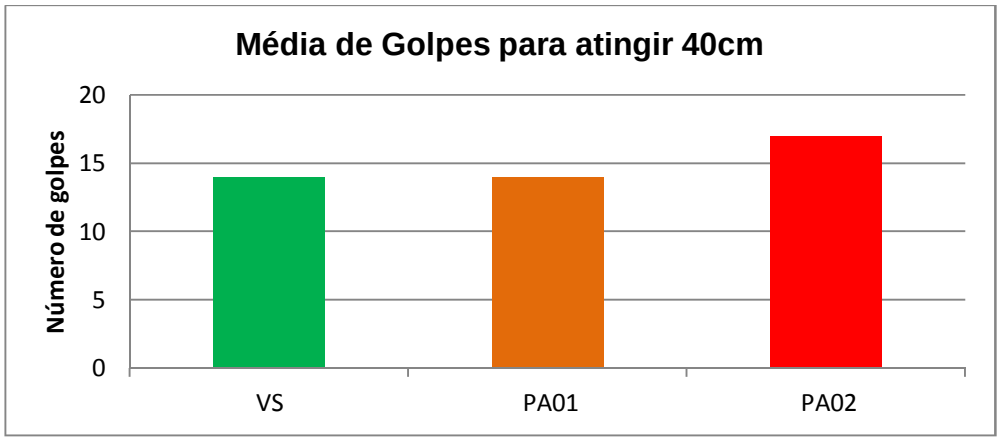


Gráfico 4: Média de golpes necessários para alcançar 40cm de profundidade.
Autora: Giroldo, L.

Outro dado relevante a ser destacado é a profundidade média do primeiro golpe, isso porque a possível compactação gerada pelo caminhar do gado nos patamares dos degraus dos terracetes pisoteio ocorre nos centímetros iniciais do solo (TRIMBLE e MENDEL, 1995; VELOSO, 2002; CASSIA, 2008). Observando o gráfico 5, o ponto VS tem a profundidade maior de penetração (6,5cm) do que o ponto PA02 (5cm). No entanto o ponto PA01, foge à regra, alcançando no primeiro golpe, a profundidade média de 8,5cm.

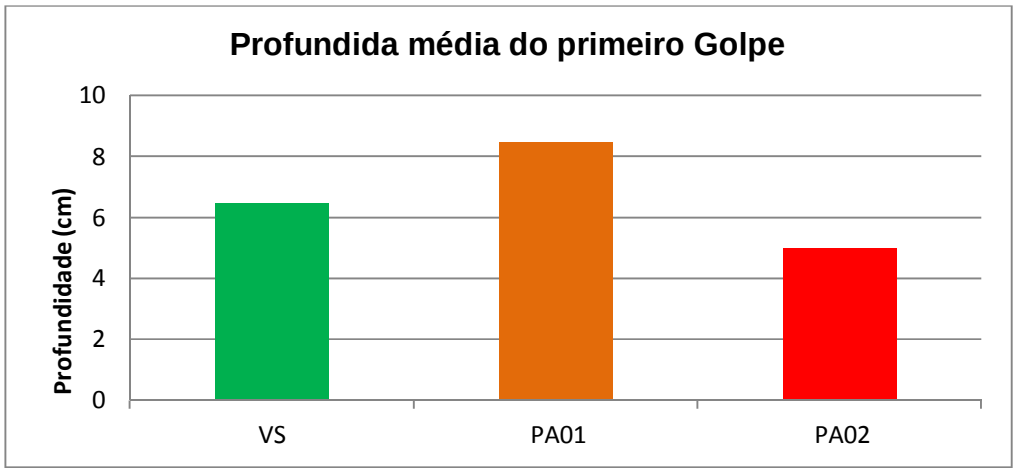


Gráfico 5: Média de profundidade do primeiro golpe.
Autora: Giroldo, L.

Por tratar-se de um dado trabalhado com média, é necessário outras formas de análises, para que não ocorram interpretação errôneas. O gráfico 6

demonstra a variação entre a máxima e a mínima profundidade do primeiro golpe em cada ponto de controle.

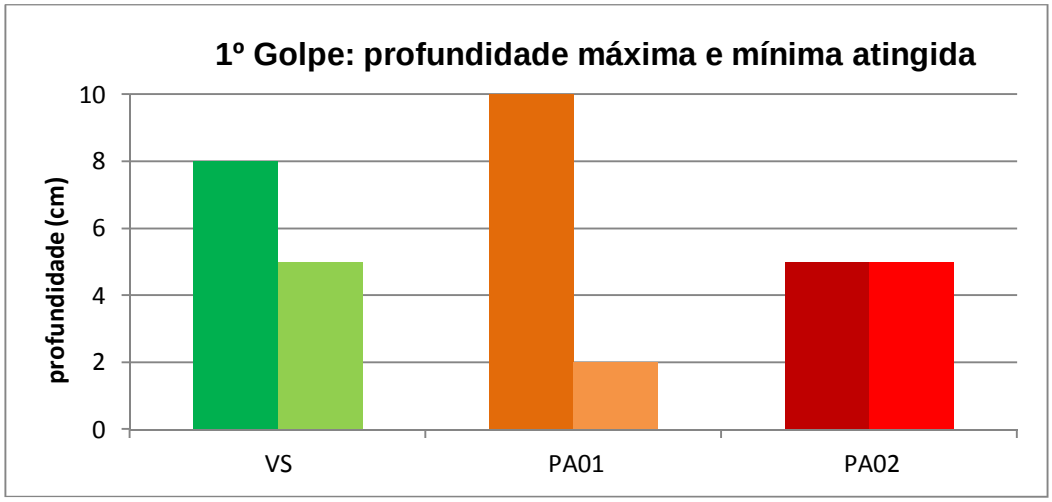


Gráfico 6: Amplitude de profundidade do primeiro golpe.
Autora: Giroldo, L.

