

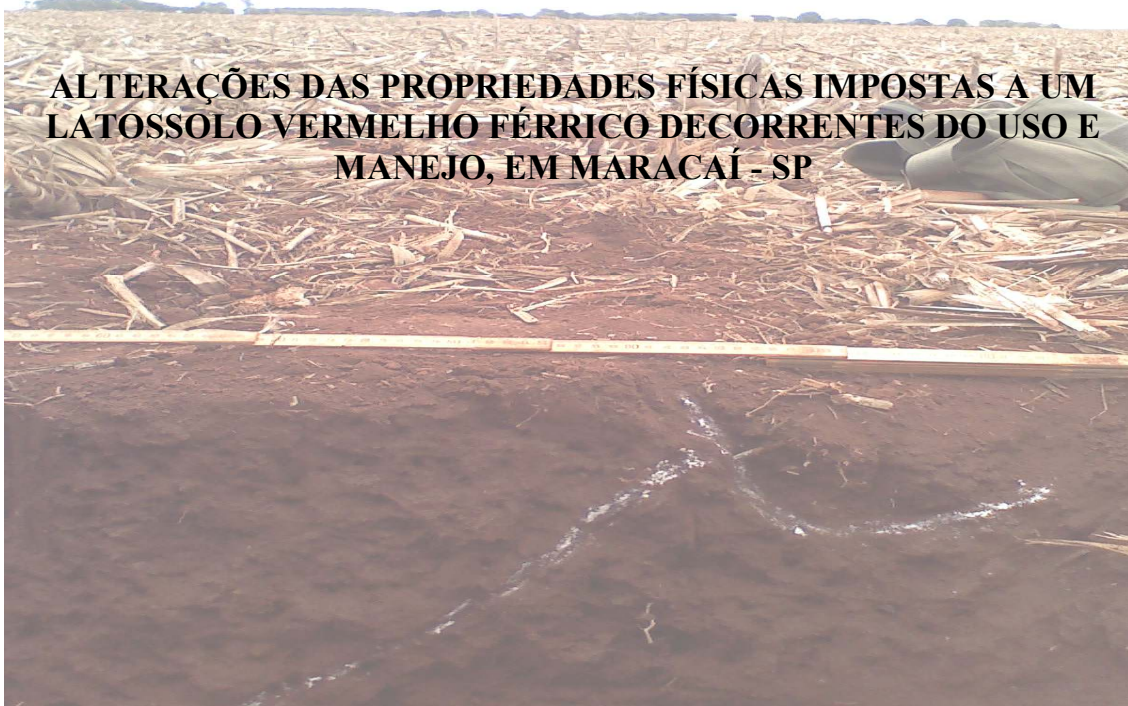


UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

CCH – CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DGE – DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

ANDRÉ MATEUS BARREIROS

**ALTERAÇÕES DAS PROPRIEDADES FÍSICAS IMPOSTAS A UM
LATOSSOLO VERMELHO FÉRRICO DECORRENTES DO USO E
MANEJO, EM MARACAÍ - SP**



Maringá – PR – Brasil
Novembro de 2009

ANDRÉ MATEUS BARREIROS

**ALTERAÇÕES DAS PROPRIEDADES FÍSICAS IMPOSTAS A UM
LATOSSOLO VERMELHO FÉRRICO DECORRENTES DO USO E
MANEJO, EM MARACAÍ - SP**

Monografia apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Nakashima

Maringá – PR – Brasil
Novembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer a minha família por todos os momentos de compreensão e ajuda ao longo de quatro anos de estudos; agradeço por tudo o que fizeram e deixaram de fazer ao longo desta jornada, pois, me ajudaram a compreender o quanto a vida cotidiana longe de casa é dura e complexa, me mostrando que cada ato ou decisão a ser tomada vem recheada de conseqüências, as quais devemos prever e saber lidar. A vocês devo o que tenho e onde estou hoje, e deverei o que terei e aonde chegarei. Muito obrigado.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Nakashima, pela paciência e maestria com que vem me ensinando os segredos da Pedologia e Geografia ao longo de quase dois anos de convivência. Um grande Pedólogo da antiga geração, que ainda hoje se responsabiliza por uma formação verdadeiramente geográfica de inúmeras turmas da Universidade Estadual de Maringá, aqui registro os meus mais sinceros agradecimentos, muito obrigado.

Agradeço aos professores do curso de Geografia da Universidade Estadual de Maringá que realmente se preocupam com a formação de uma massa crítica e preparada para a vida científica ou o mercado de trabalho. Gostaria de registrar que não cito nomes, pois, os professores que me refiro já sabem bem quem são. Quanto aos outros, fica aqui meu sincero descontentamento com suas pessoas após quatro anos de curso, pois em nada contribuem com uma verdadeira formação acadêmica e ainda, atravancam o desenvolvimento do curso de Geografia, pois, imagino eu, não o consideram tão importante quanto outros ramos da ciência, o que me dá pena.

Agradeço ao pessoal do Museu da Bacia do Paraná, Laura, João, Naly e Prof. Sérgio, que por mais de um ano me ensinaram valores e saberes que guardarei ao longo do tempo

Agradeço ao Laboratório de Pedologia, do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, em nome da técnica de assuntos universitários Ivaldete B. Gôngora, pelo auxílio e paciência nas análises laboratoriais realizadas para esta pesquisa.

Um agradecimento especial aos caros amigos envolvidos mais diretamente neste trabalho, Grace, Marcelo, Márcio e Alex (tchê), pelas inúmeras horas de conversas e argumentações sobre Geografia, Pedologia e a própria Ciência; pessoas estas que realmente deram sangue e suor para a realização deste trabalho e tantos outros realizados em conjunto, meu sincero agradecimento.

Agradeço as inúmeras amigas reconhecidas ao longo de quatro anos de graduação, esta nossa convivência deixou marcas inesquecíveis em minha pessoa. Como verdadeiros amigos considero muitos, por isto peço perdão pela falta de algum nome: Susan (Sú), Rogério

(Roger), Everton (Buzina), André (Dé), Tiago, Paulas (Paulinhas), Jéssyca, entre outros. Como dizia Vinicius de Moraes “amigo agente não faz, reconhece”.

Por fim, a ordem de agradecimentos que se segue anteriormente não é algo pré-estabelecido, pois o amor e carinho que sinto pelas pessoas mencionadas transcende o plano de meras hierarquias, pois minha felicidade depende da delas.

Estranha é nossa situação aqui na Terra. Cada um de nós vem para uma curta passagem, sem saber por quê, ainda que algumas vezes tentando adivinhar um propósito. Do ponto de vista da vida cotidiana, porém, de uma coisa sabemos: o homem está aqui pelo bem de outros homens – acima de tudo daqueles de cujos sorrisos e bem-estar nossa própria felicidade depende.

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo principal a aplicação do método do Perfil Cultural sob um LATOSSOLO VERMELHO Férrico, submetido a diferentes usos e manejos agrícolas (cana-de-açúcar, soja/milho e pastagem), tendo como referência um solo sob mata nativa, que se caracteriza por estar em equilíbrio pedológico, mantendo seus atributos físicos e químicos originais. O trabalho foi realizado próximo ao distrito de Santa Cruz da Boa Vista, no município de Maracá – SP, inserido na região do Médio Paranapanema. O método do Perfil Cultural foi desenvolvido na França, na década de 1960, por Hénin *et al.* (1976), sendo posteriormente reestruturado por Manichon *et al.* (1996), e, por fim, adaptado a solos tropicais por Tavares Filho *et al.* (1999). A metodologia propõe a análise morfológica dos volumes de solo alterados pelo manejo agrícola (AM), dividindo-a em duas etapas, averiguando inicialmente o modo de organização dos torrões de solo, e posteriormente, o seu estado interno. Como suporte aos dados qualitativos das descrições morfológicas, foram realizadas análises laboratoriais, tais como macro e microporosidade, porosidade total, densidade aparente e grau de saturação (de água). Este trabalho se justifica pela importância que a agricultura apresenta na economia do município de Maracá – SP, principalmente as culturas temporárias de soja e milho, acarretando, conseqüentemente, um uso e degradação cada vez maior dos solos da região. O perfil sob mata nativa, não alterado pelo manejo agrícola (NAM), apresentou os melhores resultados de porosidade e densidade, frente ao perfil sob cana-de-açúcar, caracterizado por apresentar as maiores alterações das propriedades físicas do solo, apresentando os piores valores de porosidade e densidade, o que contribui para uma redução da infiltração de água no perfil de solo, impedimento físico ao crescimento das raízes e aumento no escoamento superficial (contribuindo assim com o aumento da erosão dos solos).

Palavras-Chave: Perfil Cultural, compactação do solo, uso do solo, manejo do solo, Maracá – SP.

SUMÁRIO

1. Introdução	8
1.1 <i>Fundamentação Teórica</i>	10
2. Justificativa	15
3. Objetivos	16
4. Materiais e Métodos	17
4.1 <i>Trabalho de Gabinete (1º Parte)</i>	17
4.2 <i>Trabalho de Campo</i>	19
4.3 <i>Trabalho de Laboratório</i>	21
4.4 <i>Trabalho de Gabinete (2º Parte)</i>	24
5. Análise e Discussão dos Resultados	24
5.1 <i>Caracterização Sócio-Econômica da Área de Estudo</i>	24
5.2 <i>Caracterização do Meio Físico da Área de Estudo</i>	32
5.3 <i>Os Perfis Culturais e Pedológico</i>	44
6. Considerações Finais	58
7. Referências	60
8. Apêndice	63

1. Introdução

O solo possui fundamental importância para a humanidade desde a pré-história, tornando-se ainda mais importante após a chamada “revolução agrícola”, onde se inicia seu uso mais intenso pela agricultura. Após a revolução industrial e posterior modernização agrícola, que ocorreu no século XX na Europa, as alterações das propriedades físicas e químicas deste tornam-se mais intensas, devido a usos e manejos inadequados, que não se respeitam as limitações dos diversos tipos de solo, acarretando, conseqüentemente, inúmeras formas de degradação, dentre elas, destaca-se a compactação.

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação morfológica a partir do método do Perfil Cultural, juntamente com análises laboratoriais, de um LATOSSOLO VERMELHO Férrico, no município de Maracá – SP (**Figura 1**), sob usos e manejos diversos (cana-de-açúcar, soja/milho e pastagem), tendo como referência um solo sob mata nativa, que se caracteriza por estar em equilíbrio pedológico, mantendo seus atributos “originais”. O “originais” está entre aspas, pois, como argumenta Buol (*apud*. VIDAL-TORRADO, 2005)

Se fizermos uma analogia entre a metodologia experimental frequentemente empregada nos experimentos agrônômicos relacionados à fertilidade do solo e as pesquisas em pedogênese, poderíamos imaginar um determinado solo como se fosse certo experimento agrícola de campo, pronto para ser descrito, coletado e analisado para tirarmos conclusões. Contudo, ao contrário do elaborado pelo estudioso da fertilidade do solo, não sabemos como esse experimento fora inicialmente delineado, quais foram os tratamentos aplicados e por quanto tempo esteve ali e, mais ainda, se esse é o momento mais adequado para se fazer a amostragem.

O município de Maracá encontra-se localizado na região sudoeste do estado de São Paulo, inserido na região do vale do Médio Paranapanema, limitando-se com os municípios de: Assis, Paraguaçu Paulista, Tarumã, Rancharia, Iepê, Cruzália e Pedrinhas Paulista, no estado de São Paulo, e Sertaneja no estado do Paraná.

Maracá teve sua colonização iniciada no começo do século XX, na confluência dos rios Capivara e Cervo, tendo inicialmente sua base econômica fixada na agricultura, através das plantações de café, algodão e alguns cereais (como a soja e o milho, por exemplo), nos férteis solos da região (SIGRH, 2000).

Este tipo de penetração para o interior do estado de São Paulo, através de vias fluviais, foi muito característica na época das frentes pioneiras, tendo principal representatividade no século XVII, onde houve a interiorização do desenvolvimento paulista. O Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH)

(*ibid.*) expõe que “Ao longo dos caminhos, e a certa distância dos rios, os sertanejos formaram pequenas roças na esperança de utilizá-las no retorno das expedições. Esses pontos acabaram tornando-se pousos habituais que, mais tarde, se transformaram em povoações”.

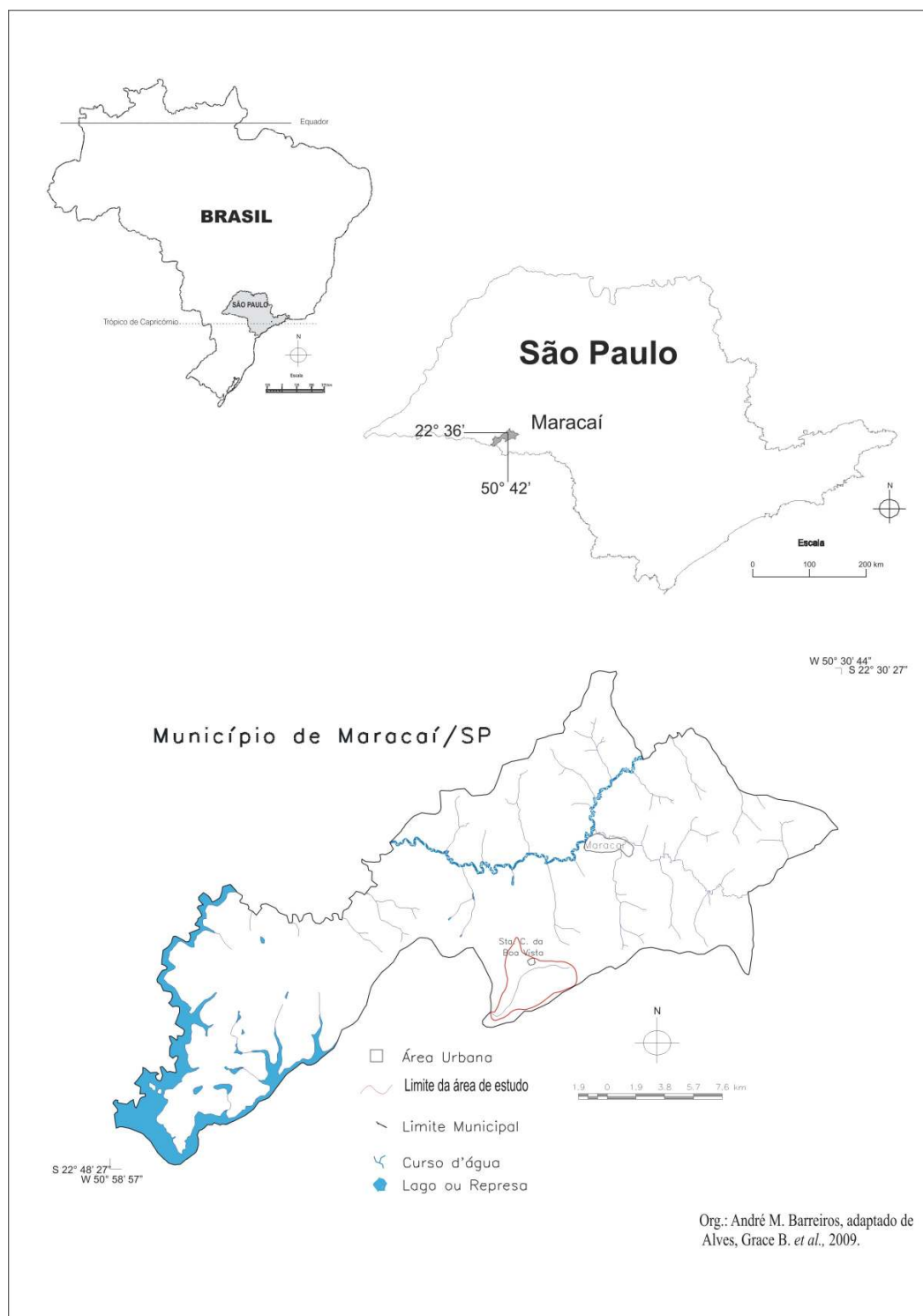


Figura 1: Mapa de localização do município de Maracá – SP, em destaque (contorno em vermelho) o alto curso do ribeirão das Anhumas.

1.1 Fundamentação Teórica

Para se entender as origens das alterações físicas do solo e do método utilizado para avaliá-las, é necessário uma breve retrospectiva da importância dos solos para a sociedade, desde seus primórdios até a atualidade, e da evolução do ramo da ciência que objetiva seu estudo.

O solo se origina da relação intrínseca de seus fatores de formação (clima, material original, cobertura vegetal, tempo e topografia), localizando-se na interface da litosfera com a atmosfera, hidrosfera e biosfera, compondo assim uma esfera única, extremamente dinâmica, a pedosfera. Queiroz Neto (1984) argumenta ainda que “[...] o solo, na realidade, constitui o elemento central dessa relação, verdadeira interface entre os três grandes domínios, com a biosfera”.

Ainda sobre a importância dos solos Espindola (2008) argumenta que o solo “[...] trata-se aqui do manto de intemperismo da crosta terrestre ligado a uma organização das paisagens capaz de sustentar uma fauna e flora que viabiliza a existência dos seres humanos ao longo da evolução do planeta”. Percebemos assim a importância dos solos tanto como suporte para a vida, vegetal e animal, quanto para a fixação do homem, deixando de ser um caçador coletor para se estabelecer em determinada área, configurando assim um caráter de território ao local.

Lepsch (2002) expõe que as grandes civilizações da antiguidade iniciaram sua estruturação nos vales de grandes rios, várzeas periodicamente inundadas onde se depositava material fértil, formando o chamado “fértil crescente”. Moniz (1972) argumenta ainda que

Ao perceber que a camada superficial do solo era o meio para o desenvolvimento das plantas, alguma coisa na qual as sementes podiam ser enterradas para reproduzir as plantas que o alimentavam, os indivíduos mais observadores da incipiente humanidade iniciaram a chamada “revolução agrícola”.

A observação dos atributos do solo, dentre eles a fertilidade, a muito é relatada. Já na Roma antiga dos Césares haviam tratados sobre agricultura, onde se distinguia a qualidade dos solos e como reconhece-los (QUEIROZ NETO, 2003). Assim fica claro que “[...] ao longo da história o solo tem sido um elemento bastante familiar ao homem que dele sempre dependeu para satisfazer as suas necessidades básicas de locomoção, abrigo e alimentação” (MONIZ, *op cit.*).

Na atualidade o solo é utilizado para diversas finalidades, dentre elas a que mais se destaca é o uso pela agricultura, que devido ao crescimento populacional e a posterior modernização agrícola, passa a ser explorado mais intensamente, sem se considerar suas reais capacidades e limitações, infligindo assim sérias alterações as suas propriedades físicas e químicas.

No atual contexto econômico mundial, onde o capital busca sua reprodução incessante, o Brasil caracteriza-se ainda como um país agrícola – obviamente despontando em outros setores, mais ainda fundamentado na agricultura – sendo considerado um “celeiro” mundial, por sua vasta extensão de terras sem limitações sérias ao cultivo de produtos importantes para o mercado internacional, tais como soja e milho.

A preocupação com a conservação dos solos é antiga, principalmente visando a não diminuição da produtividade, sendo que seus métodos de uso e manejo vêm evoluindo juntamente com o ramo da ciência preocupada com este objeto, a Pedologia.

A Pedologia, como um ramo da ciência surge a partir de 1883, através de pesquisas realizadas na Rússia por V. V. Dokuchaev, onde “[...] pela primeira vez foi reconhecida a sucessão de horizontes A, B e C dos solos, suas características químicas e físicas, e procurou-se relacionar com a origem e evolução dos solos” (QUEIROZ NETO, *op cit.*), tendo o relevo um papel fundamental dentro dos fatores de formação. Nesta época originou-se uma série de pesquisas pedológicas com caráter utilitarista, baseadas em rigores analíticos, com uma escala de análise grande (onde se utiliza no máximo escala 1:1, compatível com a registrada pela visão humana) (*ibid.*).

Esta fase das pesquisas pedológicas é denominada Fase da Herança, fundamentada nas idéias de Dokuchaev, onde se dava maior ênfase aos fatores de formação, processos pedogenéticos e tipos de solos, caracterizando-se por uma Pedologia do tipo geográfica (Zonalidade Pedológica) e atualista (NAKASHIMA, 1999), tendo grande difusão até a década de 1940.

Percebemos assim, como cita Moniz (*op cit.*), que

[...] a Pedologia só se consolidou como Ciência quando se alcançou a percepção de que o solo, esse contínuo na natureza, em verdade é um mosaico de entidades diferenciadas e organizadas, e não um mero amontoado de partículas de rochas alteradas, de mistura com matéria orgânica na superfície.

A Fase da Renovação no desenvolvimento da Pedologia vai dos anos de 1960 a 1970, onde sua abordagem “[...] é morfogenética e analítica dos horizontes do solo, existentes no perfil, que servem de diagnóstico dos processos, isto é, estimam o significado pedogenético

das características das propriedades dos perfis” (NAKASHIMA, *op cit.*). Esta fase da Pedologia tem seu início mais “longínquo” nos anos 30 do século XX, a partir da idéia de Catena dos solos proposta por Milne, onde se percebe “[...] a existência de relações de dependência entre a história dos solos e a posição nos relevos onde se encontram” (QUEIROZ NETO, 2003). Esta fase tem importância por reconhecer e conceber a idéia de *contínuum* espaço-temporal da cobertura pedológica, que possui uma distribuição desigual ao longo da paisagem devido as transformações e transferências internas dos solos.

A partir de 1984 se inicia a Fase do Renascimento nos conhecimentos sobre Pedologia, caracterizada pela retomada de abordagens antigas com novos conceitos, métodos e análises na pesquisa. Esta fase tem seu início com a aplicação da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, método que segundo Queiroz Neto (2001) “[...] abriu novas perspectivas para definição mais correta da questão da autoctonia ou aloctonia das formações superficiais e, ao mesmo tempo, para avaliar a importância dos processos biogeodinâmicos na elaboração das formas de relevo”. Este tipo de análise possibilitou demonstrar que a cobertura pedológica aparece muitas vezes como um sistema de transformação, onde uma cobertura inicial transforma-se em outra frequentemente muito diferente (BOULET, 1988).