No gráfico 6 é possível perceber a variação ocorrida entre a mínima e a máxima profundidade do primeiro golpe no ponto PA01 foi significativa, ou seja, variação de 10cm para 2cm, enquanto não se observa variação no ponto VS que foi de apenas 3cm de amplitude e, o ponto PA02 não teve variação.

Nos três ensaios do PA01, as profundidades do primeiro golpe foram: 2cm, 5cm e 10cm. A possibilidade da ocorrência de uma amplitude tão grande seria algum caminho criado pela pedofauna. Nesse ponto de controle, o ensaio foi elaborado na parte superior do terracete de pisoteio e o corte em que foi feito a análise de solo foi observado a presença de minhocas e formigas.

É possível ainda, analisar a resistência à penetração e, portanto, a possibilidade de compactação do solo nos centímetros superficiais, quantificando do número de golpes para alcançar a profundidade de 10cm.

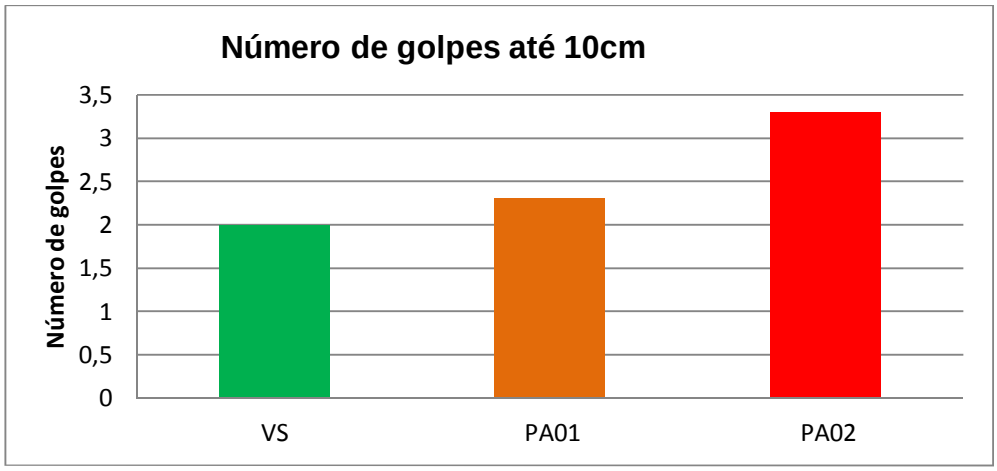


Gráfico 7: Número médio de golpes para alcançar 10cm de profundidade.
Autora: Larissa Giroldo

No gráfico 7, trabalhando novamente com e média dos três ensaios, é possível observar que o ponto VS tem menor quantidade golpes e, portanto menor resistência à penetração nos 10cm superficiais do solo, sendo necessário 2 golpes para alcançar 10cm. Essa média do ponto VS está muito próxima numericamente do ponto PA01, porém com distanciamento do ponto PA02.

O gráfico 8, a seguir, demonstra a média de golpes necessários para se chegar na profundidade seguinte. Nesse gráfico é possível notar o ponto VS a necessidade de golpes para chegar na próxima profunidade era menor ou igual aos outros pontos de controle, exceto a profundidade de 15cm para 20cm que necessitou de 3 golpes. Essa variação ocorre somente em um dos ensaios em que o valor foi acima do esperado, justifica-se pela possível presença de raízes grossas nessa área. O ponto VS mantém o número de golpes médios igual nas últimas profundidades.

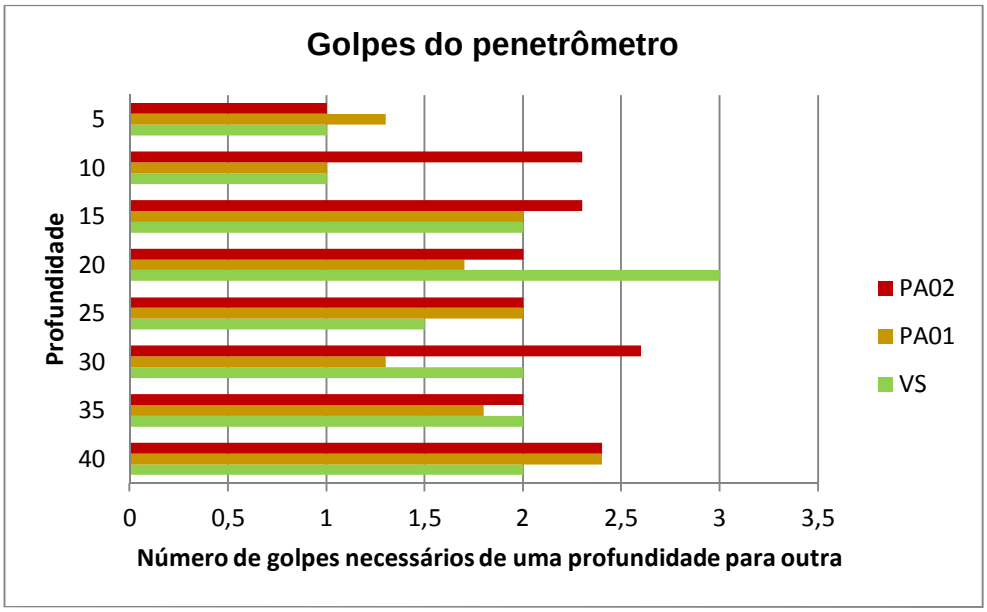


Gráfico 8: número médio de golpes necessários de uma profundidade para a profundidade seguinte.

Autora: Giroldo, L.

A tendência para o PA01 e para o PA02 é o aumento da necessidade de golpes com o aumento progressivo da profundidade, os centímetros iniciais tem maior resistência a penetração pela compactação do solo gerada pelo gado, enquanto que em profundidade pode ser reflexo do horizonte C com rocha pouco alterada, por tratar-se de um neossolo.

De acordo com Beutler et. ali. (2007) é possível associar a resistência à penetração obtida pelo penetrômetro de impacto com o limite de crescimento radicular. Caso a resistência a penetração do solo seja superior à 2,5Mpa, dificulta ou impossibilita o desenvolvimento vegetal, visto que corresponde ao limite de crescimento radicular. Desse modo, solo é exposto e os processos erosivos são intensificados.

Para a correlação entre a resistência a penetração e o limite de crescimento radicular, os números de golpes obtidos com o penetrômetro de

impacto foram transformados em Mpa com a utilização da fórmula de Stolf (1991), explicitada na página 32:

$$RP = 7{,}08 + 7{,}08N$$

Os resultados podem ser observados no gráfico a seguir (9):

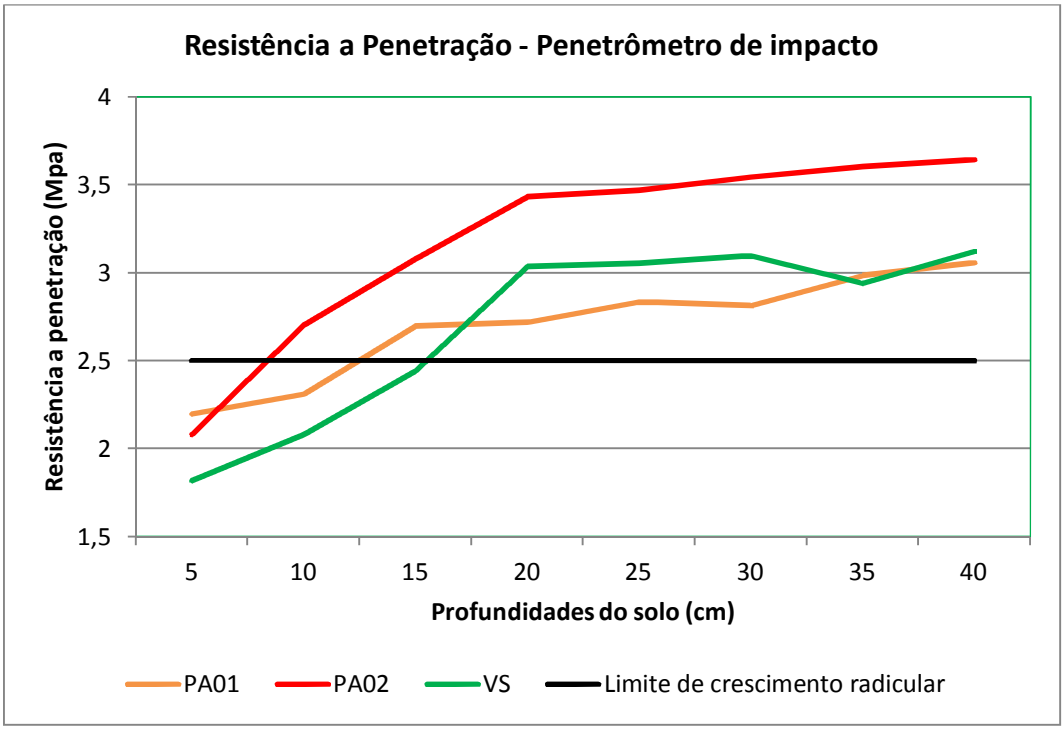


Gráfico 9: Resistência a penetração com o penetrômetro de impacto em Mpa. Comparativo ao limite de crescimento radicular.