O solo, antes considerado um mero amontoado de partículas resultante do intemperismo das rochas e que servia de suporte aos vegetais, passa a ser visto como um corpo “vivo”, dinâmico e evolutivo, extremamente complexo devido a seu caráter de interface de outras esferas complexas, variando ao longo do espaço e tempo nas paisagens. Com o desenvolvimento das civilizações a uma “interferência” cada vez maior nos fluxos de matéria e energia do meio natural, com o solo não é diferente, ele passa a sofrer modificações em suas características físicas, químicas e biológicas, refletindo assim em prejuízos para a sociedade, dentro deles a perda de produtividade agrícola. Tavares Filho *et al.* (1999) argumenta que

[...] o manejo adequado do solo, além da preservação desse recurso natural, é de fundamental importância na produção agrícola. Essa adequação depende dos objetivos da exploração, do sistema agrícola adotado, do tipo e das condições do solo trabalhado.

No caso do Brasil, mais especificamente, as modificações mais severas as características dos solos se inicia com seu “descobrimto”, pois a vegetação natural é retirada para a fixação de sistemas agrícolas, desencadeando assim processos morfogênicos. Espindola (2008) expõe que houve uma mudança nos ideais de uso e conservação do solo, apontando que “[...] desde a colonização até os dias atuais, sobre inadequação do uso agrícola dos solos, a perda acelerada de matéria orgânica, até chegar à questão de sustentabilidade”.

Os solos possuem uma estrutura de organização, advinda de atributos morfológicos e físicos, “[...] modificáveis em função de uma série de fatores, em geral ligados às mobilizações aí desenvolvidas (práticas de manejo)” (*ibid.*). A estrutura dos solos se modifica tanto por causas naturais (como, por exemplo, modificações pedobioclimáticas da região) como pela intervenção antrópica, desenvolvidas inicialmente pela retirada da vegetação natural e posteriormente pelo trânsito do maquinário agrícola, acarretando assim em sua compactação. Como citam Cotadeur *et al.* (*apud.* Espindola, *op cit.*)

[...] essas deformações da estrutura, ou das organizações elementares do solo, costumam alterar severamente o comportamento do sistema, modificando, por exemplo, suas condições de condutividade hidráulica, que afetam, por sua vez, diversas outras propriedades.

As modificações antrópicas nas estruturas dos solos acarretam o desencadeamento de processos erosivos – que também podem se originar de causas naturais (morfogênese, por exemplo) – porém, como ressalta Guerra e Mendonça (In: VITTE e GUERRA, 2004) “[...] à ação do homem, como o uso e manejo da terra que, na maioria das vezes, tende a acelerar os processos erosivos”.

O início do processo erosivo, simplificado, se dá pelo efeito *splash*, que rompe a estrutura do solo em seus horizontes superficiais, acarretando uma erosão em lençol (laminar), principal causa do assoreamento de corpos d’água, logo após isto, devido as irregularidades do modelado das vertentes, a água inicia um escoamento linear, que tende a evoluir para sulcos, ravinas e, finalmente, voçorocas (*ibid.*).

A modificação na estrutura do solo, mais especificamente sua compactação, oriunda do trânsito do maquinário agrícola ou mesmo de animais, intensifica os processos erosivos – devido a menor infiltração de água no perfil pela redução de sua porosidade, contribuindo assim com o escoamento superficial e, conseqüentemente, as erosões laminares e lineares. Guerra e Mendonça (*ibid.*) complementam dizendo que a compactação gera efeitos localizados que “[...] incluem uma diminuição da fertilidade dos solos, afetando o crescimento das plantas, bem como uma diminuição de retenção de água nos solos”.

O solo, esfera que “sustenta” a produção alimentícia mundial, sofre sérias degradações, como já citadas anteriormente, que prejudicam seu potencial, no caso deste trabalho especificamente buscou-se estudar a compactação destes. O depauperamento dos solos gera, entre outros, a perda de sua fertilidade que “[...] depende de um conjunto de fatores, uns de ordem física, outros de natureza química” (HÉNIN *et al.*, 1976).

A conservação dos solos, não somente para fins agrícolas mais no todo, é de fundamental importância, pois como ressalta Audi (1970):

A morosidade com que se desenvolvem os processos de formação e recuperação dos solos, e a rapidez com que se desenvolvem os processos de degradação, justificam plenamente a preocupação que se tem em realizar estudos para o melhor conhecimento dos solos, como para o desenvolvimento de técnicas de manejo mais racionais e adequados para cada tipo de solo.

Com o início da utilização de maquinários agrícolas no preparo do solo e colheita das culturas, em meados do século XX na Europa, surge uma preocupação com relação as alterações físicas impostas a estes devido ao seu tipo de uso e manejo, principalmente no que diz respeito a compactação que, dentre outras, acarreta em uma diminuição da macroporosidade, impedimento físico ao crescimento das raízes e diminuição da disponibilidade hídrica para as plantas. A partir disto uma nova abordagem da avaliação da fertilidade do solo é exigida, pois, não só a disponibilidade de elementos nutritivos passou a interessar, mas também a condição em que as raízes se encontravam (HÉNIN *et al.*, 1999).

Buscando compreender as alterações antrópicas impostas aos horizontes do solo devido aos diferentes usos e manejos de sistemas agrícolas, surge, na França nos anos de 1960, o método do Perfil Cultural, que segundo Hénin *et al.* (1976) representa “[...] o conjunto constituído pela sucessão das camadas de terra, individualizadas pela intervenção dos instrumentos de cultivo, as raízes de vegetais e os fatores naturais reagindo a essas ações”. Este método busca avaliar qualitativamente as propriedades do solo *in situ*, onde o estudo procura “[...] adotar uma atitude mais realista, começando a análise do meio a partir de conceitos globais, menos precisos, porém mais diretamente significativos” (*ibid.*).

Este método foi posteriormente reestruturado por Manichon *et al.* (1996), sendo por fim, adaptado ao estudo de solos tropicais por Tavares Filho *et al.* (1999). Esta adaptação provavelmente se origina da complexidade dos solos tropicais frente aos solos de regiões temperadas, pois, devido a oscilações climáticas, há uma superimposição concomitante de morfogêneses e pedogêneses, caracterizando-os como solos poligênicos complexos (TRICART, 1968).

O método do Perfil Cultural se baseia no estudo detalhado da caracterização morfológica do estado interno dos torrões de solo e seu modo de organização, permitindo assim definir os diferentes tipos de antropização decorrentes dos mais variados usos e manejos. Sobre este tema Tavares Filho *et al.* (1999) complementa dizendo que

[...] o método é fundamentado no estudo da morfologia do solo e consiste na delimitação dos volumes antropizados distintos, tanto em profundidade como lateralmente, a partir de critérios como: forma, tamanho e distribuição dos elementos estruturais; presença ou ausência de poros visíveis a olho nu e continuidade destes; forma e dureza de agregados e torrões, dentre outros.

Este método, já a algum tempo, é muito difundido em pesquisas agronômicas que visam compreender as alterações físicas impostas aos solos por diferentes sistemas agrícolas, preocupando-se principalmente com o tipo de alteração específica para um dado implemento agrícola específico, como pode ser visto em trabalhos como os de Ralisch e Furlani JR. (1996), Lima *et al.* (2004) e Müller *et al.* (2001), entre outros.

No caso específico deste trabalho, buscou-se uma aplicação mais geográfica do método do Perfil Cultural, não se restringindo somente aos implementos agrícolas, mas também as dinâmicas sócio-econômicas da área de estudo, onde se buscou associar as alterações físicas impostas aos solos por usos e manejos distintos com, as mudanças de tipos de lavouras, a dinâmica populacional campo-cidade e o desmatamento da área, por exemplo.

2. Justificativa

A aplicação do presente trabalho no município de Maracá – SP (**Figura 1**) justifica-se pela importância que as atividades agrícolas apresentam em sua economia, principalmente o que concerne as lavouras temporárias, dentre elas a cana-de-açúcar, que vem aumentando a área de plantio ao longo dos anos na região (IBGE, 2009d).

Com a intensificação do uso do solo, principalmente após a modernização agrícola, aumentam-se as alterações das propriedades físicas e químicas deste, como exposto anteriormente, o que contribui para uma diminuição da produtividade agrícola e depauperamento acelerado do solo. A preocupação com a sua conservação, não somente restrita a questões agrícolas mais em um todo mais abrangente (como por exemplo, a diminuição de assoreamento de corpos d'água), é de fundamental importância nos dias atuais e, principalmente, no que diz respeito a sua conservação para as gerações futuras.

Assim, o solo servindo de manutenção para a produção agrícola atual e futura, justifica plenamente a preocupação em se realizar um estudo que vise compreender qual uso e manejo agrícola (cana-de-açúcar, soja/milho e pastagem) gera as maiores alterações às propriedades físicas do solo (compactação), o que acarreta em inúmeros problemas, conforme comentado anteriormente.

3. Objetivos

O presente trabalho teve como objetivo a aplicação do método do Perfil Cultural sobre usos e manejos distintos (cana-de-açúcar, soja/milho e pastagem), em um mesmo tipo de solo, o LATOSSOLO VERMELHO Férrico, como exposto anteriormente. A pesquisa desenvolveu-se no município de Maracá – SP, no alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, próximo ao distrito de Santa Cruz da Boa Vista (**Figura 1**).

Como auxílio para a análise e discussão dos resultados foram elaboradas cartas bases e temáticas, para o melhor entendimento da dinâmica do meio físico e sócio-econômico em que a área de estudo está inserida, tais como: carta topográfica; hipsométrica; de declividade; tipos de solo; uso do solo (para vários anos, o que permite avaliar a dinâmica econômica dos sistemas agrícolas); e morfopedológica.

Foram elaborados, ainda, dois perfis topográficos, um perfil longitudinal e uma topossequência de solos, como auxílio para a análise e discussão dos resultados. Além da descrição morfológica de três perfis culturais e um pedológico foram realizadas análises laboratoriais, com o intuito de reforçar os dados obtidos em campo, tais como macro e microporosidade, porosidade total, grau de saturação (de água) e densidade aparente, para cada horizonte e volume de solo estudado.

Junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), foram elaboradas tabelas que possibilitam avaliar a dinâmica sócio-econômica da área de estudo. As tabelas elaboradas mostram desde a migração da população da zona rural para a área urbana, até a área plantada e quantidade de lavoura temporária no município, área (em hectares) dos estabelecimentos agropecuários por utilização das terras e número de estabelecimentos por utilização das terras.

4. Materiais e Métodos

O procedimento metodológico de elaboração do trabalho se realizou em quatro etapas, duas de gabinete (levantamentos bibliográficos, confecção da cartografia base, análise e discussão dos resultados e redação final), uma em campo (abertura e análise morfológica dos perfis culturais e pedológico, coleta de amostras para as análises laboratoriais e confronto das idéias obtidas no levantamento bibliográfico frente a realidade da área) e, por último, uma etapa laboratorial, onde foram efetuadas análises sobre a macro e microporosidade, porosidade total, grau de saturação de água) e densidade aparente, para cada horizonte e volume de solo estudado. A descrição detalhada de cada etapa encontra-se a seguir.

4.1 Trabalho de Gabinete (1º Parte)

O trabalho de gabinete se iniciou com o levantamento de referencial bibliográfico e consulta a *sites*, que possibilitaram um aprofundamento teórico e metodológico sobre o tema proposto. As referências consultadas abrangiam temas diversos, dentre eles *Geografia Geral*, *Geografia Física*, *Pedologia*, *Geomorfologia*, *Perfil Cultural*, *Economia e Sociedade*, visando assim uma construção de pensamento que possibilitasse uma melhor compreensão da estrutura e dinâmica da área de estudo (tanto do meio físico como sócio-econômico), extremamente complexas e importantes na análise do espaço geográfico, o que possibilitou uma melhor aplicação e compreensão da metodologia do Perfil Cultural no trabalho.

As tabelas apresentadas no trabalho foram elaboradas a partir das informações disponíveis no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), onde se obteve dados do município de Maracá - SP, sendo eles: Censos Demográficos de 1970, 1980, 1991 e 2000; Contagem da População 2007; Produção Agrícola Municipal; e Censo do Agropecuário de 1996 e 2006.

Na etapa de gabinete ainda, foram confeccionadas as cartas base que deram suporte a realização do presente trabalho. As cartas temáticas elaboradas permitiram uma melhor compreensão do meio físico e sócio-econômico em que a área de estudo está inserida, possibilitando uma melhor visualização de dados não presentes no material bibliográfico consultado, tais como hipsometria e uso do solo, por exemplo.

O mapa de localização foi adaptado de Alves *et al.* (2009). A Carta Topográfica foi elaborada através da vetorização das curvas de nível, drenagem, estradas/caminhos e da malha

urbana presentes na folha *SF-22-Z-A-IV-2* do IBGE (1975), na escala de 1:50.000, através do programa *Autocad 2000*, posteriormente os dados foram exportadas no formato *dfx*.

As cartas Hipsométrica e de Declividade foram geradas a partir de interpolações da grade retangular e triangular, respectivamente, criadas pelo *software SPRING 5.05* (INPE, 2009), sendo posteriormente transposta para o *SCARTA 5.05*.

A Carta de Solos do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas foi realizada através da vetorização, em tamanho reduzido, da Carta Pedológica Semidetalhada de Maracá – SP (2000), folha *SF-22-Z-A-IV*, escala 1:100.000, através do programa *Corel Draw 12.0*. Inicialmente foi realizado o georreferenciamento da imagem através do *software Global Mapper 10.0*, utilizando-se das coordenadas planas encontradas na própria carta, posteriormente salvou-se a imagem no formato *geotif*.

A Carta Morfopedológica e de Degradação Ambiental foram realizadas através da fotointerpretação de fotografias aéreas da área de estudo, adquiridas junto ao Instituto Geográfico e Cartográfico do estado de São Paulo (IGC). As fotografias utilizadas são do ano de 1984, na escala de 1:35.000, da região de Marília, no estado de São Paulo. A fotointerpretação foi realizada utilizando estereoscópio de bolso, canetas de cores diversas e overlay; posteriormente os dados foram digitalizados através de um *scanner* e georreferenciados através do *software Global Mapper 10.0*, utilizando-se das coordenadas encontradas na própria foto, em seguida se transferiu a imagem no formato *geotif*. A legenda adotada para a elaboração desta carta foi adaptada da obra *Légende pour une carte de l'environnement et de sa dynamique* preconizada por Journaux (1975).

As três Cartas de Uso do Solo (para os anos de 1975, 1984 e 2008) tiveram procedimentos distintos em sua elaboração: a carta para o ano de 1975 foi elaborada através da vetorização da Carta Topográfica do IBGE (*op cit.*), folha *SF-22-Z-A-IV-2*, escala 1:50.000; o uso do solo para o ano de 1984 foi confeccionado através da fotointerpretação de fotografias aéreas na escala de 1:35.000, processo semelhante a elaboração da Carta Morfopedológica; para o ano de 2008 foram utilizadas imagens do satélite *SPOT 5*, adquiridas através do aplicativo *Google Earth*, formando-se um mosaico da área de estudo, havendo posterior vetorização das áreas pelo programa *Corel Drawn 12.0*. As legendas apresentadas nas Cartas de Uso do Solo foram adaptadas da carta topográfica, folha *SF-22-Z-A-IV-2* (*ibid.*).

Todos os mapas citados acima, após os respectivos procedimentos de confecção, foram processados pelo programa *SPRING 5.05* (INPE, 2009) e *SCARTA 5.05*, onde houve o ajuste da escala e a confecção da grade retangular de coordenadas e da escala gráfica,

posteriormente os arquivos foram salvos no formato *postscript*, permitindo assim sua finalização gráfica no *software Corel Drawn 12.0*.

A topossequência de solos ribeirão Anhumas foi adaptada de Alves *et al.* (2009), sofrendo alterações gráficas e finalização no *Corel Drawn 12.0*.

Os perfis topográficos e longitudinal foram confeccionados e finalizados graficamente no aplicativo *Corel Drawn 12.0*, utilizando-se a malha quadriculada de distâncias apresentada no próprio programa.

4.2 Trabalho de Campo

As saídas de campo foram realizadas nos anos de 2008 e 2009, com o intuito de avaliar as reais condições da área de estudo frente ao conhecimento adquirido nos levantamentos bibliográficos e mapas produzidos e, também, com o objetivo de descrever morfologicamente os perfis culturais e pedológico. De cada horizonte e volume descrito foram coletadas amostras para posterior análise laboratorial, com o objetivo de reforçar os dados obtidos em campo.

Para a abertura e descrição dos perfis foram utilizados: enxadão, pá, faca, metro, um quadro de madeira com fios (enumerado com as distâncias em cm de cada quadrícula, o que facilitou o desenho de cada volume e horizonte estudado), água e a tabela de Munsell (1975).

A descrição do perfil pedológico seguiu as normas contidas no *Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo* (SANTOS *et al.*, 2005), onde se buscou a diferenciação dos horizontes de solo a partir de seus atributos, tais como: Cor; Textura; Estrutura; Porosidade; Cerosidade; Tipos e distribuição das raízes; e Atividade Biológica.

Os perfis culturais foram descritos seguindo o método do Perfil Cultural, adaptado a solos tropicais, preconizado por Tavares Filho *et al.* (1999). Esta metodologia foi desenvolvida inicialmente na França, na década de 1960, por Hénin *et al.* (1976), como exposto anteriormente. A descrição se iniciou com a observação do modo de organização dos volumes, onde se buscou diferencia-los em alterados pelo manejo agrícola (AM) e não alterados pelo manejo agrícola (NAM), enfatizando a organização dos torrões de solo, onde é possível classificá-los como livres (L), fissurados (F), laminar (Z) e maciço (C) (**Quadro 1**).

Quadro 1. Modos de organização do perfil de solo

Nível de análise	Simbologia	Definição
I	AM	Volume de solo visualmente alterado pelo manejo, isto é, pelo maquinário agrícola e pelas raízes.
	NAM	Volume de solo visualmente não alterado pelo manejo.
II (Somente para volume AM)	L	Volume de solo livre, solto, constituído por terra fina, solo pulverizado, agregado de torrões de tamanhos variados (de 0 a 10 cm) sem nenhuma coesão. Comum na superfície dos solos trabalhados. Pode apresentar raízes em grandes quantidades, bem ramificadas, não achatadas e não tortuosas, orientadas em todas as direções. A estabilidade em água e a coesão a seco entre agregados desse volume de solo são nulas, mas a estabilidade e a coesão dos agregados podem ser altas. A porosidade a olho nu é importante.
	F	Volume de solo fissurado, em que a individualização de torrões é facilitada pela fissuração, sendo estes de tamanhos variados. Quando presentes nesse volume, as raízes se desenvolvem preferencialmente entre os torrões, nas fissuras existentes. Podem ser bem ramificadas e orientadas em todas as direções, mas normalmente apresentam aspecto achatado. A porosidade é essencialmente fissural.
	Z	Volume de solo formado essencialmente de estrutura laminar. As raízes, quando presentes nesse volume, são tortuosas e com desenvolvimento horizontal. Normalmente, não são ramificadas e, além da tortuosidade, apresentam aspecto bem achatado.
	C	Volume de solo em que os elementos (agregados e terra fina) estão unidos, formando um volume bastante homogêneo, com aspecto de estrutura maciça, sendo impossível à individualização de torrões a olho nu. Pode apresentar raízes em grandes quantidades, bem ramificadas, não achatadas e não tortuosas, orientadas em todas as direções, quando o volume não for compacto, e, ou, não ramificadas, achatadas e tortuosas, orientadas horizontalmente, quando o volume for compacto. A porosidade é essencialmente de empilhamento de agregados, podendo apresentar cavidades arredondadas e, ou, poros tubulares.

(1) Nos modos de organização L e F, além do estado interno dos torrões, devem-se classificar os torrões pelo tamanho: 1 a 5 cm = pequenos; 6 a 10 cm = médios; > 10 cm = grandes.

A segunda etapa da descrição morfológica dos volumes alterados pelo manejo agrícola (AM) enfatizou o estado interno dos torrões de solo, dando ênfase a estrutura dos agregados, a porosidade, a estabilidade em água, a coesão a seco, as faces de ruptura e a disposição das raízes no volume (**Quadro 2**), dividindo-os em agregados compactos (Δ), não compactos (μ) e mais ou menos compactos ($\mu\Delta$ ou $\Delta\mu$).

Quadro 2. Estado interno dos torrões presentes nos diferentes modos de organização do volume de solo antropizado

Nível de análise	Simbologia	Definição
III	μ (agregado não compactado)	Estado interno dos torrões caracterizado por uma distribuição de agregados com estrutura interna e externa porosa, fácil de ser observada a olho nu, com predominância de poros tipo amontoamento de agregados. Normalmente, apresenta raízes intra e entre agregados, bem ramificadas, não achatadas, com orientação vertical não prejudicada pela compactação. As faces de ruptura são rugosas e a coesão a seco é pequena.
	Δ (agregado compacto)	Estado interno de torrões compactados, caracterizado por uma distribuição de agregados com estrutura angulosa (poliédrica, cúbica ou prismática), devido à forte pressão externa, com uma porosidade visível a olho nu muito pouco desenvolvida, com predominância, quando existir, de poros tubulares e, ou, cavidades arredondadas, podendo existir fissuras. Quase não apresenta raízes e estas, quando presentes, possuem poucas ramificações. São achatadas, com orientação vertical prejudicada pela compactação. As faces de ruptura são principalmente lisas e a coesão a seco é muito elevada.
	$\mu \Delta / \Delta \mu$ (agregado \pm compacto)	Estado intermediário entre agregados compactos e não compactos, com duas possibilidades: (1) Estado ($\mu\Delta$): agregados que estão em processo de compactação, mas que ainda guardam predominantemente as características do estado não compacto μ sobre as características do estado compacto Δ (definidos acima); (2) Estado ($\Delta\mu$): agregados que estão bem compactos, mas que ainda guardam algumas características do estado não compacto μ (definido acima).