Nos centímetros iniciais, o ponto VS manteve-se inferior aos pontos de controle PA01 e PA02, demostrando que nos pontos com pisoteio de gado ocorre a compactação do solo nos centímetros iniciais. O gráfico 9 também reflete as análises já expostas que ressaltam o fato da resistência à penetração ser menor no ponto PA01 pela presença de caminhos da pedofauna. Porém em ambos os pontos com pastagem PA01 e PA02 tem a resistência a penetração superior ao limite crítico de crescimento radicular. No caso do ponto PA01 a resistência a penetração apresentou-se maior que o limite de

crescimento radicular a partir dos 15cm de profundidade do solo, enquanto que o PA02 foi maior a partir dos 10cm de solo.

De acordo com Cassia et. (2008), a compactação do solo causada pelo gado ocorre somente nos horizontes superficiais do solo em caso de sistema rotacional que inclui período de descanso no solo. Caso a pastagem ocorra de maneira constante, a compactação gerada pelo gado pode chegar até 20cm de profundidade em latossolos vermelhos.

Porém, no caso dessa pesquisa, trata-se de um neossolo em que os valores superiores de resistência à penetração após 20 cm podem ser reflexos do horizonte C com rocha pouco alterada e pouco ao pisoteio do gado, mesmo a pastagem sendo constante na vertente amostral.

O somatório das análises dos dados obtidos pelo penetrômetro de impacto permite afirmar que há maior resistência a penetração nos centímetros iniciais do solo no setor da vertente utilizado para a pastagem em comparação ao setor coberto com vegetação secundária, sendo uma das conseqüências do pisoteio de gado.

5.7. Resistência à penetração: Penetrômetro de bolso

O penetrômetro de bolso foi utilizado nos três pontos de controle: VS, PA01 e PA02 para que houvesse a comparação da resistência à penetração entre os pontos. O penetrômetro foi utilizado 5 vezes a cada 5cm de profundidade de solo, permitindo assim um controle detalhado da resistência a

penetração e possibilitando analisar as perturbações geradas no meio físico pelo uso de solo para a pastagem.

O gráfico 10 (seguinte) demonstra um comparativo dos pontos de controle a cada 5cm de profundidade e o limite de crescimento radicular de 2,0kgf/cm² (Argenton et. ali. 2005 e Jesus, 2006).

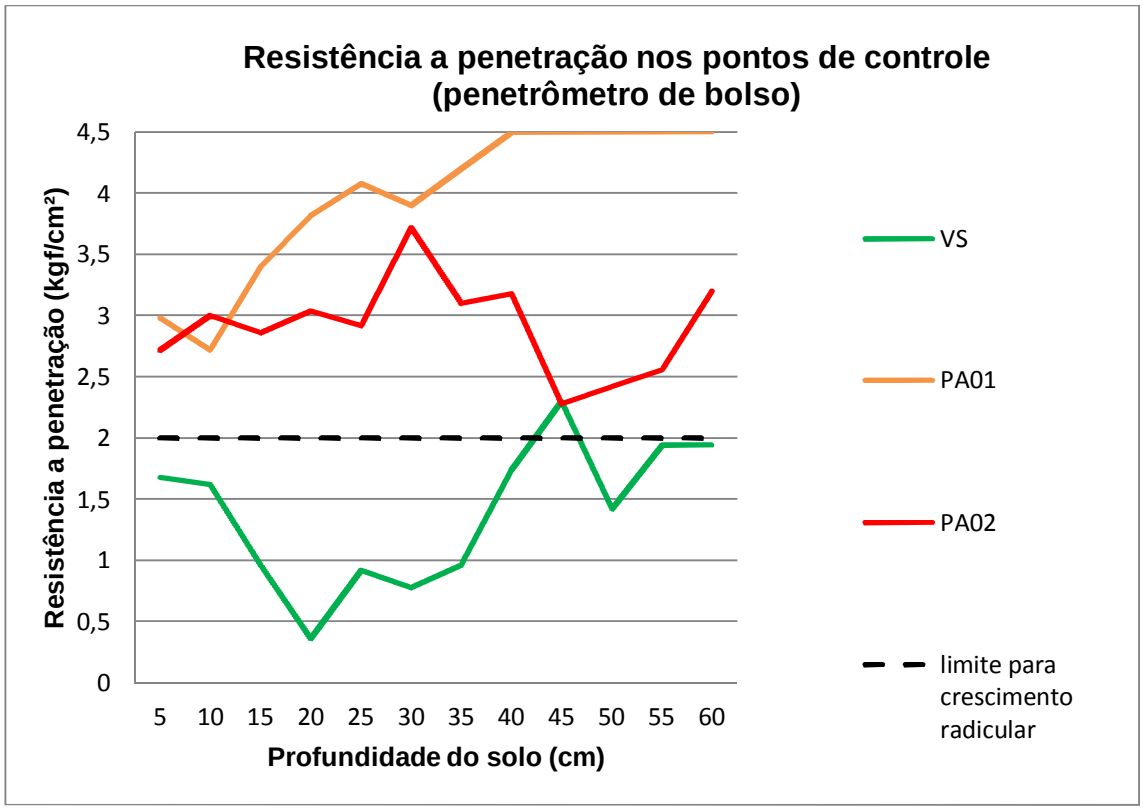


Gráfico 10: Resistência à penetração exercida pelo penetrômetro de bolso a cada 5cm de profundidade do solo.
Autora: Giroldo, L.