Obs.: Durante a análise do perfil cultural, se forem observados volumes de solo com problema de hidromorfia, volumes com concentração de matéria orgânica ou resultantes de atividade biológica, estes devem ser indicados com a seguinte simbologia: h para indicar hidromorfia; b par indicar atividade biológica, e mo para indicar matéria orgânica

De cada volume e horizonte descrito foram coletadas amostras, para posterior análise laboratorial, em anéis de aço (anel volumétrico) com volume de 92,29 cm³, cravados no solo com o auxílio de um martelo e retirados com o uso de uma faca; posteriormente os anéis foram acondicionados em papel filme (pvc), o que permitiu a manutenção de sua umidade original e a não perda de material.

4.3 Trabalho de Laboratório

O trabalho de laboratório foi realizado junto ao Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, no Laboratório de Pedologia, através de amostras coletadas em anéis volumétricos nas saídas de campo realizadas na área de estudo. As análises laboratoriais compreenderam os dados de macro e microporosidade, porosidade total, densidade aparente e grau de saturação, através de técnicas preconizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA, 1997), para cada volume de solo alterado

pelo manejo agrícola (AM) descritos nos diferentes usos e manejos estudados (cana-de-açúcar, soja/milho e pastagem).

Um solo que se caracteriza por estar em equilíbrio pedológico, para seu dado momento histórico de evolução, apresenta características físicas e químicas que permitem um máximo de desenvolvimento da cobertura vegetal ali presente, porém, com a retirada da mata nativa, e posterior fixação de sistemas agrícolas, iniciam-se alterações as características físicas e químicas dos solos, dentre elas a compactação. Estas alterações provocam intensas modificações na dinâmica de matéria e energia ao longo do perfil de solo, no caso específico deste trabalho atentou-se as modificações físicas impostas por usos e manejos distintos (cana-de-açúcar, soja/milho e pastagem), e o que estas acarretam na degradação dos solos.

As análises laboratoriais (dados quantitativos) serviram para reforçar a descrição morfológica realizada em campo (dados qualitativos), permitindo assim um conhecimento mais aprofundado sobre as condições físicas de dado solo, sob usos e manejos distintos em seu dado momento histórico, possibilitando um planejamento de uso mais racional as reais limitações de cada tipo de solo.

A macroporosidade do solo corresponde aos poros maiores que 0,05 mm, responsáveis pela circulação de água e ar ao longo do perfil, permitindo um desenvolvimento maior das raízes (*ibid.*). O cálculo da macroporosidade se dá pela equação

$$\text{Macroporosidade (m}^3/\text{m}^3) = \text{Porosidade total} - \text{Microporosidade}$$

ou

$$\text{Macroporosidade (m}^3/\text{m}^3) = \text{Porosidade total} - \text{Microporosidade}$$

A microporosidade ou porosidade capilar corresponde aos poros drenados a 60 cm de água na mesa de tensão, estando intimamente relacionados com as texturas que cada horizonte/volume que os solos apresentam (MONIZ, 1972). O cálculo da microporosidade é expresso pela fórmula

$$\text{Microporosidade (m}^3/\text{m}^3) = (a-b)/c$$

Onde:

- a – Peso da amostra após ser submetida a uma mesa de tensão de 60 cm de coluna de água
- b – peso da amostra seca a 105 °C (g)

- c – volume do cilindro

A porosidade total corresponde ao volume de poros totais preenchidos por ar e/ou água (EMBRAPA, *op cit.*), sendo expressa pela equação

$$\text{Porosidade total (m}^3/\text{m}^3) = (\text{Macroporosidade} + \text{Microporosidade})$$

Sobre a porosidade dos solos e sua relação com o uso e manejo agrícola Moniz (*op cit.*) expõe que

O Tamanho dos poros do solo é variável e depende da distribuição de suas partículas e agregados. Parte dos espaços porosos são ocupados por água e parte por ar. Em contraste com o volume da parte sólida, que é constante, o volume dos espaços vazios é altamente variável. A distribuição dos espaços muda continuamente, em especial os grandes poros, na camada arável, devido ao manejo do solo.

A densidade aparente ou massa específica aparente “[...] corresponde à massa do solo seco por unidade de volume aparente, isto é, volume do solo ao natural, incluindo os espaços ocupados pelo ar e água” (*ibid.*), ou seja, quanto mais estruturado e compactado o solo, maior sua massa. O cálculo da densidade aparente é realizado através da fórmula

$$\text{Densidade aparente (g/cm}^3) = a/b$$

Onde:

- a – peso da amostra seca a 105 °C
- b – volume do anel volumétrico

O grau de saturação (de água) ou volume de saturação corresponde a quantidade máxima de água que o solo pode reter (EMBRAPA, 1997), sendo calculado pela equação

$$\text{Volume de saturação (cm}^3/\text{cm}^3) = (a-b)/c$$

Onde:

- a – peso do bloco de solo saturado
- b – peso do bloco seco a 105 °C

- volume do cilindro

4.4 Trabalho de Gabinete (2º Parte)

Na última etapa do trabalho, os dados obtidos no levantamento bibliográfico, saídas de campo e análises laboratoriais foram cruzados entre si, com o intuito de permitir uma melhor compreensão das relações de causa (usos e manejos agrícolas e dinâmicas sócio-econômicas presentes na área de estudo) e efeito (no caso específico deste trabalho, a compactação dos solos) dos processos de alteração das propriedades físicas dos solos, através do método do Perfil Cultural. Após a análise e síntese dos resultados se seguiu a redação final do trabalho.

5. Análise e Discussão dos Resultados

Com o intuito de uma aplicação mais geográfica do método do Perfil Cultural, consideramos que é indispensável uma caracterização da área de estudo, abarcando seus aspectos físicos e humanos, o que possibilita uma melhor compreensão da dinâmica da paisagem do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas. Com isto, buscamos uma síntese das relações de causa e efeito das alterações das propriedades físicas de um LATOSSOLO VERMELHO Férrico, sob usos e manejos distintos (cana-de-açúcar, soja/milho e pastagem), no município de Maracaí – SP (**Figura 1**).

5.1 Caracterização Sócio-Econômica da Área de Estudo

O município de Maracaí encontra-se localizado na região sudoeste do estado de São Paulo, estando inserido no vale do Médio Paranapanema e na Meso e Microrregião de Assis, limitando-se com os municípios de: Assis, Paraguaçu Paulista, Tarumã, Rancharia, Iepê, Cruzália e Pedrinhas Paulista, no estado de São Paulo, e Sertaneja no estado do Paraná.

O estado de São Paulo foi inicialmente colonizado na área litorânea (Santos e São Vicente), posteriormente, a colonização expandiu-se pelo interior através de vias naturais (redes de drenagem) e trilhas indígenas pré-cabralinas. A intensificação deste processo se deu no século XVIII, através da expansão da pecuária bovina (SIGRH, 2000).

A mesorregião onde está inserido o município de Maracá passou por inúmeros ciclos econômicos distintos, devido a oscilações do mercado internacional, indo do cultivo do café (anterior a crise econômica de 1929) a atual cultura temporária do binômio soja/milho. Iniciando-se com a expansão das pastagens no interior paulista, a região de Maracá posteriormente enfrenta o ciclo econômico do café, existentes principalmente nos amplos interflúvios da região, onde se apresentam solos de ótima fertilidade, como os do município de Marília (arenitos com cimentação calcária), ou as famosas Terras Roxas, originados de derrames de lavas básicas do Cretáceo (*ibid.*).

A situação fundiária nesta época mostrava uma concentração de terras (amplas propriedades) nas mãos das famílias mais abastadas, que mantinham principalmente o café e a pastagem. Os pequenos proprietários caracterizavam-se por culturas pequenas, algumas de subsistência, principalmente as temporárias, como algodão, soja e milho.

Após a crise econômica de 1929, intensificam-se o desenvolvimento das culturas temporárias, devido ao seu panorama econômico mais rentável na época. Dentre as lavouras temporárias, a que mais se destacou no período foi o algodão, que possuiu dois momentos distintos de expansão: num primeiro período houve o plantio nas cabeceiras do rio Paranapanema (municípios de Sorocaba e Itapetininga); no segundo momento, há uma expansão do cultivo para toda a Depressão Periférica Paulista (*ibid.*).

Sobre a expansão dos sistemas agrícolas no estado de São Paulo, suas transformações estruturais e seu impacto na degradação dos solos, o SIGRH (2000) comenta que

O importante avanço tecnológico ocorrido ao final da década de 30, início da década de 40, com a tração motorizada aos implementos agrícolas, aumentou significativamente a capacidade de preparação de terrenos agrícolas [...] imprimindo assim maior velocidade na degradação dos solos pela erosão, que já se verificava na maior parte dos solos agricultáveis do estado.

O município de Maracá não fugiu a esta realidade ao longo de sua história, sua colonização se inicia no começo do século XX, na confluência dos rios Capivara e Cervo, tendo inicialmente sua base econômica fixada na agricultura, através das plantações de café e algodão, nos férteis solos da região (*ibid.*). A **Tabela 1** nos permite analisar o esvaziamento populacional ocorrido na zona rural (conseqüência da modernização agrícola da região), principalmente dos anos de 1970 para 1980, onde sua população cai praticamente pela metade, aumentando assim o número de habitantes na zona urbana, que apresenta um grande acréscimo dos anos de 1980 para 1991.

Tabela 1: População residente no município de Maracáí nos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2007, por situação do domicílio.

Situação do domicílio	Ano				
	1970	1980	1991	2000	2007
Total	11.454	10.054	12.467	13.004	13.163
Urbana	3.381	5.600	9.902	11.420	11.630
Rural	8.073	4.454	2.565	1.584	1.533

Fonte: IBGE – Censos Demográficos 1970, 1980, 1991 e 2000, e Contagem da População 2007.

As **Tabelas 2, 3 e 4**, produzidas através do SIDRA (IBGE, 2009d), nos mostram a evolução ocorrida entre os anos de 1996 e 2006, da área plantada por tipos de cultivo, área dos estabelecimentos por cultivo e número de estabelecimentos por uso da terra. Fica claro nos dados apresentados a redução da área cultivada por culturas permanentes (principalmente a do café), e o aumento de lavouras temporárias, como a soja, milho e cana-de-açúcar.

Tabela 2: Área plantada e quantidade produzida de lavoura temporária, no município de Maracáí/SP

Lavoura temporária	Área plantada (Hectares)		Quantidade produzida	
	1996	2006	1996	2006
Total	66.595	57.370	-	-
Algodão herbáceo (em caroço) (Toneladas)	60	-	144	-
Amendoim (em casca) (Toneladas)	400	-	820	-
Arroz (em casca) (Toneladas)	80	-	192	-
Cana-de-açúcar (Toneladas)	10.700	17.200	909.500	1.400.000
Feijão (em grão) (Toneladas)	75	-	45	-
Mandioca (Toneladas)	80	160	1.600	4.800
Milho (em grão) (Toneladas)	23.200	21.250	57.400	57.450
Soja (em grão) (Toneladas)	30.000	18.460	75.000	47.000
Trigo (em grão) (Toneladas)	2.000	300	3.420	630

Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal

Tabela 3: Área (Hectares) dos estabelecimentos agropecuários por utilização das terras, no município de Maracá/SP, nos anos de 1996 e 2006.

Utilização das terras	Área (ha)		Percentual	
	1996	2006	1996	2006
Total	44.950	40.225	100	100
Lavouras permanentes	29	98	0,06	0,24
Lavouras temporárias	33.756	33.542	75,1	83,39
Pastagens	8.372	4.104	18,63	10,2
Matas e florestas	933	976	2,08	2,43

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário

É importante ressaltar que a cultura de cana-de-açúcar encontra-se, principalmente, na parte norte do município de Maracá, área que apresenta solos menos férteis e de menor produtividade agrícola, devido ao tipo de material original que lhe deu origem (arenitos do Grupo Bauru, pertencentes a Formação Adamantina). Na parte sul do município, onde se encontram solos mais férteis, originários de derrames básicos da Formação Serra Geral, concentram-se principalmente as culturas temporárias de soja e milho (SIGRH, 2000).

Na **Tabela 4** é possível constatar uma redução do número de estabelecimentos agropecuários, principalmente no que concerne à lavouras temporárias, indicando assim uma possível concentração fundiária da terra nas mãos de grandes proprietários, possuidores de um maior capital financeiro, o que possibilita uma maior adequação frente aos interesses do mercado internacional.

Tabela 4: Número de estabelecimentos agropecuários por utilização das terras, no município de Maracá/SP, nos anos de 1996 e 2006.

Utilização das terras	Unidade		Percentual	
	1996	2006	1996	2006
Total	519	282	100	100
Lavouras permanentes	54	6	10,4	2,13
Lavouras temporárias	420	156	80,92	55,32
Pastagens	307	218	59,15	77,3
Matas e florestas	170	187	32,76	66,31

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário

As **Figuras 2, 3 e 4**, que representam uma análise multitemporal do Uso do Solo da área de estudo (o alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas) vem reforçar os dados apresentados anteriormente, onde é possível acompanhar o aumento da área de lavouras temporárias frente a diminuição de culturas permanentes e pastagens e a migração da população rural para a zona urbana.

Uso do Solo para o ano de 1975 do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, Maracáí-SP

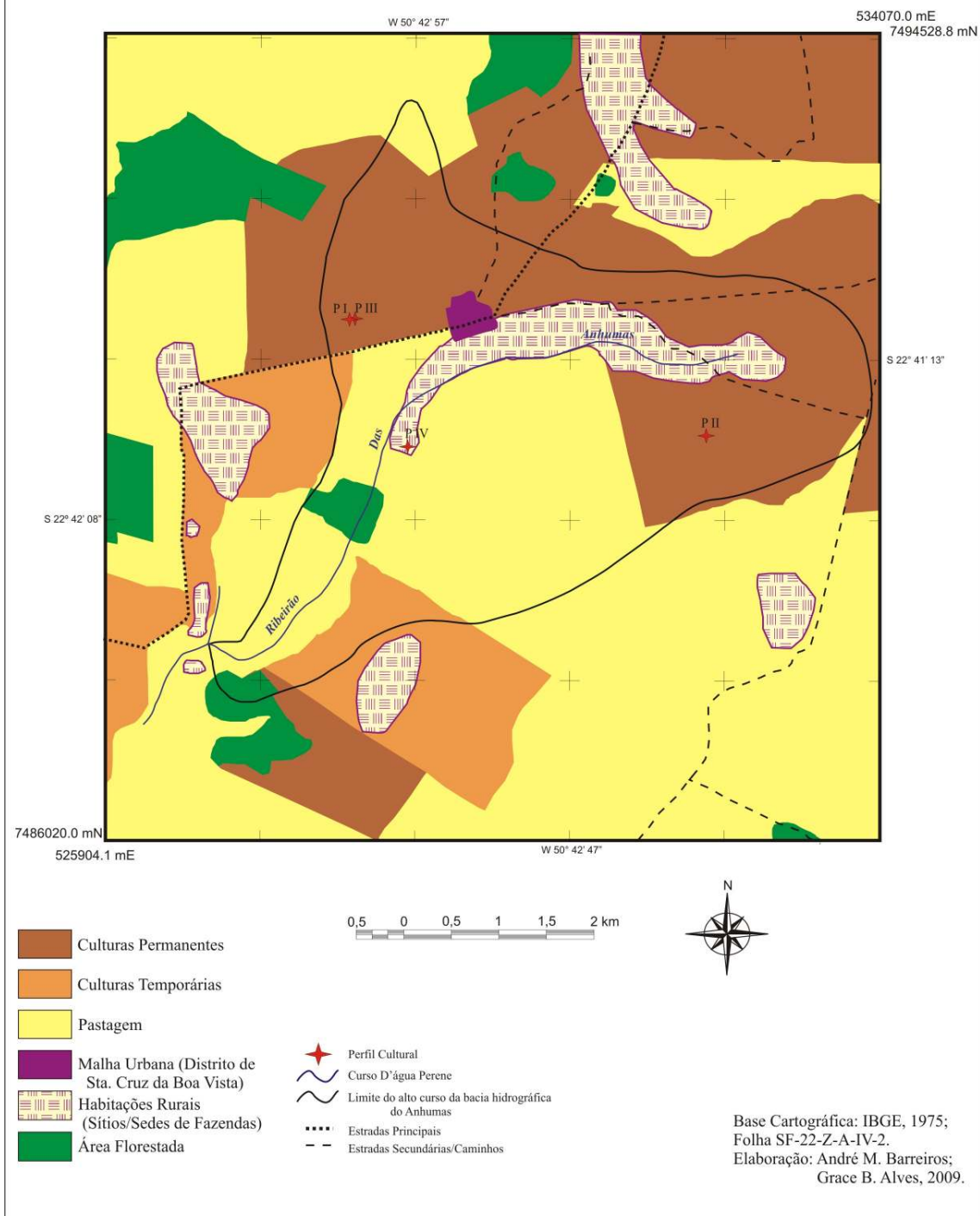


Figura 2: Uso do Solo para o ano de 1975 do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas.
Fonte: IBGE, 1975.

Uso do Solo para o ano de 1984 do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, Maracáí-SP

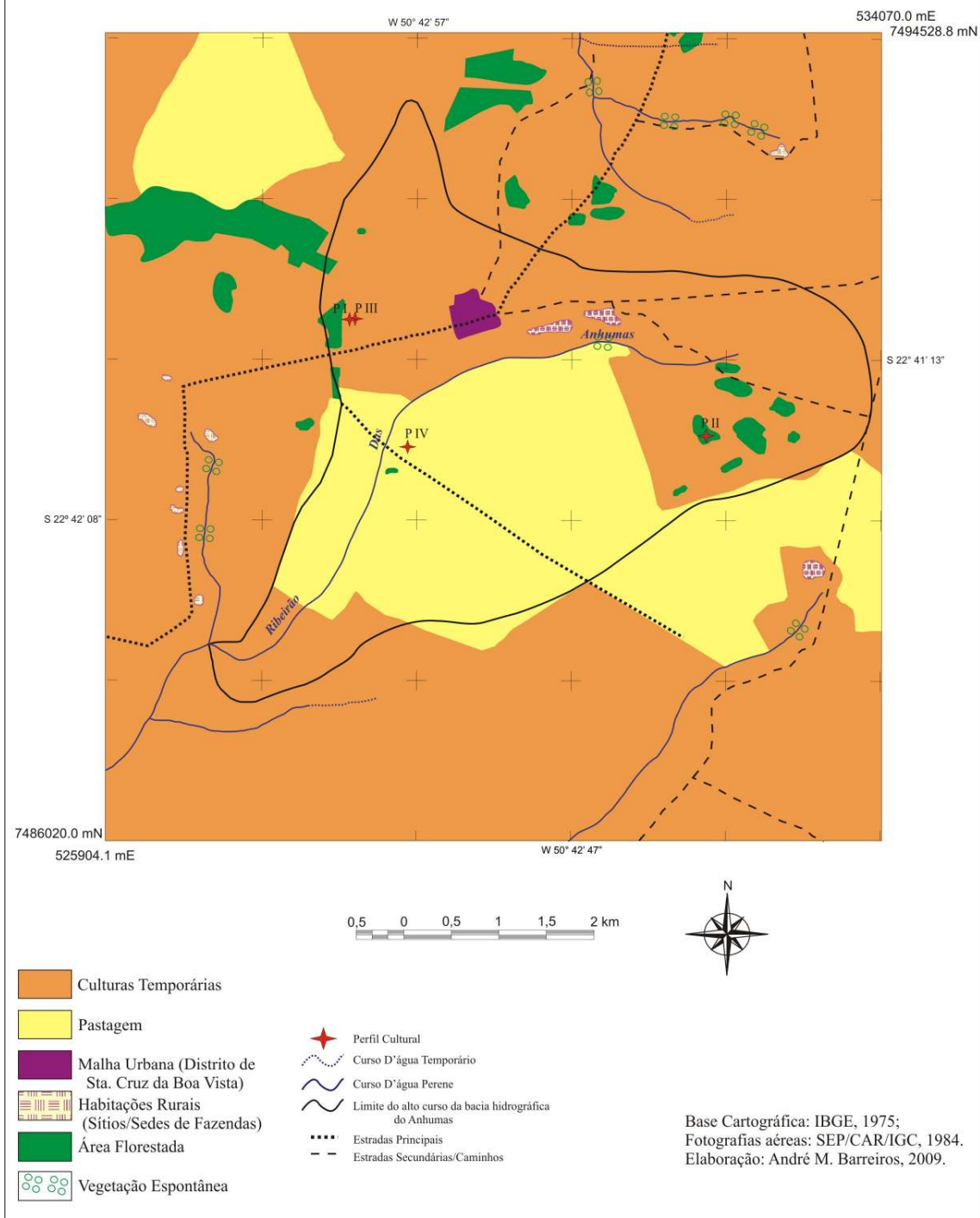


Figura 3: Uso do Solo para o ano de 1984 do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas.
Fonte: SEP/CAR/IGC, 1984.

Uso do Solo para o ano de 2008 do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, Maracáí-SP

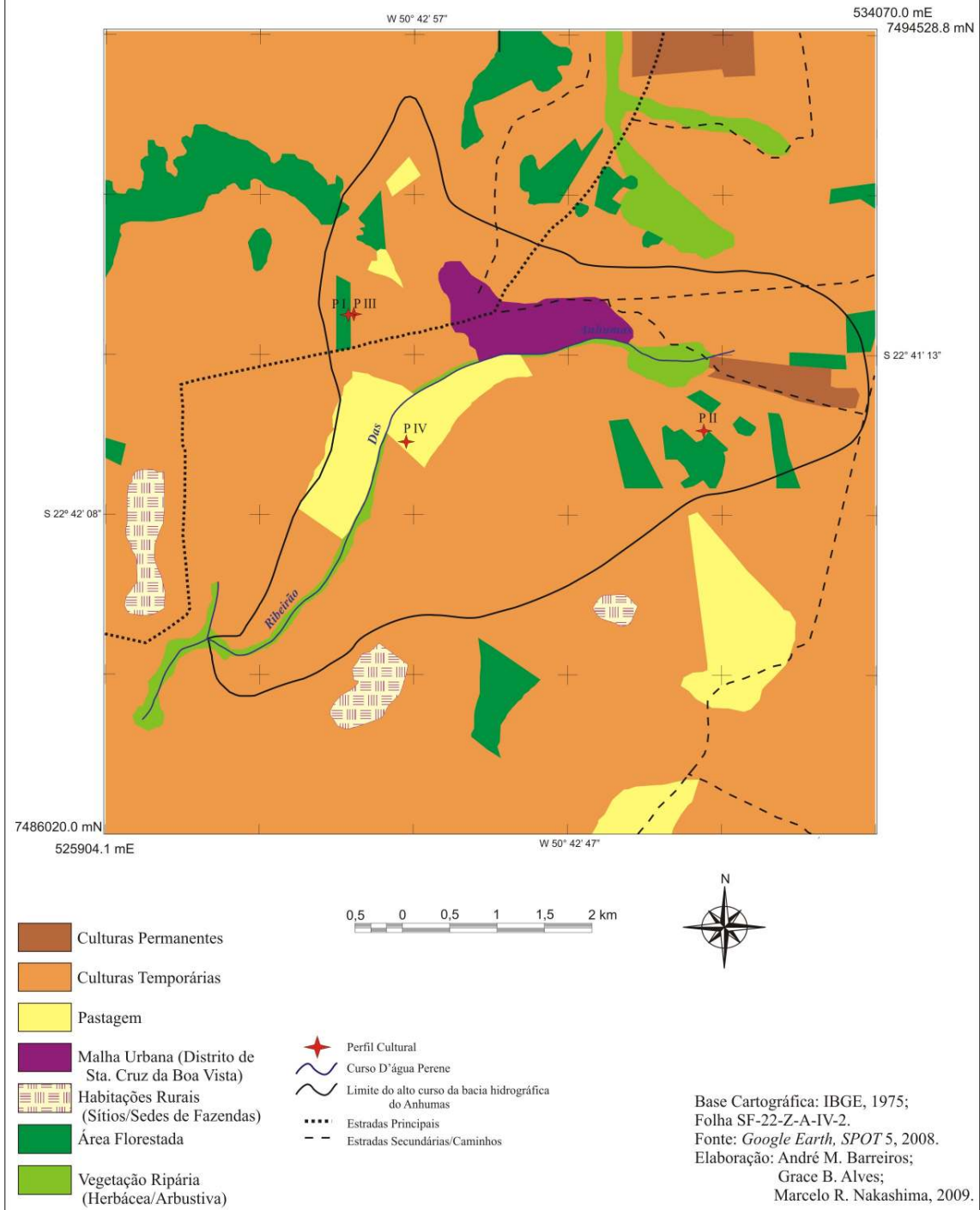


Figura 4: Uso do solo para o ano de 2008 do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas.
Fonte: SPOT 5, 2008.

Na **Figura 2** nota-se, ainda, a predominância da pastagem e de lavouras permanentes, como o café, frente às culturas temporárias (algodão) em toda a área estudada; fica evidente também a concentração de habitações na zona rural (Habitações Rurais – sítios e sedes de fazendas), estas se localizando, principalmente, junto aos corpos d'água (rios e cabeceiras de drenagem) presentes na região.

A **Figura 3** (Uso do Solo para o ano de 1984) nos mostra o desaparecimento das lavouras permanentes e massiva diminuição das áreas de pastagem, em comparação com um intenso crescimento apresentado pelas culturas temporárias (soja e milho principalmente). O número de habitações rurais também apresenta uma intensa diminuição, motivo este ligado a modernização agrícola pelo qual o campo passava nesta década, ocasionando assim um intenso fluxo de pessoas das zonas rurais para a zona urbana, concordando assim, com os dados apresentados anteriormente (**Tabela 1**).

A **Figura 4**, que corresponde ao Uso do Solo para o ano de 2008, reforça a interpretação de crescimento das lavouras temporárias (principalmente soja e milho) frente aos outros sistemas agrícolas da área de estudo. A malha urbana do distrito de Santa Cruz da Boa Vista apresenta um crescimento em sua área, frente aos dados apresentados para o ano de 1984; a área de mata nativa e vegetação ripária também apresentam um acréscimo em suas áreas, isto se deve, possivelmente, ao aumento da preocupação com questões ambientais, como no caso da proteção de corpos hídricos com o plantio da vegetação ciliar, por exemplo.

Os dados apresentados anteriormente vêm ilustrar o quão complexa é a dinâmica sócio-econômica presente na área de estudo, esta totalmente variável no espaço e tempo e intrinsecamente relacionada a modificações estruturais no sistema econômico mundial. Assim, fica claro que com as modificações dos sistemas agrícolas ao longo do tempo e espaço, ocorre uma mudança nos usos e manejos do solo, acarretando, conseqüentemente, alterações físicas e químicas variáveis, não possíveis de se estimar, devido a sobreposições concomitantes de alterações ao longo do tempo.

A materialização das relações econômicas sobre o espaço, caracterizando-o como um território, se dá sobre uma dada paisagem, que possui uma estrutura e dinâmica própria e complexa, entre os elementos abióticos, bióticos e as ações antrópicas (BERTRAND, 2007). Estas ações modificam as trocas de energia e matéria do sistema, acelerando-as ou diminuindo-as; no caso específico deste trabalho, atentou-se as alterações das propriedades físicas do solo, originadas por usos e manejos agrícolas.

5.2 Caracterização do Meio Físico da Área de Estudo

Sendo o espaço geográfico um todo complexo, que abrange as relações dialéticas entre os elementos bióticos e abióticos, permite a configuração de um mosaico imenso de paisagens, que compõe um “[...] conjunto geográfico votado de uma estrutura e funcionamento” (BERUTCHACHVILI e BERTRAND, 2007). Qualquer mudança na estrutura – vegetação, solos ou geomorfologia, por exemplo – desencadeará uma alteração dos fluxos de matéria e energia do sistema estudado, acarretando assim uma modificação em seu funcionamento (dinâmica); assim sendo, a compactação do solo através do trânsito de implementos agrícolas e/ou animais, contribuem para uma alteração na dinâmica hídrica da vertente, podendo assim acelerar os processos erosivos, como citado anteriormente.

O meio físico do Médio Paranapanema apresenta um mosaico de paisagens compostas de estruturas e dinâmicas heterogêneas ao longo da região, onde cada área apresenta uma relação intrínseca dos elementos físicos. Sobre estas paisagens e suas interações, o SIGRH (2000) expõe que no contexto geral “[...] observa-se certa relação entre os componentes do meio físico”.

A classificação climática desta área segundo Köppen “[...] está praticamente toda compreendida no clima temperado brando, chuvoso com verão quente (Cfa), e a parte restante compreendida em clima temperado brando, chuvoso com verão fresco (Cfb)” (*ibid.*). A região do Médio Paranapanema, tendo sua base econômica ligada principalmente a agricultura, está sujeita a quebras de safra, ocasionadas por “anomalias” climáticas, como anos muito chuvosos ou muito secos, por exemplo.

A geologia da região é composta, basicamente, por unidades litoestratigráficas, constituídas por rochas sedimentares (arenitos do Grupo Bauru) e ígneas (Formação Serra Geral) da Bacia Sedimentar do Paraná, de idade predominantemente da era Mesozóica (*ibid.*). Sobre esta bacia o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) a classifica como “[...] uma unidade geotectônica estabelecida sobre a plataforma Sul-Americana a partir do Devoniano Inferior” (*apud. SIGRH, op cit.*).

As diferenças geológicas da área propiciam um mosaico de solos e relevos na paisagem, os arenitos aparecem, predominantemente, nos amplos interflúvios (divisores topográficos), originando solos menos férteis – no caso da Formação Adamantina; os basaltos da Formação Serra Geral aparecem em altitudes menos elevadas, dando origem a solos mais férteis (com maior produtividade agrícola), como a antiga “Terra Roxa” (atual LATOSSOLO VERMELHO Férrico).

Praticamente sobre as mesmas condições climáticas, porém, com materiais originais distintos, a cobertura pedológica da área apresenta uma grande variedade. Os arenitos do Grupo Bauru (Formação Adamantina) dão origem a solos menos férteis e mais susceptíveis aos processos erosivos, tais como: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (Pve, Pva), LATOSSOLO VERMELHO (Lea) e LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (Lva). As rochas efusivas básicas da Formação Serra Geral originam solos mais férteis, com textura argilosa a muito argilosa, entre eles o LATOSSOLO VERMELHO Férrico (LRe, LRd) e o NITOSSOLO VERMELHO Férrico (Tre) (*ibid.*).

Nas áreas onde o relevo apresenta-se mais dissecado, com vertentes mais íngremes – facilitando assim o escoamento superficial da água frente a infiltração no perfil de solo, favorecendo a morfogênese, como exposto anteriormente – aparecem os solos litólicos (Re), que dificultam a implantação de cultivos temporários devido a impossibilidade de mecanização da área. Próximo ao fundo do vale, onde a oscilação do lençol freático desencadeia processos de hidromorfia no solo, aparecem os GLEISSOLOS (HGP) (*ibid.*).

A região do Médio Paranapanema está inserida no Planalto Ocidental Paulista, o que constitui um prolongamento físico do reverso das cuestas basálticas (limite leste da área), apresentando relevos monótonos, com vertentes longas (800 a mais de 1000 m) (*ibid.*).

A vegetação original da região era composta pela Floresta Estacional Semidecidual, com algumas manchas de cerrado nos amplos interflúvios (IBGE, 2004). Hoje está vegetação encontra-se muito degradada, “subexistindo” em pequenas áreas próximas aos fundos de vale e em regiões com o relevo mais dissecado.

Maracaí, município inserido na região do Médio Paranapanema, também apresenta uma estrutura e dinâmica da paisagem complexa, possuindo inúmeras das características descritas anteriormente, como a geologia e geomorfologia, por exemplo.

No setor norte do município (área com as maiores altitudes, variando de 360 a 540 m), apresentam-se solos arenosos, devido ao tipo de material original (arenitos do Grupo Bauru, Formação Adamantina); na parte central de Maracaí apresenta-se um relevo mais dissecado, com maiores declividades, originando assim, solos rasos, pouco desenvolvidos (tais como o NEOSSOLO LITÓLICO, por exemplo), entre áreas planas, com relevo suavemente ondulado; a porção sul do município apresenta um relevo plano, com solos oriundos de rochas efusivas básicas (Formação Serra Geral) e bolsões arenosos (possivelmente antigos terraços do rio Paranapanema).

O alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas (área de estudo, **Figura 1**) localiza-se na porção central do município de Maracá, as **Figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12** vem dar suporte para uma melhor compreensão do meio físico da área.

Topografia e Perfis do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, Maracáí-SP

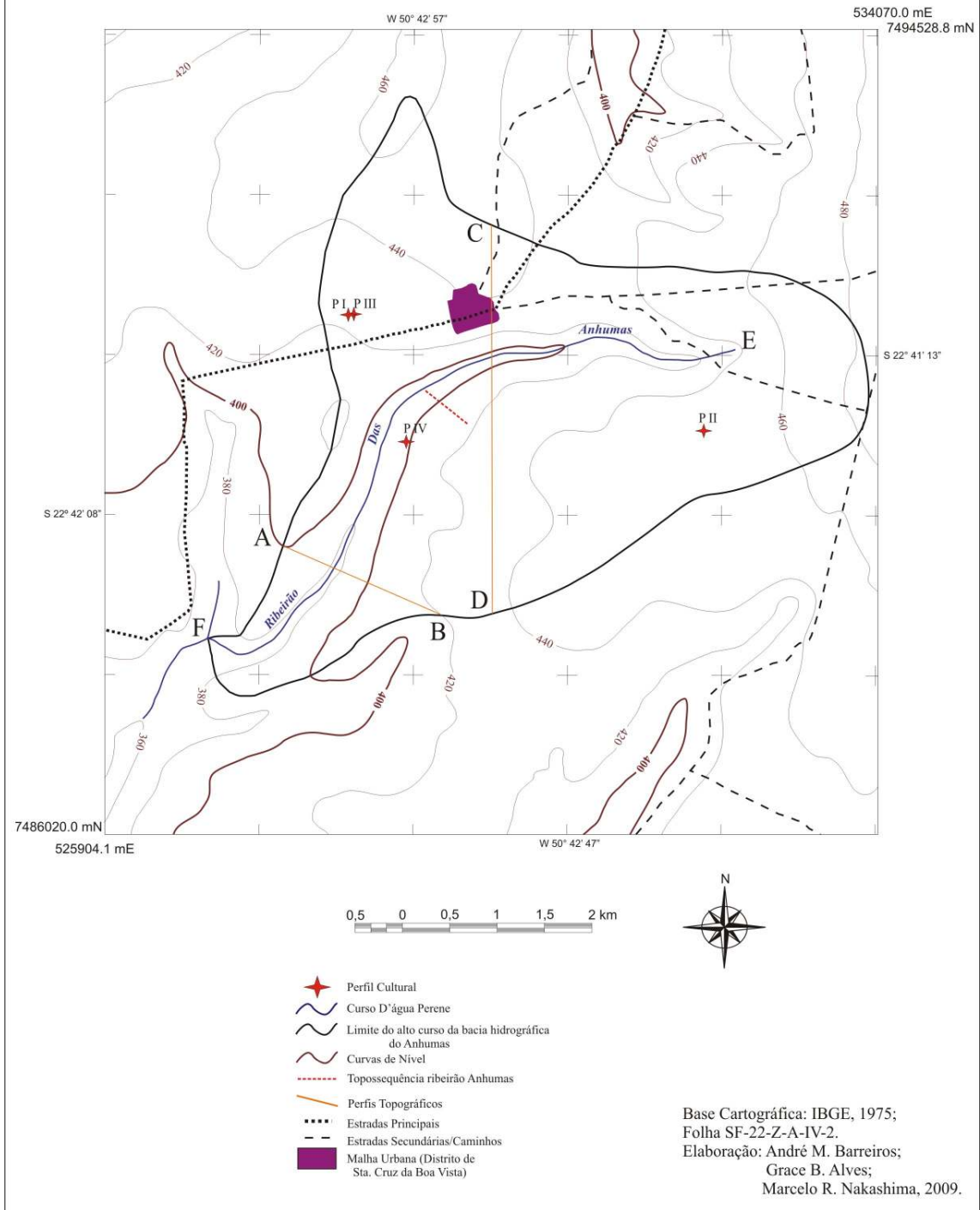


Figura 5: Carta Topográfica e Perfis do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas.
Fonte: IBGE, 1975.

Hipsometria do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, Maracáí-SP

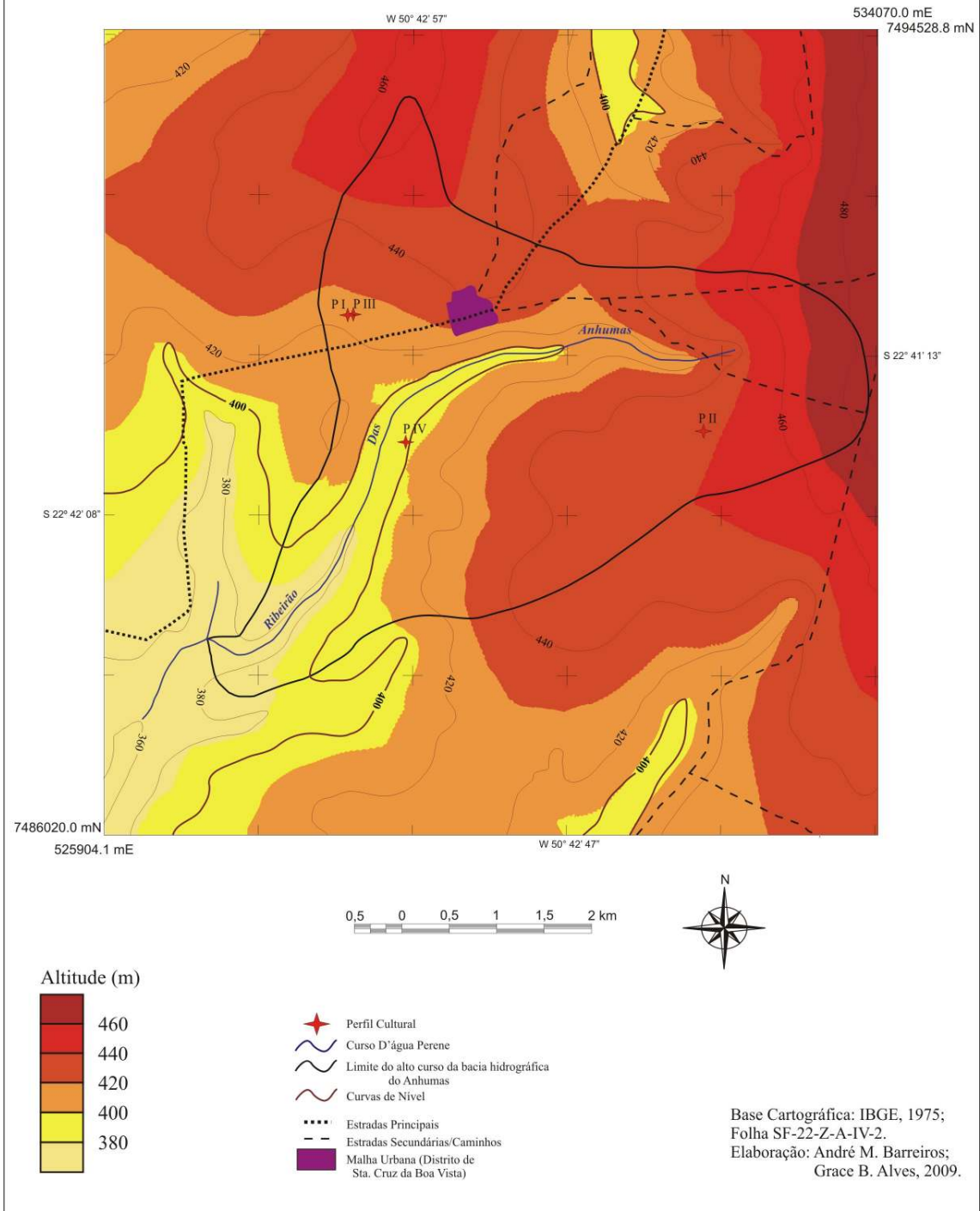


Figura 6: Carta Hipsométrica do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas.
Fonte: IBGE, 1975.

Declividade do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, Maracáí-SP

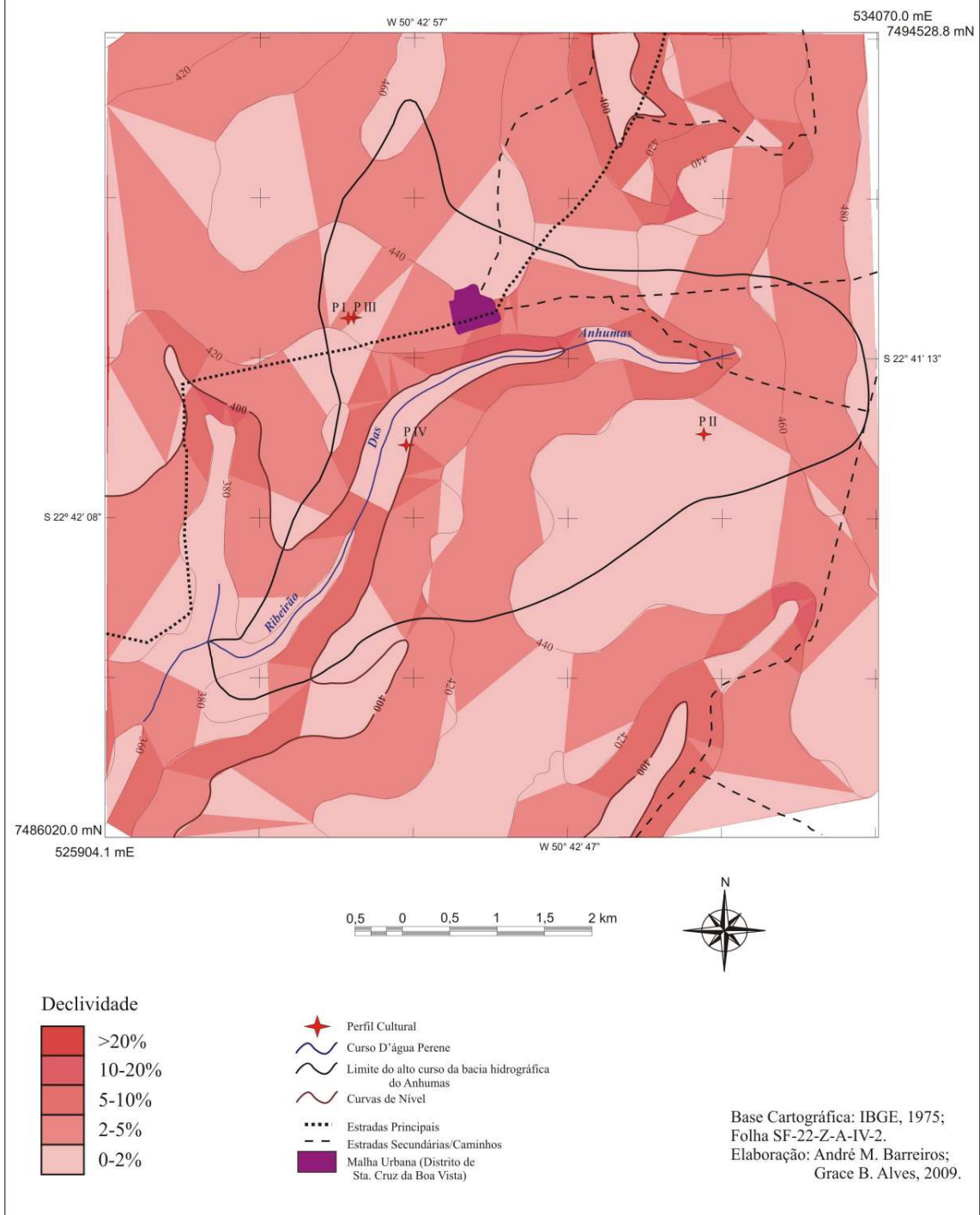


Figura 7: Carta de Declividade do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas.
Fonte: IBGE, 1975.