A análise do gráfico 10 permite inferir que o ponto VS demonstrou menor resistência à penetração em comparação aos demais pontos. Nos centímetros iniciais do solo, a resistência é baixa de (1,5kgf/cm²) diminuindo dos 15cm até 35cm de profundidade, sendo novamente superior à 1,0kgf/cm² a partir de 40cm de solo. A maior pressão exercida foi de 2,3kgf/cm² em 45cm de profundidade de solo.

O ponto VS mantém a resistência à penetração em todas as profundidades com valores inferiores ao limite de crescimento radicular, possibilitando o pleno desenvolvimento vegetal. A exceção é da profundidade de 45cm que apresentou a resistência à penetração de 2,3kgf/cm².

Uma das dificuldades do uso desse equipamento é o seu limite para a medição de até 4,5 kgf/cm² pois, no ponto PA01, desde os 35cm de solo ocorreram alguns ensaios em que a pressão exercida foi superior à 4,5kgf/cm², marcadas pelo aparelho. Sendo assim, a média do ponto PA01 de 35cm até 60cm de profundidade do solo poderia ser maior do que a representada no gráfico.

O ponto de controle PA01 apresentou a resistência à penetração progressivamente maior dos centímetros iniciais para os centímetros finais do solo, com variação de 2,98kgf/cm² para 4,5kgf/cm². O aumento da resistência à penetração não foi linear e constante, como é possível observar nos 10cm e nos 30cm de profundidade, em que a resistência à penetração foi inferior a profundidade anterior (5cm e 25cm, respectivamente).

No ponto de controle PA01, o solo apresentou resistência à penetração superior ao limite de crescimento radicular em todas as profundidades, dificultando ou até mesmo impedindo o desenvolvimento de pastagem.

A pressão exercida no ponto PA02 teve variação ao longo da profundidade do solo, mas sem uma tendência clara, porém apresentou em todas as profundidades resistência à penetração superior ao limite de crescimento radicular.

Visualizando os resultados dos pontos de controle com o pisoteio de gado, o ponto PA01 apresentou resistência à penetração maior que o ponto PA02, com exceção dos 10cm de profundidade.

É possível inferir também, que em todas as profundidades analisadas, o ponto VS obteve menor resistência à penetração (exceto 45cm que foi semelhante ao PA02).

Um dado relevante para a pesquisa é a variação da pressão exercida nos centímetros iniciais do solo, nos quais o caminhar contínuo do gado criaria maiores modificações. A diferença entre o ponto VS e os pontos PA01 e PA02 são grandes nas camadas superficiais do solo. Aos 5cm de profundidade o ponto VS obteve 1,68kgf/cm² de média enquanto que os pontos PA01 e PA02 obtiveram 2,98kgf/cm² e 2,72kgf/cm² respectivamente.

A diferença entre a resistência à penetração dos pontos com pastagem e do ponto com vegetação secundária torna-se ampla entre 20cm e 40cm quando diminui bruscamente a pressão exercida no ponto VS. A diferença diminui nos centímetros finais entre o VS e o PA02, mas mantém-se ampla em relação ao VS com PA01.

A diferença estabelecida pelas análises demonstra a compactação do solo nos pontos com pastoreio de gado, evidenciados pelas camadas superficiais do solo obtendo a diferença de até 1,38kgf/cm² nos 10 centímetros de profundidade.

Em todas as profundidades dos pontos PA01 e PA02, os valores de resistência à penetração são superiores ao limite de crescimento radicular da maioria das plantas, 2,0kgf/cm² (ARGENTON et. ali, 2005 e JESUS, 2006)

dificultando o crescimento vegetal e ampliando a exposição do solo para agentes erosivos.

A comparação dos dois penetrômetros utilizados na pesquisa permite observar discrepâncias nas informações coletadas. O ponto PA01 apresentou resistência à penetração superior quando medido com o penetrômetro de bolso e o ponto PA02 o inverso. Segundo Jesus (2006), Beutler at. Ali (2007) e MOLIN (2012) a resistência à penetração medidas no mesmo no solo por penetrômetros distintos podem gerar dados diferentes.

6. Considerações Finais

O desenvolvimento desta pesquisa, em seus dois âmbitos (pesquisa bibliográfica e investigação de campo) promoveu conclusões relevantes no que se refere ao terracete de pisoteio de gado e as transformações do meio físico.

A primeira delas é a classificação do terracete de pisoteio de gado como uma forma indireta da ação humana sobre o meio físico, sendo portanto, objeto de análise da geomorfologia antropogênica.

O rebanho bovino é um agente modificador do relevo. A forma erosiva terracete de pisoteio de gado é gerado pelo caminhar constante do gado, é uma forma erosiva de pequena escala com variados tamanhos entre 0,3m e 2m, constituindo trilhas anastomosadas na vertente. Essas trilhas intensificam o creeping da vertente em setores de maiores declividades ou em setores da vertente com morfologia côncava.

Assim como o gado gera o terracete de pisoteio, o gado também o intensifica, pois o rebanho aproveita a trilha feita anteriormente para se locomover, ampliando os degraus gerados na vertente e a compactação do solo. O mesmo ocorre em áreas de movimento de massa.