Morfopedologia e Degradação Ambiental do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, Maracáí-SP

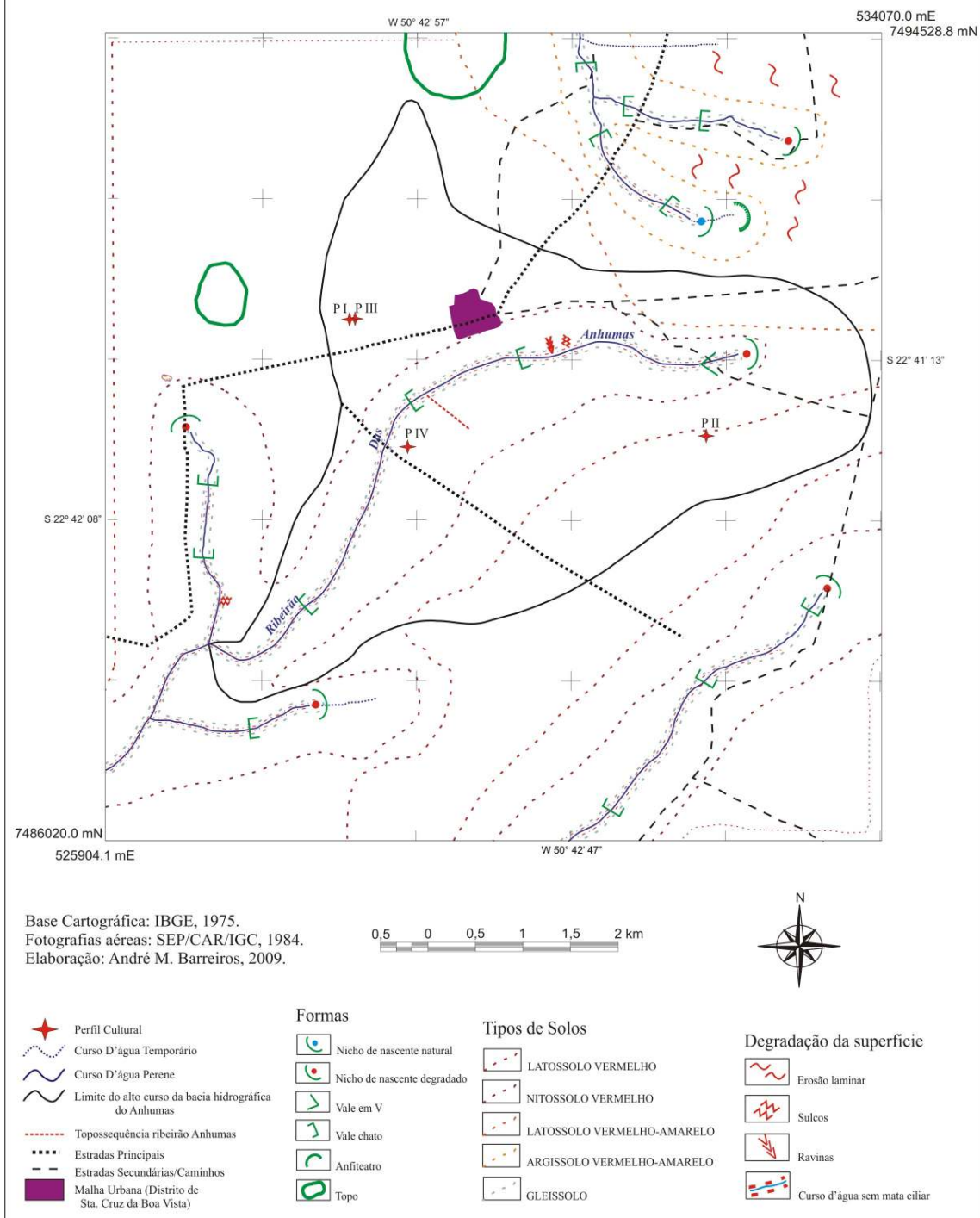


Figura 8: Carta Morfopedológica e de Degradação Ambiental do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas.
Fonte: SEP/CAR/IGC, 1984.

Tipos de Solos do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, Maracáí-SP

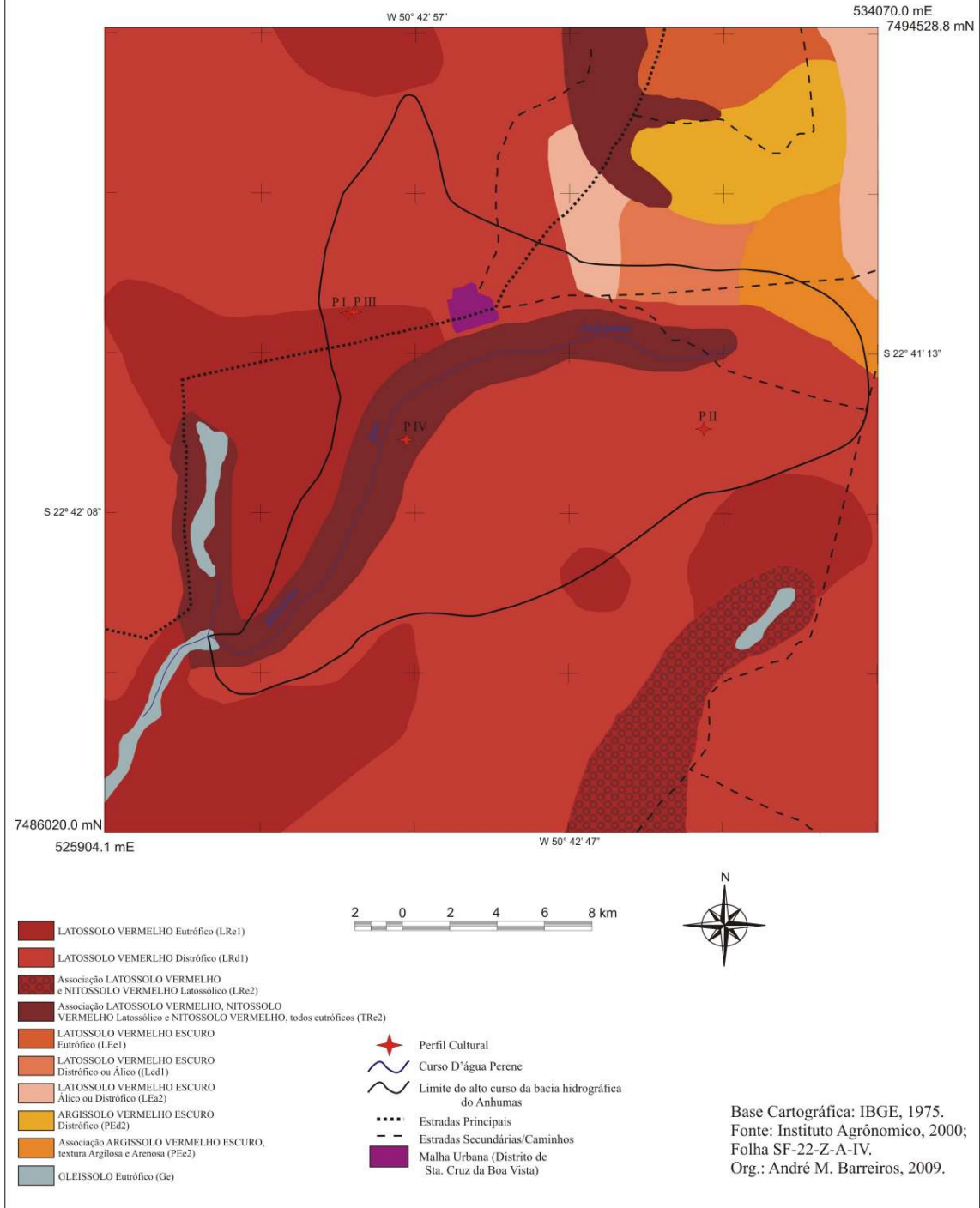


Figura 9: Carta de Solos do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas.
Fonte: Instituto Agrônomico, 2000.

Toposequência de solos ribeirão Anhumas, Maracá - SP

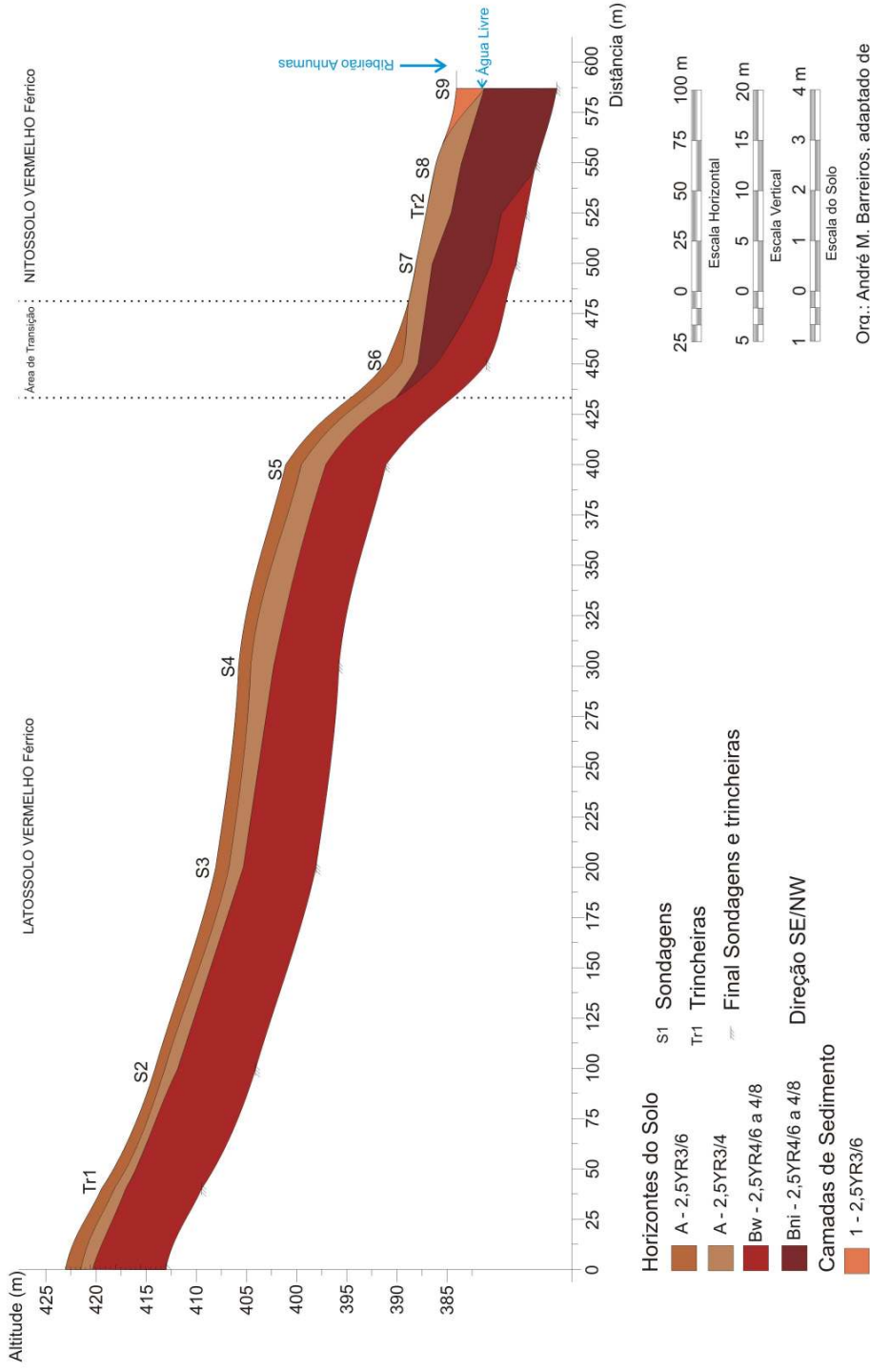
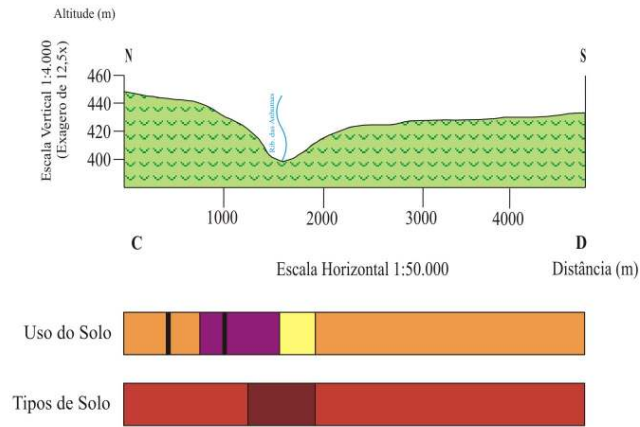
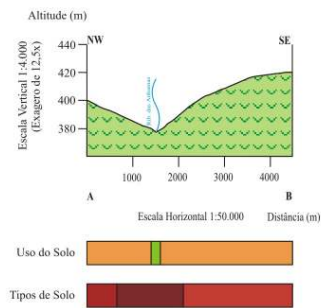


Figura 10: Toposequência de solos ribeirão Anhumas, Maracá - SP.
Fonte: Adaptado de Alves, *et al.*, 2009.

Perfil Transversal C-D do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, Maracáí - SP



Perfil Transversal A-B do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, Maracáí - SP






Uso do Solo

-  Culturas Permanentes
-  Culturas Temporárias
-  Pastagem
-  Malha Urbana (Distrito de Sta. Cruz da Boa Vista)
-  Estrada Principal/Secundária
-  Área Florestada
-  Vegetação Ripária (Herbácea/Arbustiva)

Litologia

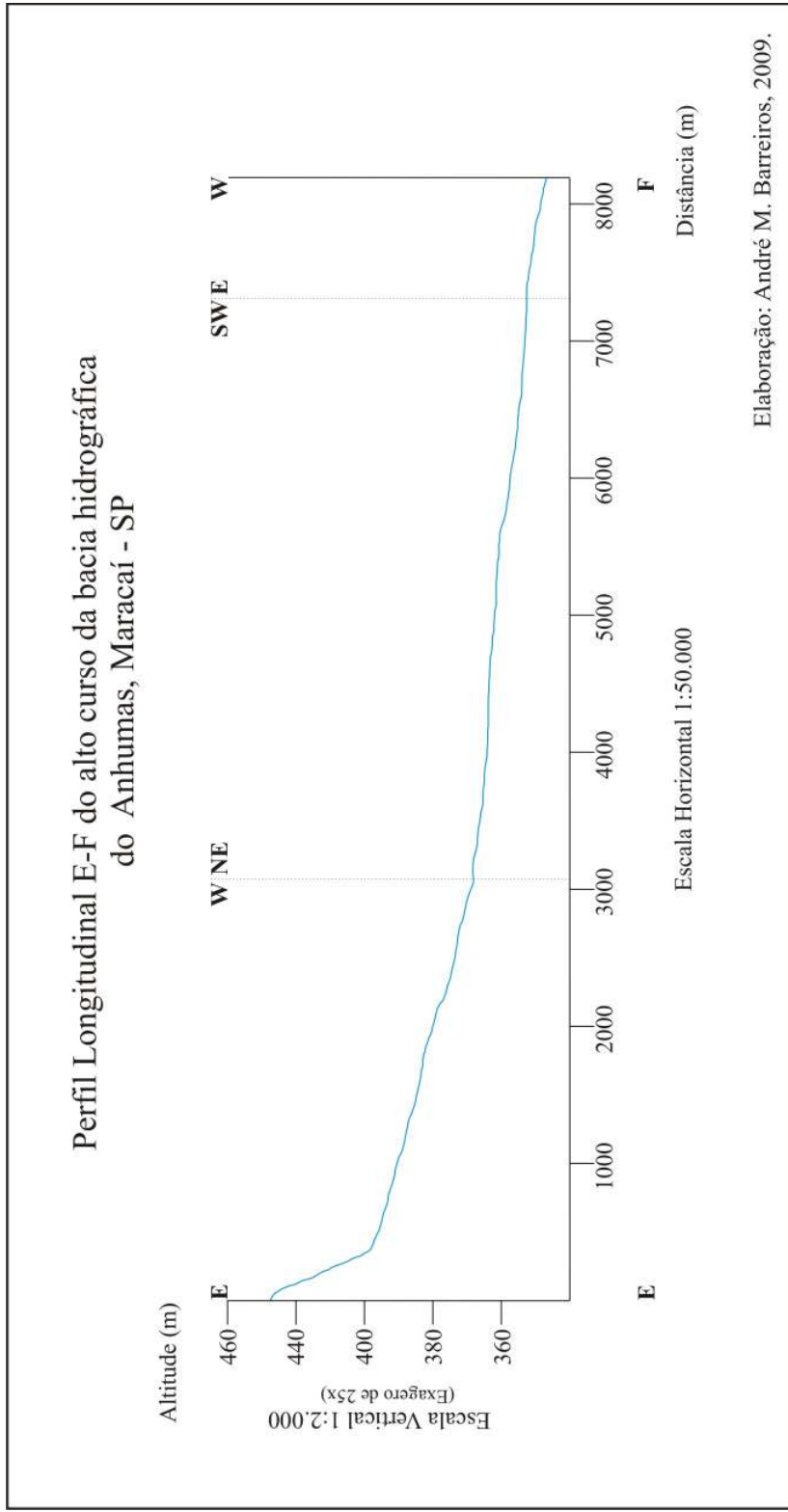
-  Basalto (Formação Serra Geral)

Tipos de Solos

-  LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LRe1)
-  LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (LRd1)
-  Associação LATOSSOLO VERMELHO, NITOSSOLO VERMELHO Latossólico e NITOSSOLO VERMELHO, todos eutróficos (Tre2)

Elaboração: André M. Barreiros, 2009.

Figura 11: Perfis Topográficos A-B e C-D do alto curso do ribeirão Anhumas.



Elaboração: André M. Barreiros, 2009.

Figura 12: Perfil Longitudinal E-F do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas.

A **Figura 5** representa a topografia da área de estudo, a rede de drenagem, estradas principais/secundárias, os perfis topográficos (A-B e C-D) e longitudinal (E-F), a malha urbana e a localização dos perfis culturais (o posicionamento dos perfis, foi realizado pela coleta de dados através de um sistema de posicionamento global, GPS).

As maiores altitudes da área (hipsometria do alto curso da bacia hidrográfica do Anhumas, **Figura 6**) localizam-se na porção Nordeste e Norte da área (superiores a 460 m) – local onde aparecem solos arenosos, originários da Formação Adamantina –, enquanto as menores estão no setor sudoeste do alto curso do ribeirão das Anhumas (de 380 a 360 m).

Na **Figura 7** (declividade da área de estudo) percebe-se as maiores declividades junto aos fundos de vales, frente aos baixos declives encontrados nos amplos interflúvios da área. Estas mudanças na inclinação das vertentes propiciam uma circulação hídrica diferenciada ao longo do perfil de solo, originando assim, processos pedogenéticos distintos, o que acarreta em uma diferenciação dos solos ao longo da vertente, como pode ser visto na **Figura 10**.

Através da Carta Morfopedológica e de Degradação Ambiental da área (**Figura 8**) percebemos a predominância de vales com fundo chato e cursos d'água sem vegetação ciliar; a maioria dos nichos de nascente encontram-se degradados, sem a proteção da vegetação, o que pode ocasionar um intenso assoreamento destes e dos corpos d'água. Os processos erosivos encontrados são poucos e de caráter linear (sulcos e ravinas), localizando principalmente nos fundos de vales; as erosões laminares aparecem, principalmente, no setor nordeste da área, sob os solos arenosos da Formação Adamantina.

A **Figura 9** representa os tipos de solos encontrados no alto curso do ribeirão das Anhumas, onde sobre rochas efusivas básicas (Formação Serra Geral) aparecem solos argilosos a muito argilosos, tais como o: LATOSSOLO VERMELHO Férrico e NITOSSOLO VERMELHO Férrico. Na porção Nordeste da área, que possui cotas altimétricas mais elevadas, aparecem os solos arenosos originados da Formação Adamantina, tais como: LATOSSOLO VERMELHO ESCURO e ARGISSOLO VERMELHO ESCURO. Próximo aos fundos de vale, onde a ação oscilante do lençol freático ocorre de forma mais intensa, aparecem os solos hidromórficos (GLEISSOLO).

A **Figura 10** representa uma topossequência contendo o sistema pedológico típico da área, onde no topo e alta vertente aparece o LATOSSOLO VERMELHO Férrico; na média baixa vertente, após uma ruptura de declive, ocorre o NITOSSOLO VERMELHO Férrico; no sopé da vertente ocorre a presença de colúvio, possivelmente devido a erosões laminares ocorridas a montante, originadas pelo intenso tráfico do maquinário agrícola, que revolve o solo, destruindo sua estrutura e o tornando mais susceptível aos processos erosivos. O

levantamento da topossequência foi realizado segundo a metodologia preconizada por Boulet (1988).

Os Perfis Topográficos A-B e C-D (**Figura 11**) estão orientados no sentido N/S e SE/NW, respectivamente; em ambos pode-se observar a litologia (Formação Serra Geral), o tipo de uso do solo (predomínio de lavouras temporárias) e os tipos de solo da área de estudo. O Perfil Longitudinal (**Figura 12**) apresenta uma maior declividade a montante do curso d'água (5 a 10%, segundo a Carta de Declividade, **Figura 7**), próximo a nascente do ribeirão das Anhumas, a jusante a declividade diminui (0 a 2%, **Figura 7**); sua direção é predominante no sentido E/W, variando para W/NE e SW/E.

5.3 Os Perfis Culturais e Pedológico

Os perfis descritos morfológicamente e analisados laboratorialmente foram abertos sobre um mesmo tipo de solo, o LATOSSOLO VERMELHO Férrico, sob usos e manejos agrícolas distintos (cana-de-açúcar, soja/milho e pastagem), tendo como referência um solo sob mata nativa, próximo ao distrito de Santa Cruz da Boa Vista, no município de Maracá – SP (**Figura 1**). Como objetivo principal, este trabalho buscou identificar qual dos usos e manejos descritos anteriormente causa as maiores alterações das propriedades físicas dos solos.