As perturbações geomorfológicas e pedológicas criadas pelo rebanho bovino são intensas e de diversos tipos e, a perda de solo por compactação e perda de permeabilidade são significativas, transformando perfil topográfico original da vertente em um perfil antrópico.

De acordo com os resultados da pesquisa, o solo nos terracetes de pisoteio de gado apresenta graves níveis de compactação do solo no horizonte A demonstrado pela ampliação da densidade do solo, além do fato de que nos 30cm superficiais, ocorre o aumento da resistência à penetração, demonstrando a compactação do solo além do horizonte A em solos pouco espessos.

No caso dos solos pouco espessos, como o neossolo estudado nessa pesquisa, o terracete de pisoteio de gado tem um limite físico para a sua profundidade, o afloramento rochoso. O patamar do degrau gerado pelo terracete de pisoteio de gado ocorre direto na rocha parental, na qual o gado não consegue mais compactar e a erosão foi intensa a ponto de remover todos os materiais pedológicos que estavam acima da rocha. Esse nível parece ser o do plano de movimentos de massa que ocorrem em alguns setores da vertente, claramente associado ao pisoteio.

O pisoteio do gado também promove a exposição do solo, visto que dificulta ou impede o crescimento da pastagem pois ao compactar o solo, gera resistência à penetração superior ao limite de crescimento radicular. A compactação do solo também gera a diminuição da porosidade dificultando não só a sobrevivência de raízes, e mas também da pedofauna.

A compactação do solo também diminui o potencial de infiltração da água ampliando o escoamento superficial, que modifica-se de difuso para concentrado, ampliando erosão pluvial e, por conseqüência, a perda de solo, conforme observado na vertente estudada. Com o aumento do escoamento

superficial concentrado, aumenta também a magnitude e a frequência de sulcos e ravinas na vertente.

Em áreas com forte declividade, a exposição do solo à pastagem pode promover além de ravinas, escorregamentos rotacionais que ampliam a perda de solo e a freqüência de solo nu.

A tendência morfológica para a vertente utilizada para a pastagem é do aplainamento de um patamar na trilha em que o gado caminha, tendendo a fortes declives no espelho, mas nem sempre de 90º, com a ocorrência de vegetação variando entre o patamar e o espelho (o segundo caso sendo mais frequente).

7. Bibliografia

AB'SABER, Aziz Nacib. O domínio dos Marres de Morros no Brasil. **Revista Geomorfologia.** São Paulo, nº 2. 1966.

AB'SABER, Aziz Nacib. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Revista Geomorfologia.** São Paulo, nº 18, p. 01-23. 1969.

AB'SABER, Aziz Nacib. Geomorfologia da área de barragens do alto Jaguari. **Revista Geomorfologia**. São Paulo, n° 42, p. 1- 22, 1973.

ALBUQUERQUE, J. A. e REINERT, D. J. Densidade radicular do milho considerando os atributos de um solo com horizonte B textural. Campinas. **Revista Brasileira de Ciências do solo.** Nº25, p. 532-549, 2001.

ALLABY, Ailsa e ALLABY, Michael. **The concise Oxford dictionary of Earth Sciences**. Oxford. Oxford. 1991. 410p.

ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. **Fundamentos geológicos do relevo paulista.** São Paulo. Instituto de geografia. 1974. 99p.

ARGENTON, ALBUQUERQUE, BAYER e WILDNER. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de latossolo vermelho sob sistemas de prepare e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciências do solo.** Campinas. Nº29, p. 425-435, 2005.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Presses Universitaires de France, 1977. 226p

BAULIG, Henri. **Vocabulaire Franco- Anglo - Allemand de geómorphlogie**. Local. Nouvie Tirage, 1966.

BERGER, A. R. e IAMS, W. J. **Geoindicators. Assessing rapid environmental changes in earth systems.** Roterdã. A.A. Balkema. 1996. 466p.

BERTOL, BEUTLER, LEITE e BATISTELA. Propriedades físicas em um cambissolo húmico afetas pelo tipo de manejo do solo. **Sci. agric.** Piracicaba. Vol. 58, nº 3. 2001.

BIGARELLA, João José. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais 3**. Florianópolis, Editora da UFSC, 2003. 1436p.

BISTRICH, Carlos Alberto. **Análise estratigráfica e geomorfológica do cenozócio da região de Atibaia-Bragança Paulista, Estado de São Paulo.** Rio Claro, Unesp, 2001.

BIRKELAND, P. W. **Soils and geomorphology.** 3º edição. Oxford. Oxford. 1999. 432p.

BEUTLER, CENTURION e SILVA. Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de latossolos. Jaboticabal. **EngenhariaAgrícola**. Vol.27, nº.1 2007.

BOULET, R. **A análise estrutural da cobertura pedológica e cartográfica.** XXI congresso brasileiro de ciências do solo. Campinas. 1993

BRUNSDEN, DOORNKAMP e JONES. Applied geomorphology: a Bristish rewien. In: **Geomorphology. Present problems and future prospects.** 1978. Oxford.

CASSIA, FRAGA JÚNIOR, BONTEMPO, FERREIRA, FERREIRA JÚNIOR e CARVALHO FILHO. Determinação da resistência do solo à penetração em

função do manejo das pastagens**. Anais do seminário de Iniciação Científica do CEFET.** Uberaba. 2008.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. São Paulo. Edgard Blucher. 1974. 188p.

CLOWES, Alan e COMFORT, Peter. **Process and landform: conceptual frameworks in geography.** Londres, Oliver &Boyd. 1987. 335p.

COLTRINARI, L. Levantamento de vertentes em Barueri (SP). **Revista Geomorfologia**. São Paulo, n. 58, p. 1-13, 1980.

COLTRINARI, L. Mudanças ambientais globais e geoindicadores**. Pesquisa em Geociência.** nº 28, p. 307-314, 2001.

DIAS e GRIFFITH. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS e MELLO. **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa. UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p. 1-7.1998.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília. SPI. 1999.

ESTADO DE SÃO PAULO/ SRH/ SABESP. **Ecossistema São Paulo/ Abastecimento de água na Região Metropolitana**. São Paulo. 1996.

FAIRBRIDGE, Rhodes W. **The encyclopedia of geomorphology. Encyclopedia of Earth Sciences series.** Volume III**.** Nova York. Reinhold book corporation, 1968. 1295p.

FILHO, E. P. S, COTTAS, L. R. e MARINI, G. B. S. Avaliação da compactação dos solos em áreas de pastagens e florestas em Porto Velho- Rondônia. **Boletim de Geografia.** Maringá, v.28, nº1, p. 145-155. 2010.

GERRARD, J. **Soil geomorphology- An integration of pedology and geomorfphology.** Londres, Chapman e Hall, 1995. 269p.

GIROLDO, Larissa. **Formas erosivas em região de mananciais da Grande São Paulo- Levantamento e avaliação de média escala nas bacias hidrográficas dos rios Jaguari e Jacareí.** Trabalho de Graduação Individual. São Paulo. USP. 2008. 56p.

GREGORY, K.J. **A natureza da geografia física.** Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 1992. 367p.

GOMES, Neide Rodrigues. **Joanópolis – Jóia da Mantiqueira. Inventário de recursos naturais e culturais para o turismo**. Dissertação de mestrado. USP-ECA. 1992. 127p.

GOUDIE, Andrew. **The human impact on the natural environmental.** 3ºedição.Londres, Blackwell, 1990. 388p.

GOUDIE, Andrew. **Environmental change. Contemporary problems in geography.** Oxford, Oxford, 1983. 258p.

GOUDIE, Andrew. **The changing earth. Rates of geomorphological processes.** Oxford, Black Well,1995. 302p.

GUERRA, Antônio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista da e BOTELHO, Rosangela Machado (org.). **Erosão e conservação de solos. Conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999.

GUERRA, Antônio José Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 2005. 472p.

HART, M. G. **Geomorphology – Pure and applied.** Londres, Allen e Unwin.1986. 228p.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geomorfologia do Brasil. Fotos e comentários.** 1973.

IBGE. **Nota técnica do censo agropecuário de 2006.** 2007. 31p.

IBGE. **Produção da pecuária municipal.** Volume 39. 2011. 55p.

JESUS, Cláudio Pereira de. **Atributos do solo e produtividade da soja após um ano de integração lavoura – pecuária em área sob plantio direto**. Lages. 2006. 46p.

JOLLY, F. O Ponto de vista sobre a geomorfologia**. Annales de géographie**, n° 86. p. 522-541. 1977.

LEPSCH, I. **Formação e conservação dos solos.** São Paulo, Oficina de texto, 2002. 178p.

MANFREDINI, DIAS, QUEIROZ NETO, OLIVEIRA e FERREIRA. Técnicas de pedologia. In**: Praticando geografia. Técnicas de campo e laboratório.** São Paulo, Oficina de texto. 2005. 239p.

MARTONNE, Emmanuel de. **O clima – fator do relevo.** 1913. Seleção de textos AGB, 1991.

MOLIN, DIAS e CARBONERA. Estudo de penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande.Vol. 16. Nº 5, p.584-590. 2012.

OLIVEIRA, Déborah de. Técnicas de Pedologia. In**: Geografia. Práticas de campo, laboratório e sala de aula.** São Paulo, Sarandi. 2011. 528p.

OLIVEIRA, M. X. e SOUZA, B. S. P. Fragilidade de vertentes: resistência à penetração versus taxa de infiltração em diferentes subordens de argissolo na área urbana de São Pedro do Sul/RS. **Revista do Departamento de Geografia.** São Paulo. Vol. 25, p. 59-77. 2013.

PAISANI, Júlio e OLIVEIRA, Marcelo. Desenvolvimento de incisão erosiva (voçoroca) descontínua e desconectada da rede hidrográfica em área de cabeceira de drenagem: o caso da colônia Quero-quero (Palmeira – PR). **Revista Brasileira de Geociências**, n° 31. p. 51-58. 2001.

PRADO, Hélio do. **Manual de classificação de solos no Brasil.** São Paulo. FUNEP. 1996. 3º edição.

PITTY, A.F**.** A simple device for the field measurement of hillslopes. **Journal of Geology**, v. 76, p. 717-720, 1968.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas.** São Paulo. Manole. 1990. 188p.