O perfil sob mata nativa (PI) (**Figura 13**) caracteriza-se por estar em equilíbrio pedológico, mostrando uma nítida sucessão e diferenciação de horizontes de origem pedológica, possuindo 60 cm de profundidade por 120 cm de largura. Apresentam-se quatro horizontes (O, A1, A2 e Bw) diferenciados, porém com características morfológicas semelhantes. Por se tratar de um solo que não possui nenhum tipo de uso e manejo, ele será considerado, segundo a metodologia proposta por Tavares Filho *et al.* (1999), como não alterados pelo manejo agrícola (NAM), não apresentando volumes compactados, mantendo assim suas características de estrutura, densidade e porosidade originais.

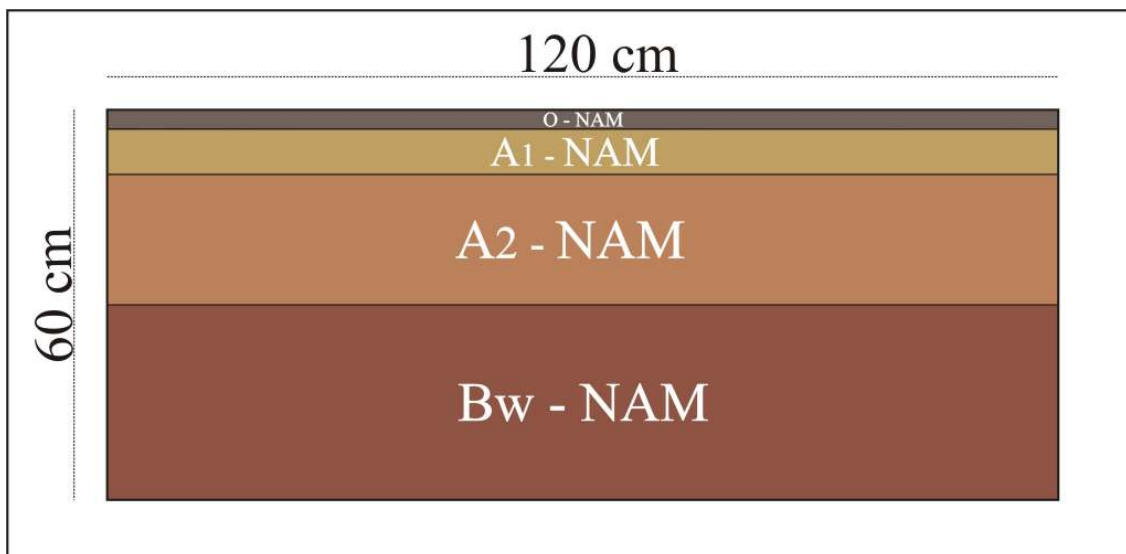


Figura 13: Perfil sob mata nativa (PI), localizado próximo ao distrito de Santa Cruz da Boa Vista (**Figura 5**).

A descrição morfológica dos horizontes seguiu as normas contidas no *Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo*, de Santos *et al.* (2005). Os horizontes descritos (A1, A2 e Bw) apresentam textura argilosa, com estrutura granular, pequena a média e forte; a atividade biológica encontrada é comum, com raízes abundantes a comuns (dependendo da profundidade no perfil); a porosidade é tubular e estrutural e a estabilidade dos torrões de solo é estável. A descrição completa de cada horizonte encontra-se no **apêndice 1**.

Este perfil foi descrito próximo ao distrito de Santa Cruz da Boa Vista, ao lado do perfil sob o binômio soja/milho. Esta área de mata não é antiga, tendo se recuperado com o passar do tempo, como é possível identificar nas cartas de Uso do Solo, para os anos de 1975, 1984 e 2008 (**Figura 2, 3 e 4**). A **Figura 14** mostra uma visão geral da área de mata e de soja/milho, onde foram descritos os perfis.

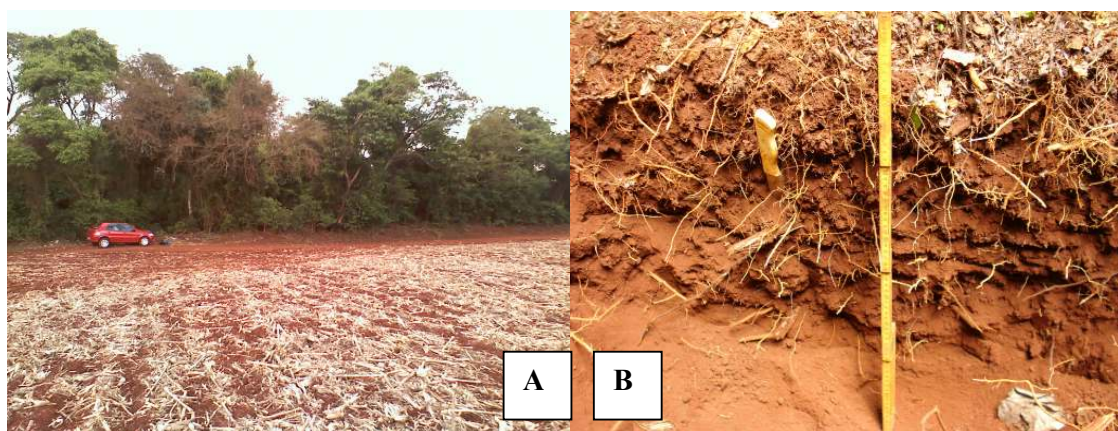


Figura 14: A) Vista geral da área de mata e soja/milho onde foram descritos os perfis; B) Perfil sob mata nativa.

O perfil sob mata nativa é o que apresenta os melhores dados de macro ($33,28 \text{ m}^3/\text{m}^3$) e microporosidade ($32,31 \text{ m}^3/\text{m}^3$), porosidade total ($65,95 \text{ m}^3/\text{m}^3$), densidade aparente ($0,94 \text{ g}/\text{cm}^3$) e grau de saturação ($49,27 \%$). As **Figuras 15, 16 e 17** apresentam a média de cada análise para os horizontes estudados (os dados completos para cada horizonte e anel volumétrico encontram-se no **apêndice 2**).

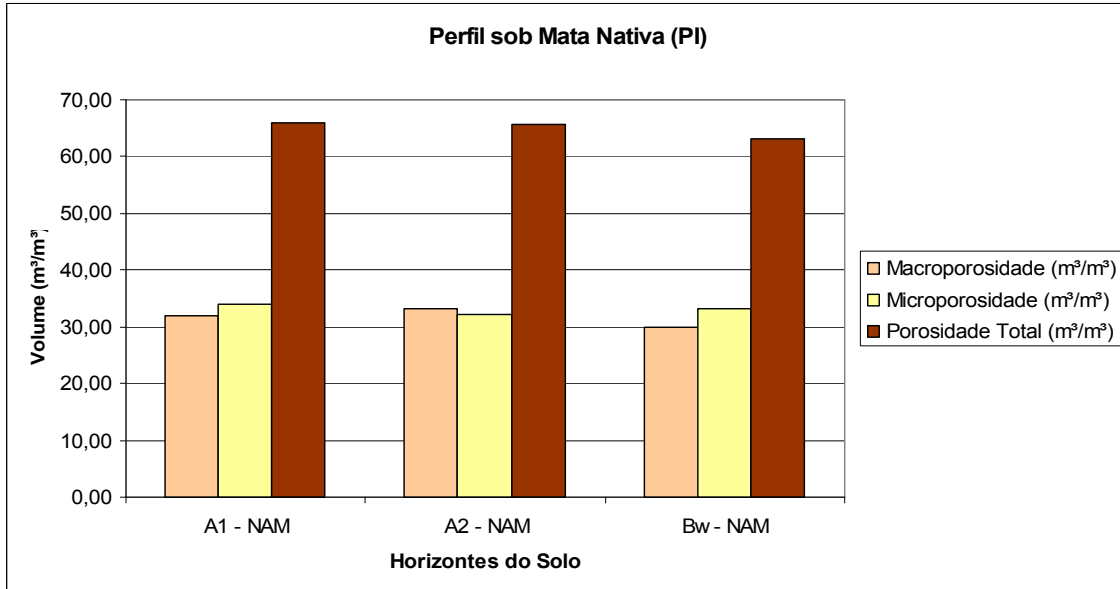


Figura 15: Macro, Micro e Porosidade total para o perfil sob mata nativa (**Figura 13**).

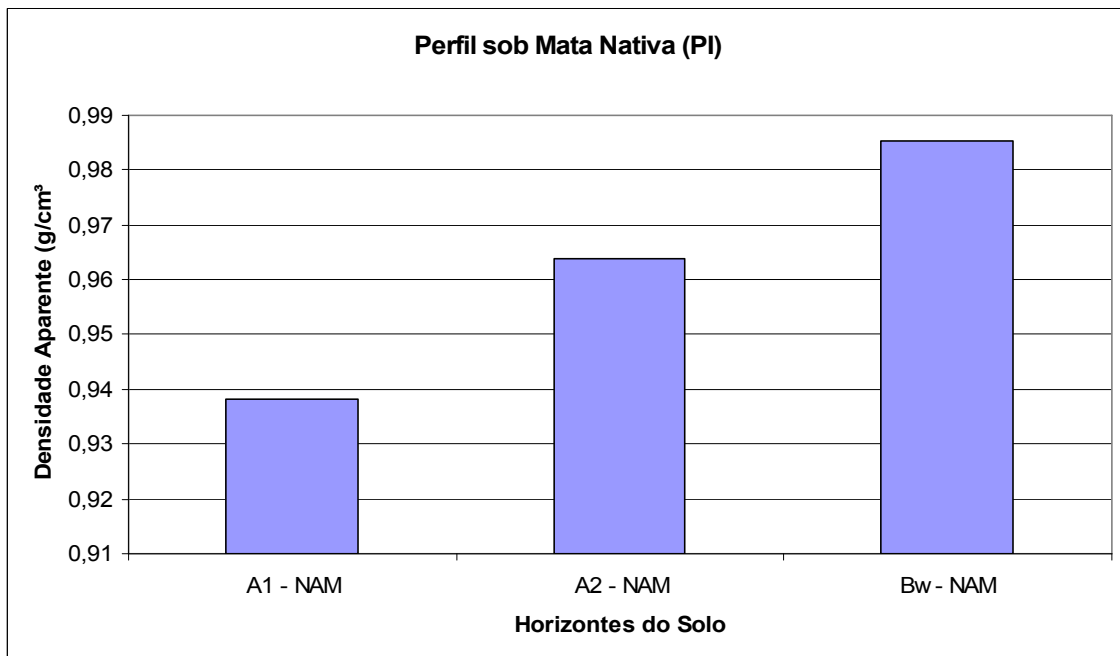


Figura 16: Densidade Aparente para o perfil sob mata nativa (**Figura 13**).

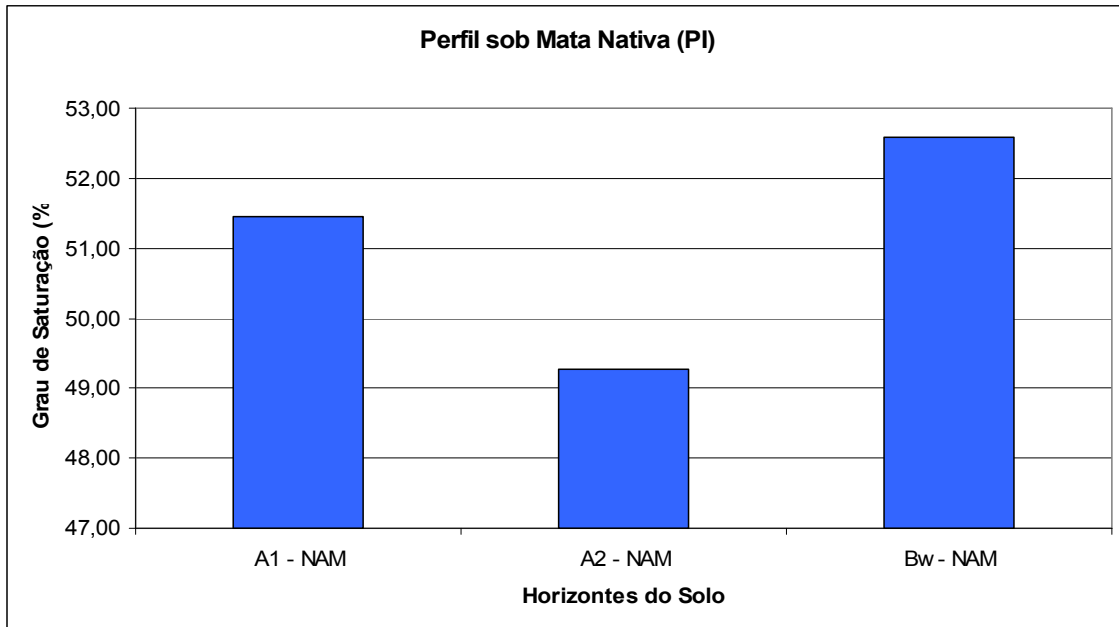


Figura 17: Grau de Saturação para o perfil sob mata nativa (**Figura 13**).

Os horizontes A1-NAM e A2-NAM, dentre todos os estudados, são os que apresentam os melhores valores das análises laboratoriais (macro e microporosidade – o horizonte Bw neste caso, apresenta valores mais elevados –, porosidade total, densidade aparente e grau de saturação), o que permite uma boa circulação de água e ar pelo perfil de solo e um bom desenvolvimento das raízes. A grande quantidade de matéria orgânica e atividade biológica em superfície, colaboram com uma melhor agregação dos torrões de solo (devido a ação da cola bacteriana), aumentando assim a porosidade do solo; o material vegetal em superfície também colabora com diminuição do impacto da chuva sob o solo, diminuindo assim o risco de processos erosivos, como exposto anteriormente.

O perfil descrito sob cana-de-açúcar (PII) (**Figura 18**) encontra-se localizado no setor leste da área de estudo; a cultura de cana existe a seis anos neste local, sendo que ao ser colhida dará lugar ao cultivo de soja, para possibilitar o descanso a área (informação verbal).

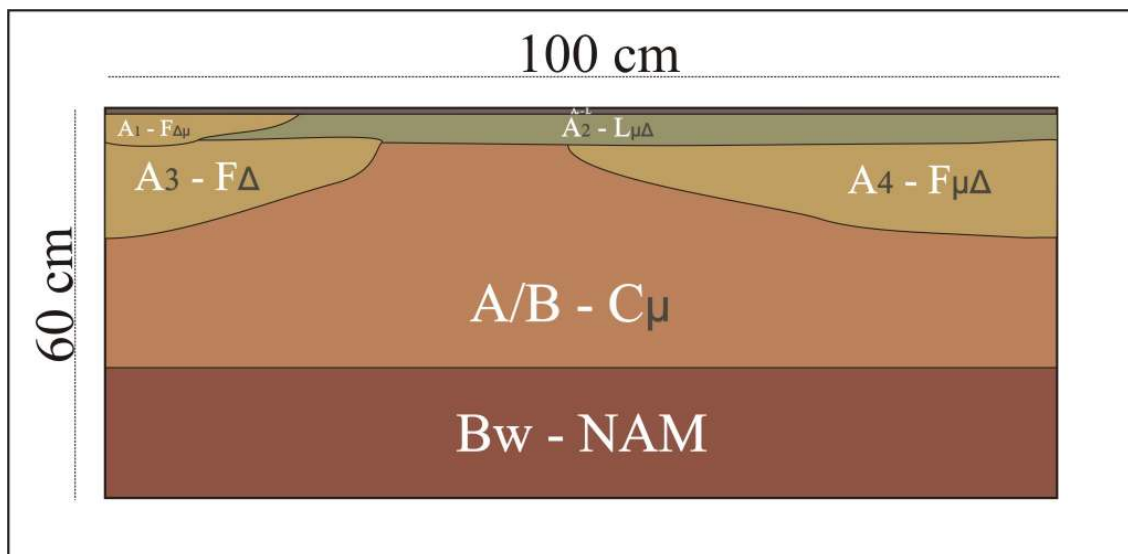


Figura 18: Perfil sob cana-de-açúcar (PII), localizado na porção leste da área de estudo (**Figura 5**).

Este perfil apresenta um horizonte não alterado pelo manejo agrícola (Bw-NAM) e volumes alterados pelo manejo agrícola (AM) de caráter livre (L), fissural (F) e maciço (C), com o estado interno dos torrões de solo variando de compactos (Δ), a não compactos (μ) e mais ou menos compactos ($\Delta\mu/\mu\Delta$). Os volumes A3 (F Δ) e A4 (F $\mu\Delta$) correspondem aos locais dos sulcos de plantio da cana-de-açúcar e o volume A/B (C μ) indica o local por onde passa o rodado do maquinário agrícola.

Os volumes descritos apresentam textura argilosa, com estrutura variando de angular a subangular (os volumes A3-F Δ e A1-F $\Delta\mu$ apresentam lamina dispostas verticalmente); a porosidade encontrada é tubular (nos volumes superficiais) e fissural, com raízes finas e dispostas verticalmente e horizontalmente, nos sulcos de cultivo e em contato com volumes compactos (Δ). A descrição morfológica completa encontra-se no **apêndice 3**. A **Figura 19** mostra uma visão geral da área e do perfil.

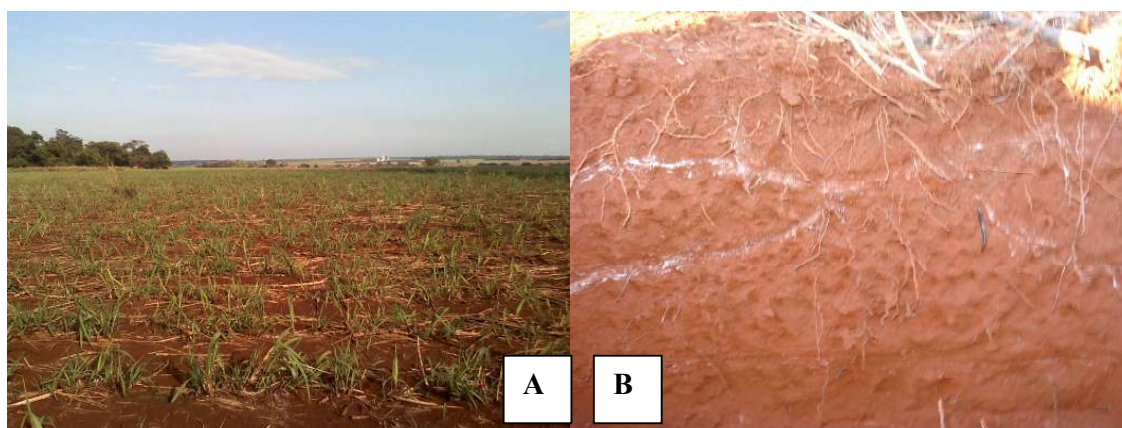


Figura 19: A) Vista geral da área de cana-de-açúcar onde foi descrito o perfil; B) Perfil sob cana-de-açúcar.

Dentre os perfis analisados, o perfil sob cana-de-açúcar é o que apresentou os piores valores de macroporosidade ($5,06 \text{ m}^3/\text{m}^3$), porosidade total ($44,41 \text{ m}^3/\text{m}^3$), densidade aparente ($1,51 \text{ g}/\text{cm}^3$) e grau de saturação ($88,56 \%$); dentre os volumes e horizontes estudados, o volume A3-F Δ é o que se encontra mais compactado, apresentando os menores valores em todas as análises, exceto na microporosidade. As **Figuras 20, 21 e 22** apresentam a média de cada análise para os volumes estudados (os dados completos para cada volume e anel volumétrico encontram-se no **apêndice 4**).

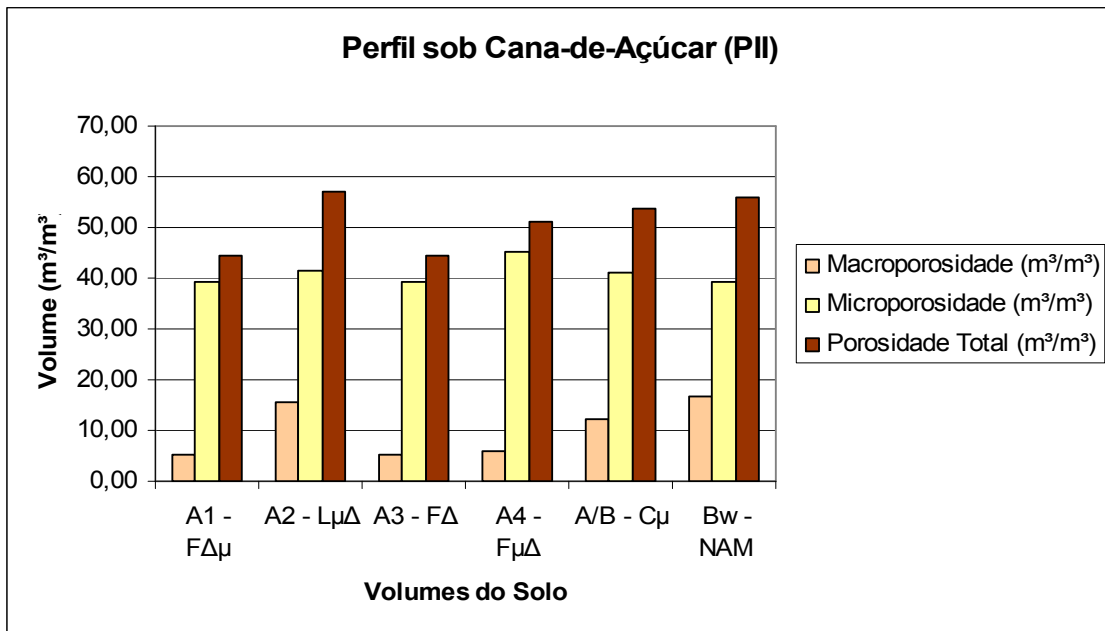


Figura 20: Macro, Micro e Porosidade total para o perfil sob cana-de-açúcar (**Figura 18**).

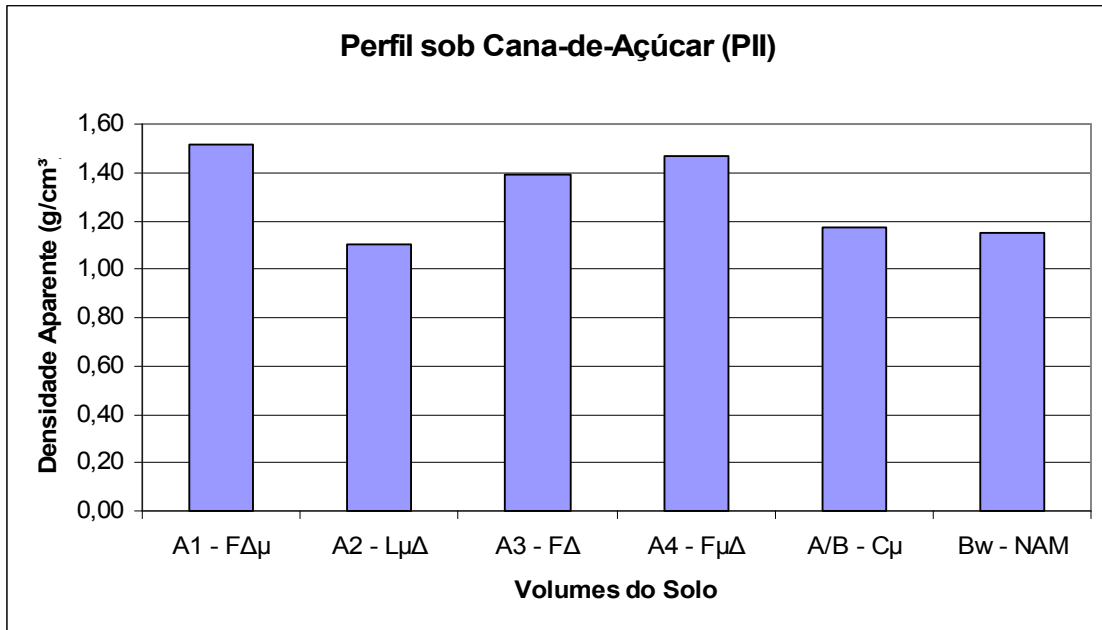


Figura 21: Densidade Aparente para o perfil sob cana-de-açúcar (Figura 18).

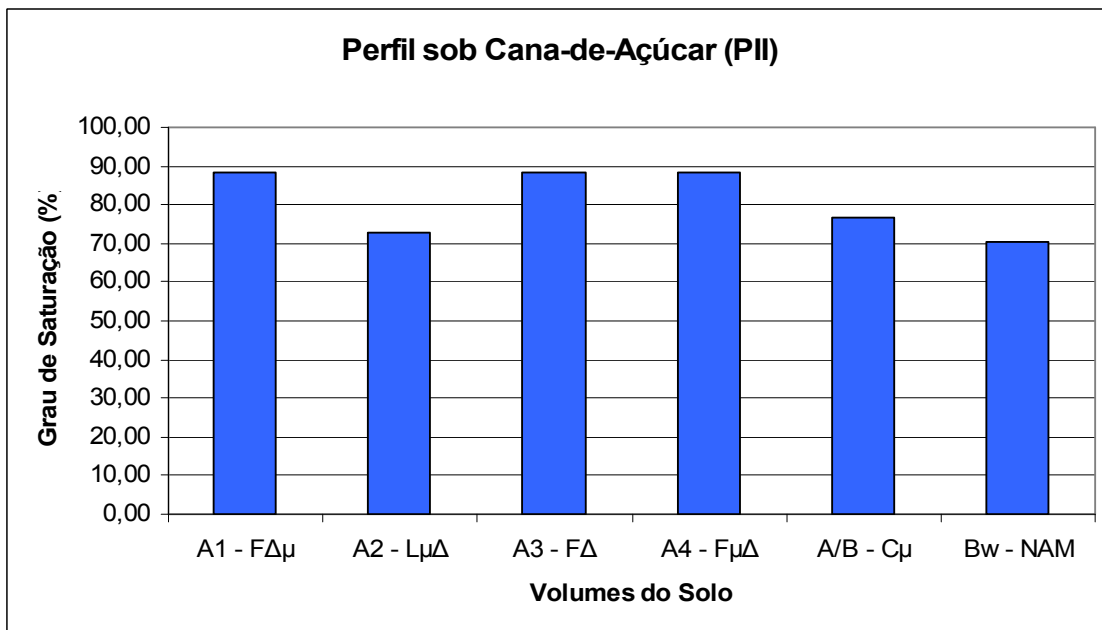


Figura 22: Grau de Saturação para o perfil sob cana-de-açúcar (Figura 18).

A diminuição da macroporosidade (devido a compactação do solo ocasionada pelo tráfego do maquinário agrícola) diminui a infiltração de água e ar no perfil, propiciando, entre outros, um aumento no escoamento superficial, o que desencadeia processos erosivos, tais como a erosão laminar. Nas ruas de cana foram encontrados indícios de areia lavada, o que indica a retirada de material fino pela ação pluvial, reforçando assim a idéia de que a falta de

cobertura vegetal no solo e sua compactação contribuem em um aumento na erosão do solo, como exposto anteriormente.

O perfil sob o binômio soja/milho (PIII) (**Figura 23**) localiza-se próximo ao perfil sob mata nativa, no distrito de Santa Cruz da Boa Vista. Segundo informação verbal do proprietário da área, este tipo de plantio é realizado a mais de 20 anos, e que a apenas a cerca de 10 anos foi adotado o sistema de plantio direto.

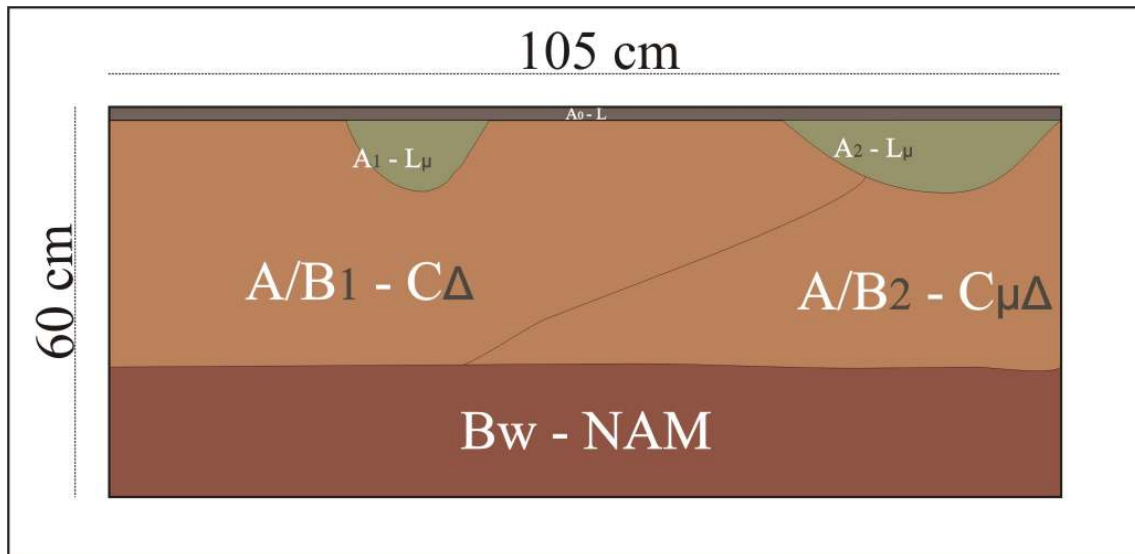


Figura 23: Perfil sob soja/milho (PIII), localizado próximo ao distrito de Santa Cruz da Boa Vista (**Figura 5**).

O perfil estudado apresenta um horizonte não alterado pelo manejo agrícola (Bw-NAM) e volumes alterados pelo manejo agrícola (AM), com modo de organização livre (L) e maciço (C); o estado interno dos torrões de solo apresentam-se compactos (Δ), não compactos (μ) e mais ou menos compactos (Δ/μ e μ/Δ), segundo a metodologia preconizada por Tavares Filho *et al.* (1999). Os volumes livres encontrados no perfil correspondem aos sulcos realizados para o plantio da soja e do milho.

Os volumes descritos apresentam textura argilosa, com estrutura granular (A1 e A2), angular e subangular (A/B1 – este volume apresenta laminais dispostas verticalmente – e A/B2), e microagregado (Bw); a porosidade encontrada varia de tubular (no topo do perfil) a fissural e estrutural (na base), apresentando macroporos de 0,5 a 4 cm; ao longo de todo o perfil é ausente a presença de raízes (a área encontrava-se com soja plantada, porém, ainda em estágio inicial). A descrição morfológica completa encontra-se no **apêndice 5**. A **Figura 24** mostra uma visão geral da área e do perfil.

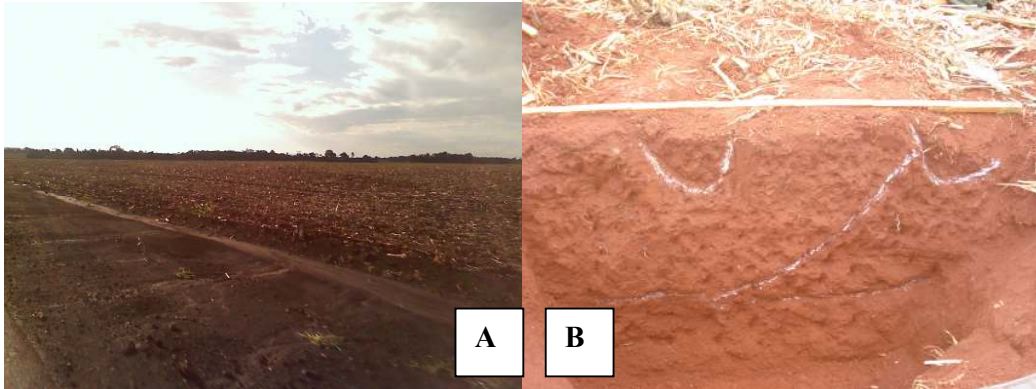


Figura 24: A) Vista geral da área de soja/milho onde foi descrito o perfil; B) Perfil sob soja/milho.

Os dados laboratoriais para os volumes descritos no perfil sob soja/milho apresentam dados intermediários entre os da cana-de-açúcar (piores valores) e os da mata nativa (melhores resultados), com a macroporosidade variando de 6,07 m^3/m^3 , nos volumes maciços compactos (A/B1-C Δ) a 28,39 m^3 nos volumes livres não compactos (A2-L μ); a microporosidade varia de 35,33 a 42,53 m^3/m^3 ; a porosidade total vai de 46,84 a 63,72 m^3/m^3 ; a densidade aparente varia de 1,04 a 1,34 g/cm^3 ; e o grau de saturação está entre 55,47%, nos volumes livres (L), e 87,11% nos maciços (C). As **Figuras 25, 26 e 27** apresentam a média de cada análise para os volumes estudados (os dados completos para cada volume e anel volumétrico encontram-se no **apêndice 6**).

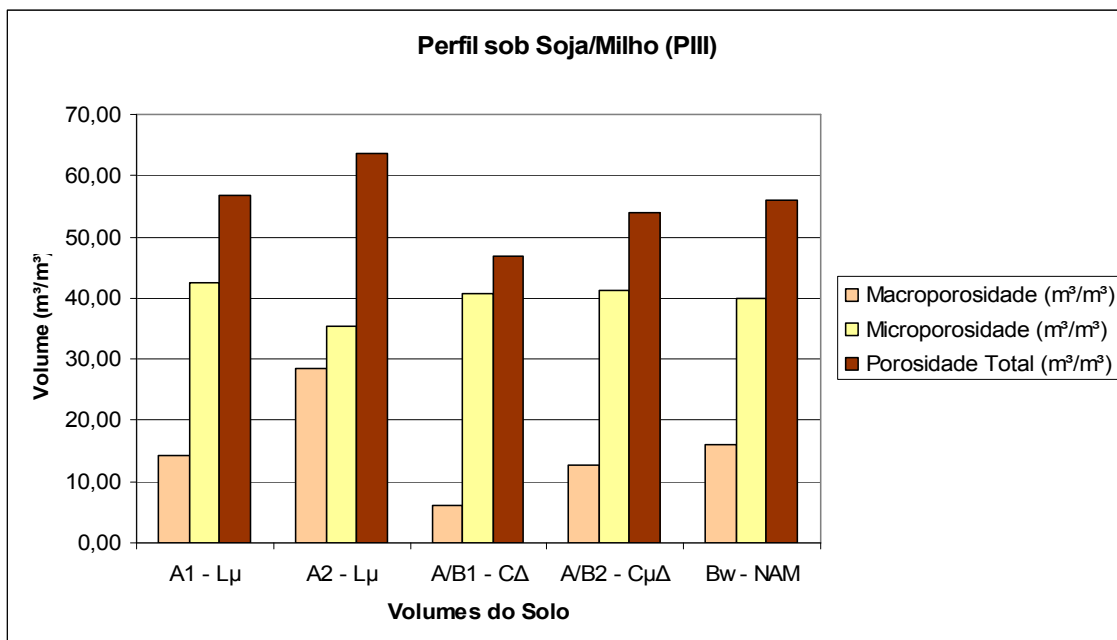


Figura 25: Macro, Micro e Porosidade total para o perfil sob soja/milho (**Figura 23**).

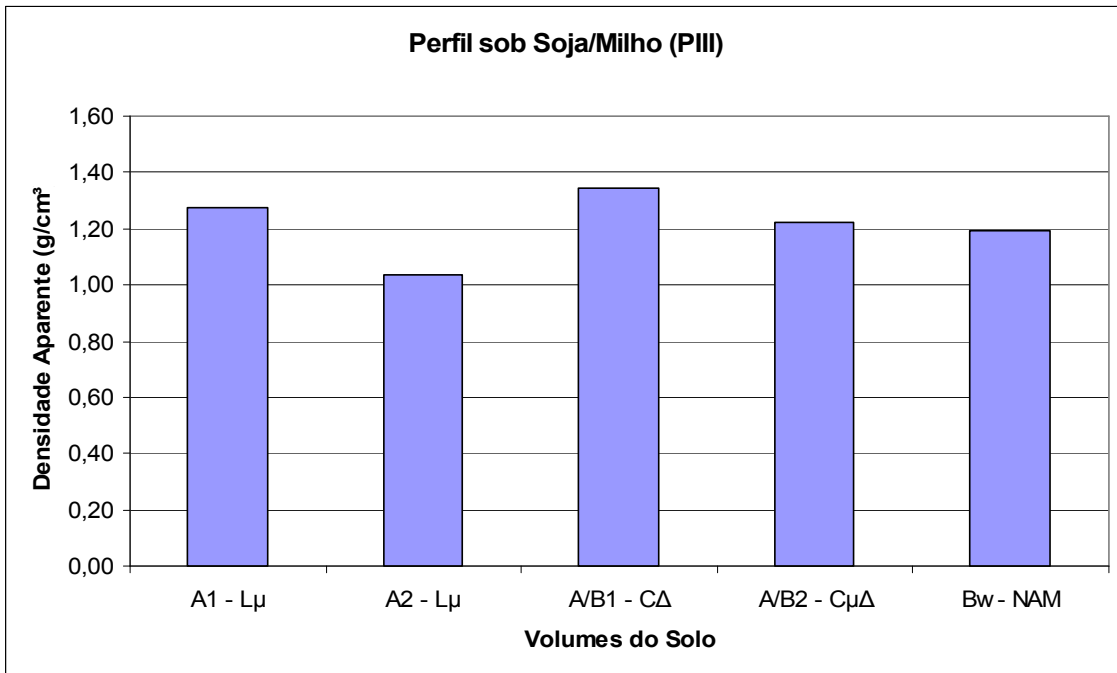


Figura 26: Densidade Aparente para o perfil sob soja/milho (Figura 23).

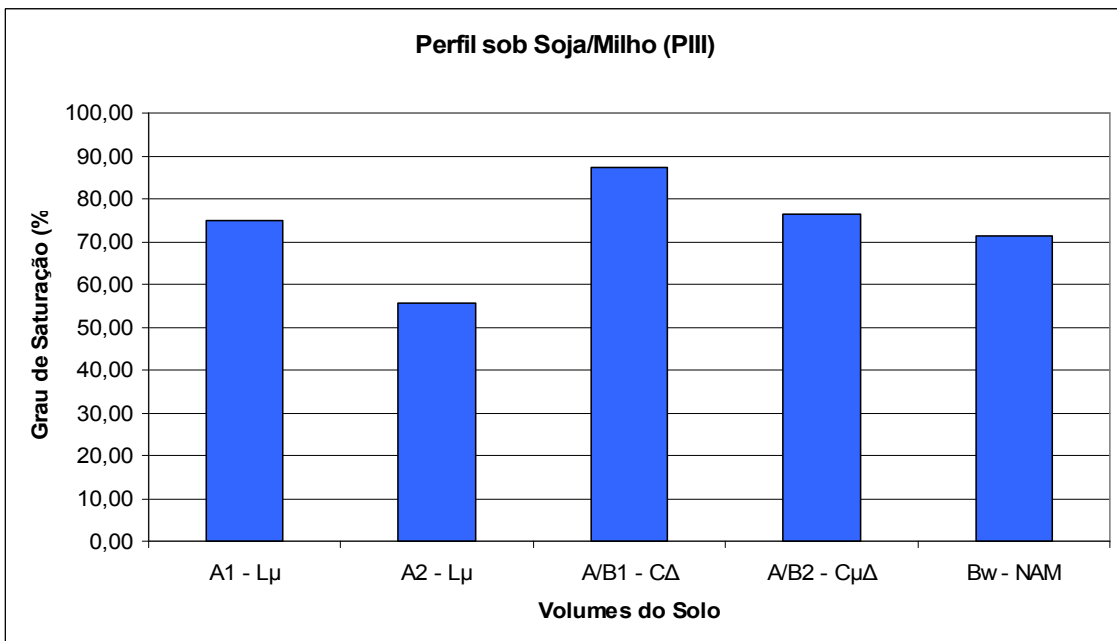


Figura 27: Grau de Saturação para o perfil sob soja/milho (Figura 23).

As culturas temporárias atualmente representam as maiores áreas plantadas no município de Maracá – SP, como indicado nas Tabelas 3 e 4; este tipo de sistema agrícola impõe sérias alterações das propriedades físicas dos solos, pois, ocorre um intenso tráfego do maquinário agrícola na área, devido aos inúmeros ciclos de colheita (2 vezes ao ano), plantio, preparo da terra e aplicação de herbicidas e insumos, o que gera uma sucessão/imposição de

compactações ao longo do tempo. Há ainda, o problema de não se respeitar as limitações físicas e químicas que cada solo possui originalmente, havendo assim uma intensificação nos processos erosivos do solo, como exposto anteriormente.

O perfil sob pastagem (PIV) (**Figura 28**) encontra-se na parte central da área de estudo, próximo ao distrito de Santa Cruz da Boa Vista. O local está sob este tipo de uso e manejo a mais de 20 anos, como podemos observar nos mapas multitemporais de Uso do Solo (**Figuras 3 e 4**).

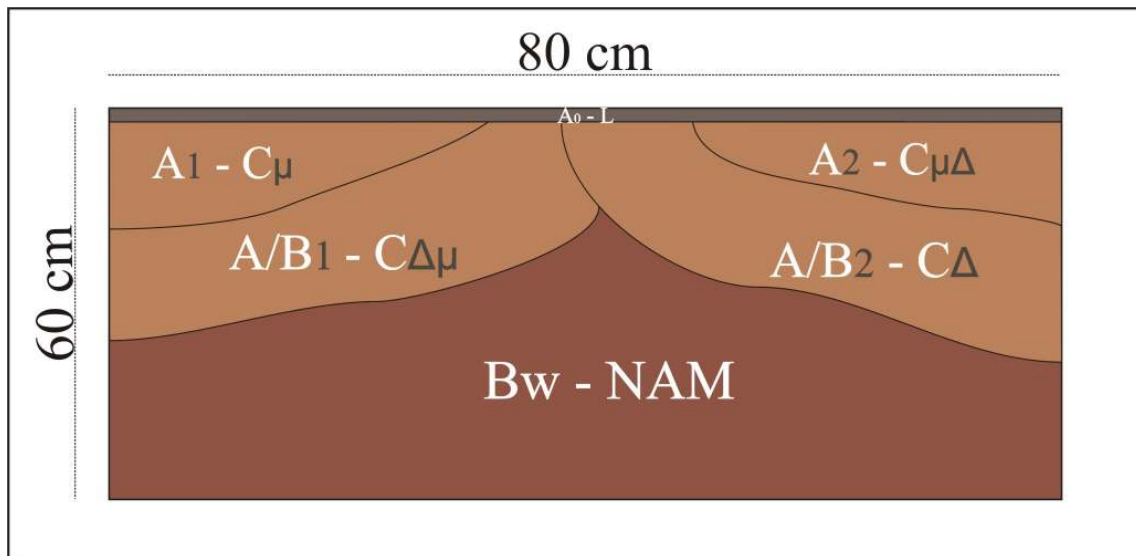


Figura 28: Perfil sob pastagem (PIV), localizado próximo ao distrito de Santa Cruz da Boa Vista (**Figura 5**).

Este perfil apresenta um horizonte não alterado pelo manejo agrícola (Bw-NAM) e quatro volumes alterados pela intervenção antrópica, com torrões de solo organizados de forma maciça (C), com estado interno variando de compacto (Δ), não compacto (μ) e mais ou menos compacto ($\mu\Delta/\Delta\mu$).

Os volumes e horizonte descritos apresentam textura argilosa, com estrutura granular (A1 e A2), angular a subangular (A/B1 e A/B2) e microagregado (Bw); porosidade tubular e fissural, com macroporos de 5 a 6 mm; o volume A/B2-C Δ apresenta nódulos de argila. A descrição morfológica completa encontra-se no **apêndice 7**. Na área onde foi realizado o perfil foram encontrados sinais de erosão laminar (**Figura 29**).