RODRIGUES, Cleide**.** **Geomorfologia aplicada: A avaliação de experiências de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros.** Tese de doutorado. 1997.

RODRIGUES, Cleide. A urbanização da metrópole sob a perspectiva da geomorfologia: tributo a leituras geográficas. *In:* **Geografias de São Paulo.** São Paulo. Contexto. 2004. 430p.

RODRIGUES, Cleide**.** Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do departamento de geografia**, n° 17, p. 101 – 111. 2005.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do departamento de geografia**, n° 6, p. 17-29. 1992.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches e MOROZ, I. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do departamento de geografia**, n° 10, p. 43-58. 1996.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Ensaios e experimentos na análise da fragilidade dos ambientes naturais: o penetrômetro de percursão. **Revista Brasileira do Departamento de Geografia.** São Paulo, nº 11, p. 57-66. 1997.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia. Ambiente e planejamento**. São Paulo, Contexto, 2005. 84p.

ROSS, FIERZ e VIEIRA. Técnicas de Geomofologia. In**: Geografia. Práticas de campo, laboratório e sala de aula.** São Paulo, Sarandi. 2011. 528p.

ROSS, J. L.S. e MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. (1:500 000). São Paulo. FFLCH/USP, IPT, FAPESP. 1997.

ROSS, J. L.S. e MOROZ, I.C. **Memorial explicativo do mapa geomorfológico do Estado de São Paulo,** volume 1. São Paulo. FFLCH/USP, IPT, FAPESP. 1997.

RUHE, Robert V. **Geomorphology – Geomorphic processes and surficial geology.** Indiana University. 1975. 246p.

SELBY, Michael John. **Hillslope materiais and processes.** Oxford University Press, Oxford. 1982. 264p.

SELBY, Michael John. **Earth's changing surface.** Clarendon Press. Oxford. 1985. 607p.

SHARPE, C.F.S. **Landslides and related phenomena- A study of mass-movements of soil and rock.** Nova Jersey. Pageant Book.1960. 137p.

SILVA, MAFRA, ALBUQUERQUE, BAYER e MIELNICZUK. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um argissolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural.** Santa Maria. Vol. 35, nº 3. 2005.

SILVERIO, Marco António Rodrigues. **Erosão hídrica de solos da Serra da Aboboreira.** Porto, Portugal. 2000. 69p.

SMALL, R.J. **The study of landforms. A textbook of geomorphology.** Cambridge University. 1997.

SOARES, Fabiana Pegoraro. **Cartografia morfológica de detalhe e intervenções antrópicas no alto Jacarei: Subsídios à avaliação de degradação ambiental do sistema cantareira.** São Paulo. 2008. 208p.

STOLF, R. Teoria e teste experimental da fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciências do solo.** Campinas. Vol. 15, p. 229- 235. 1991.

SUGUIU, K. **Introdução à sedimentologia.** São Paulo, Editora Edgard Blucher. 1973. 317p.

SUMMERFIELD, Michael A. **Global geomorphology. An introduction to the study of landforms.** Edinburgh, Pearson-Prentice hall. 1991.

THOMAZ, Edivaldo Lopes. Geomorfologia e agrossistemas: indicadores de degradação de solo. In **Geomorfologia. Aplicação e metodologias.** São Paulo. Expressão popular. 2008. 188p.

THOMAZ, Edivaldo Lopes e DIAS, Wolliver Anderson. Bioerosão – Evolução do Rebanho bovino brasileiro e implicações geomorfológicas. **Revista Brasileira de geomorfologia**, v.10, n° 02, p3-11. 2009.

TRICART, Jean. **The Landforms of humid tropics, forest and savannas.** Londres. Longman Group Limited. 1972.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, IBGE 1977. 97p.

TRIMBLE, Stanley W. and MENDEL Alexandra C. **The cow as a geomorphic agent.** Geomorphology, v.13, p 233-253. 1995.

UNITED STATES DEPARTAMENT OF AGRICULTURE. **Soil survey of Santa Catalina Island, Califórnia.** 2008. 356p.

UNITED STATES DEPARTAMENT OF AGRICULTURE. **Soil survey of Henry County, Virginia.** 2008. 306p.

UNITED STATES DEPARTAMENT OF AGRICULTURE. **Soil survey of Dickenson County, Viginia.** 2008. 415p.

VELOSO, Antônio J. G. Importância do Estudo das Vertentes**. Revista GEOgraphia UFF**, nº 08, p 79-83. 2002.

WHATELY, Marussia e CUNHA, Pilar. Cantareira 2006 - **Um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo.** São Paulo, Instituto SócioAmbiental, 2007. 68p.

YALLON e YARON. Framework from man-made soil changes- An outline of metagenisis. In **The human impact on the natural environmental.** 3ºedição.Londres, Blackwell, 1990. 388p.

YOUNG, A. **Slopes.** Edimburgo, Oliver e Boyd. 1969. 288 p.

Páginas eletrônicas consultadas.

Data das consultas: setembro e outubro de 2011; novembro de 2012.

www.joanopolis.com.br

http://joanopolis.sp.gov.br

www.ambiente.sp.gov.br/apas

www.ibge.gov.br/cidadesat

www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html