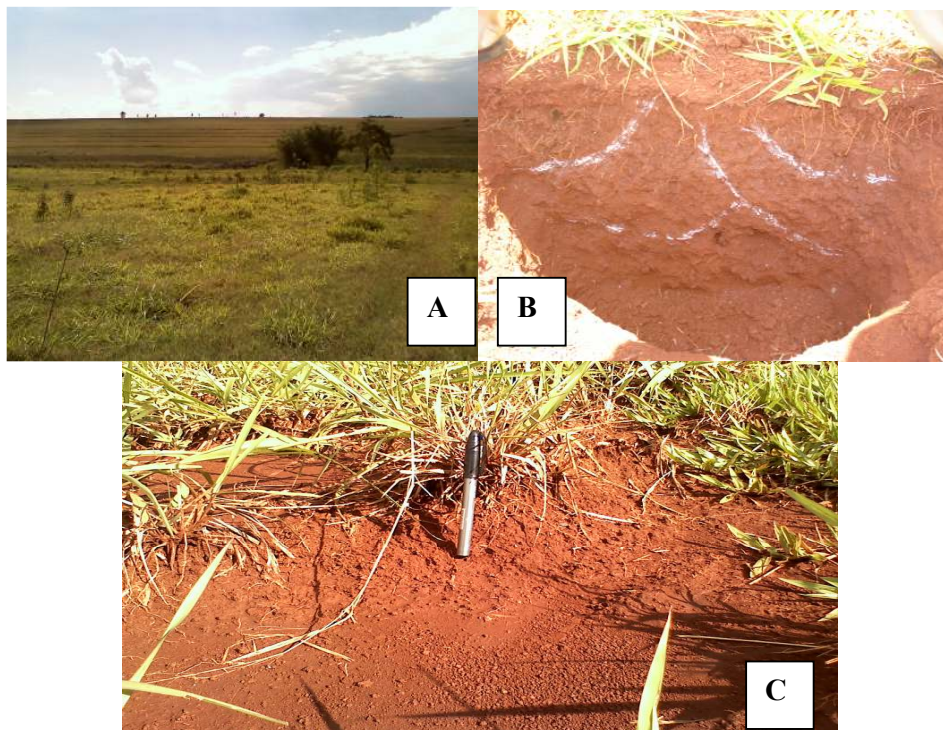


Figura 29: A) Vista geral da área de pastagem onde foi descrito o perfil; B) Perfil sob pastagem; C) Marcas de erosão laminar.

Os dados laboratoriais para os volumes descritos no perfil sob Pastagem apresentam a macroporosidade variando de $6,02 \text{ m}^3/\text{m}^3$, nos volumes maciços compactos (A/B2-C Δ) a $13,08 \text{ m}^3/\text{m}^3$ nos volumes maciços em fase de compactação (A/B1-C $\Delta\mu$); a microporosidade varia de $41,85$ a $44,36 \text{ m}^3/\text{m}^3$; a porosidade total vai de $49,15$ a $54,93 \text{ m}^3/\text{m}^3$; a densidade aparente varia de $1,23$ a $1,37 \text{ g}/\text{cm}^3$; e o grau de saturação está entre $76,38\%$, nos volumes maciços em fase de compactação (A/B1-C $\Delta\mu$), e $87,94\%$ nos maciços compactados (A/B2-C Δ). As **Figuras 30, 31 e 32** apresentam a média de cada análise para os volumes estudados (os dados completos para cada volume e anel volumétrico encontram-se no **apêndice 8**).

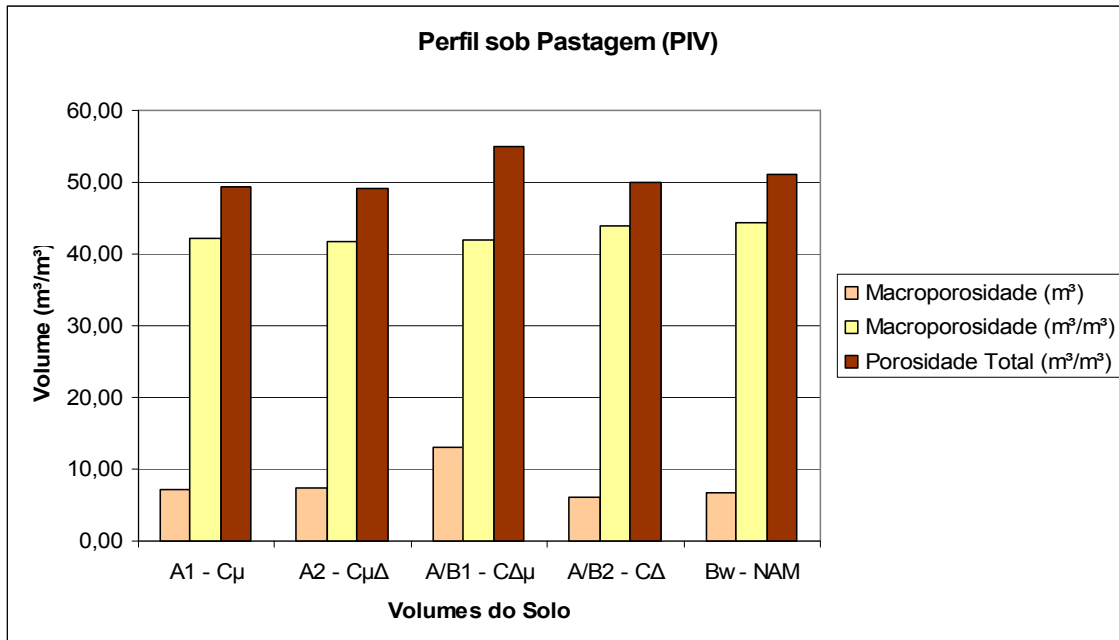


Figura 30: Macro, Micro e Porosidade total para o perfil sob pastagem (Figura 28).

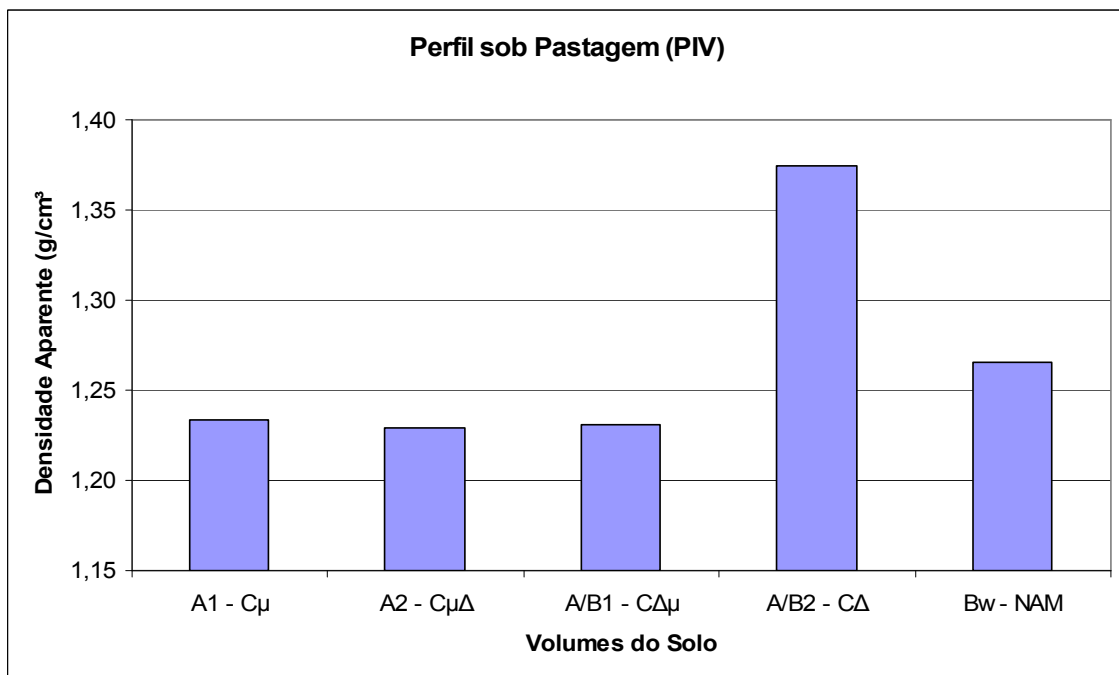


Figura 31: Densidade Aparente para o perfil sob pastagem (Figura 28).

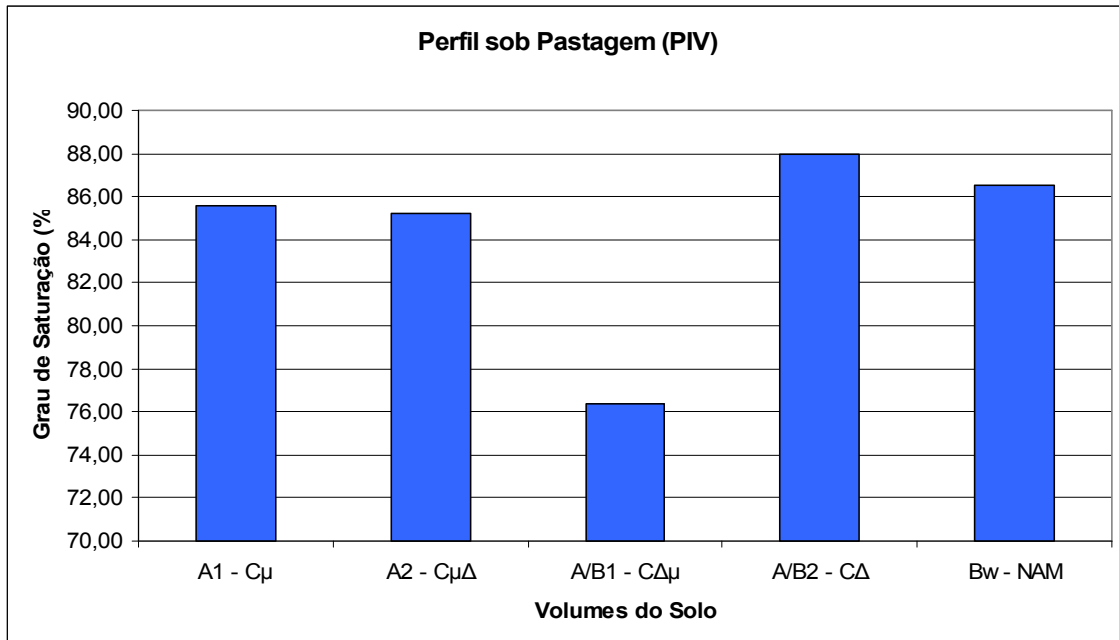


Figura 32: Grau de Saturação para o perfil sob pastagem (Figura 28).

Através dos dados laboratoriais apresentados, percebe-se um aumento generalizado da microporosidade frente a diminuição da macroporosidade nos volumes alterados pelo manejo agrícola (AM) (PII, PIII e PIV); as densidades aparentes dos volumes também sofrem alterações, se comparado com o perfil não alterado pelo manejo agrícola (NAM) (PI), mudando de 0,94 e 0,99 g/cm³ (perfil sob mata nativa) para 1,47 e 1,51 g/cm³ (perfil sob cana-de-açúcar).

A diminuição generalizada da macroporosidade acarreta em uma menor circulação de água e ar pelo perfil de solo, impedimento físico ao crescimento de raízes, aumento no escoamento superficial e aumento na frequência de erosões laminares e lineares, gerando, conseqüentemente, uma diminuição na produtividade agrícola e aumento no assoreamento de corpos d'água, por exemplo. Sobre a qualidade das características físicas do solo Anjos e Raji (*apud*. ESPINDOLA, 2008) argumentam que seu monitoramento, no que tange suas propriedades físicas, vem-se afirmando como de fundamental importância para a preservação da natureza e para a qualidade de vida das populações.

Sobre os dados apresentados, há de se considerar que os horizontes descritos como não alterados pelo manejo agrícola (Bw-NAM para os perfis II, III e IV) nitidamente apresentam alterações nos valores de macro e microporosidade, porosidade total, grau de saturação (em água) e densidade aparente, frente ao horizonte Bw-NAM do perfil sob mata nativa (PI), isto se origina, possivelmente, de uma inadequação da metodologia para profundidades além de 60 cm, o que justificaria esta alteração dos resultados obtidos. Com o auxílio de dados

quantitativos (análises laboratoriais), possivelmente, em um futuro próximo possa-se fazer uma adequação do método do Perfil Cultural, onde se buscaria uma nova classificação para estes volumes em maior profundidade que, não apresentam alterações morfológicas a olho nu, porém, mostram distorções nas características citadas anteriormente, tendo como referência um perfil pedológico, caracterizado por manter seus atributos de densidade, porosidade e estrutura originais.

Percebemos assim que, não somente as propriedades químicas do solo (quantidade de macro e micronutrientes, por exemplo) são responsáveis pela produtividade de dada cultura, mas, as características físicas que dado solo apresenta também é de fundamental importância, no que concerne tanto a sua produtividade quanto sua conservação.

Como dito anteriormente, o solo é uma esfera complexa, na interface de outras tão complexas quanto, mantendo relações dialéticas entre si, assim sendo, qualquer alteração de ordem física, química ou biológica desencadeará uma alteração em todo o sistema onde ele está inserido.

6. Considerações Finais

Após a modernização agrícola inicia-se um processo intenso de uso do solo, aumenta-se o tráfego de implementos agrícolas pesados no campo, cria-se um número excessivo de cabeças de gado por área, acarretando assim processos de compactação do solo. A compactação provoca modificações nas características físicas do solo, alterando sua estrutura, porosidade, circulação hídrica, entre outros, acarretando uma mudança em todo o sistema onde este está inserido, devido a alterações nos fluxos de matéria e energia.

No caso deste trabalho, conclui-se que todos os perfis estudados sob usos e manejos agrícolas distintos (cana-de-açúcar, soja/milho e pastagem) apresentaram modificações na estrutura, porosidade e densidade dos solos, tendo como referência um perfil pedológico sob mata nativa.

O perfil sob mata apresentou horizontes não alterados pelo manejo agrícola (NAM); os melhores valores de macro ($32,28 \text{ m}^3/\text{m}^3$) e microporosidade ($32,31 \text{ m}^3/\text{m}^3$), porosidade total ($65,95 \text{ m}^3/\text{m}^3$), densidade aparente ($0,94 \text{ g}/\text{cm}^3$) e grau de saturação (49,27%); e raízes bem distribuídas por todo perfil.

O perfil sob cana-de-açúcar é o que apresentou as maiores alterações das propriedades físicas do solo, com uma maciça diminuição dos macroporos (de $33,28$ para $5,06 \text{ m}^3/\text{m}^3$),

aumento da densidade aparente (de 0,94 para 1,51 g/cm³) e dos microporos (de 32,31 para 45,02 m³/m³). O volume A3-FΔ é o que se apresenta mais compactado dentre os demais.

Há de se considerar uma possível adequação do método do Perfil Cultural para volumes/horizontes em uma profundidade maior que 60 cm (classificados como NAM nos perfis II, III e IV), pois, estes mostram uma alteração nos valores de macro e microporosidade, porosidade total, grau de saturação (em água) e densidade aparente, frente ao perfil pedológico sob mata nativa.

No atual contexto econômico nacional, que incentiva a monocultura, grandes propriedades e uso indiscriminado do solo, vemos uma expansão das fronteiras agrícolas, principalmente para o plantio de culturas temporárias (como soja/milho e cana-de-açúcar, por exemplo), gerando, conseqüentemente, um aumento na compactação do solo, o que irá acarretar em inúmeras perdas agrícolas (diminuição da produtividade) e ambientais (assoreamento de corpos d'água).

Assim sendo, o estudo simplista das características químicas do solo não basta para seu real entendimento ou conservação, devemos recorrer a ações inter e multidisciplinares, abrangendo os diferentes ramos do conhecimento científico, com o objetivo de uma compreensão mais próxima da “verdadeira realidade” que o solo apresenta, levando em conta as interações físicas e químicas que o cercam e, a atuação humana em seu processo de evolução (buscando entender tanto o fator antrópico como o sócio-econômico).

Reforçamos a necessidade de estudos de caráter quantitativos como auxílio as descrições qualitativas, de caráter subjetivo (devido a carga de conhecimento que cada pesquisador carrega). As análises laboratoriais vem dar uma base mais sólidas para a análise e interpretação dos dados recolhidos em campo, buscando-se uma maior interação entre o teórico e prático (*práxis*).

Apenas com estudos integrados passaremos a conhecer melhor nossos objetos de estudo (no caso deste trabalho, especificamente, os solos), o que possibilitará melhores diagnósticos da área, ocasionando, conseqüentemente, uma maior bagagem teórica e prática para elaboração de prognósticos melhores estruturados e mais aplicáveis.

7. Referências

ALVES, G. B.; UGATTIS, A. K. L.; BARREIROS, A. M.; NAKASHIMA, M. R.; CORREA, M. G. G.; NAKASHIMA, P.. Perfil cultural em uma topossequência de solos no ribeirão Anhumas, no município de Maracaí/SP. In: **Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 395-395, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: apresentação de trabalhos acadêmicos. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.comunicacao.pro.br/uff/modelos/14724_2002_trabsacad.pdf>. Acesso em: 30 set. 2007.

_____. **NBR 6023**: informação e documentação: referências - elaboração. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.unb.br/ciord/informacoes/defesa/abnt_nbr6023_2002_referencia.pdf>. Acesso em: 30 set. 2007.

AUDI, R.. Classificação de solos em Classes de Capacidade de Uso, com emprego de fotografias aéreas. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, **Caderno de Ciências da Terra**, n 3, 1970.

AUTODESK INC. **AutoCad 2000**. Versão 2000. Autodesk Inc, 1999.

BERTRAND, G.. Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico. In: BERTRAND, G.; BERTRAND, C.. **Uma Geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Tradução Messias Modestos dos Passos. Maringá: Massoni, 2007.

BERUTCHACHVILI, N.; BERTRAND, G.. O Geossistema ou “Sistema Territorial Natural”. In: BERTRAND, G.; BERTRAND, C.. **Uma Geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Tradução Messias Modestos dos Passos. Maringá: Massoni, 2007.

BOULET, R.. Análise Estrutural da Cobertura Pedológica e Cartografia. In: **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**: A responsabilidade social da ciência do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 79-90, 1988.

COREL CORPORATION. **CorelDRAW**. Versão 12. [S.I.]: COREL CORPORATION, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. ver. e atual. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

ESPINDOLA, C. R.. **Retrospectiva crítica sobre Pedologia**: um repasse bibliográfico. Campinas: UNICAMP, 2008.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S.. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T.. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

GLOBAL MAPPER SOFTWARE LLC. **Global mapper**. Versão 10.0. [S.I]: GLOBAL MAPPER SOFTWARE LLC, 2006.

GOOGLE TM. **Google Earth**. 2008. Disponível em: <<http://www.baixaki.com.br/download/google-earth.htm>>. Acesso em: 15 de outubro de 2009.

HÉNIN, S.; GRAS, R.; MONNIER, G.. **Os solos agrícolas**. Tradução de Orlando Valverde. Rio de Janeiro: Forense-Universitária; São Paulo: Universidade de São Paulo, 1976.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 24 de setembro de 2009.

_____. **Contagem Demográfica**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em: 24 de setembro de 2009.

_____. **Censos Demográficos de Maracáí**. Disponíveis em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 24 de setembro de 2009.

_____. **Produção Agrícola Municipal de Maracáí**. Disponíveis em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 24 de setembro de 2009.

_____. **Produção Pecuária Municipal de Maracáí**. Disponíveis em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 24 de setembro de 2009.

_____. Diretoria de Geociências. **Mapa de Vegetação do Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000.

_____. **Folha Topográfica SF-22-Z-A-IV-2**. 1975. 1 mapa, color., 55 cm x 50 cm. Escala 1:50.000.

JOURNAUX, A.. Légende pour une carte de l'environnement et de sa dynamique. In: **Publications de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Caen**, Diffusée par l'asformasup, Centre de Géomorphologie du C.N.R.S., 1975.

LEPSCH, I. F.. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 178 p.

_____. **Carta pedológica semidetalhada do Estado de São Paulo: Folha de Maracáí, SF-22-Z-A-IV**. Campinas: IAC, 2000. 1 mapa, color. Escala 1:100.000 (Série APTA).

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; LIMA, H. V.; LEÃO, T. P.. Heterogeneidade da compactação de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO sob pomar de Laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 409-414, 2004.

MANICHON, H. ; GAUTRONNEAU, Y.. **Guia metódica del perfil cultural**. Informe. La Paz: IBTA-ORSTOM, Informe n. 54, 1996.

MONIZ, ANTONIO C. (org.). **Elementos de Pedologia**. São Paulo: Polígono, EDUSP, 1972.
MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A.. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 521-538, 2001.

MUNSELL, Color Company. **Munsell soil color charts**. Baltimore, 1975.

NAKASHIMA, P.. **Sistemas Pedológicos da região Noroeste do Paraná: distribuição e subsídios para o controle da erosão**. 1999. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

QUEIROZ NETO, J P.. de. Pedologia: Conceito, método e aplicações. São Paulo: **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: FFLCH, USP, n. 3, p. 95-101, 1984.

_____. O estudo das formações superficiais no Brasil. São Paulo: **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, n. 22 (1/2), p. 65-78, 2001.

_____. Geomorfologia e Pedologia. São Paulo: **Geosp – Espaço e Tempo**. Departamento de pós-graduação em Geografia, São Paulo, n. 13, p. 9-20, 2003.

RALISCH, R; JR. FURLANI, J. A.. Alterações físicas impostas a um LATOSSOLO ROXO por sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, n. 4, 1996.

SANTOS, R D.; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. rev. e aum. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIGRH). **Relatório de situação dos recursos hídricos da UGRHI do Médio Paranapanema**. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-MP/223/v1relmpseg.pdf>>. Acesso em: 23 de maio de 2008.

ISNTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAS (INPE). **Sistema de Processamento de Imagens Georeferenciadas (SPRING 5.05)**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>. Acesso em: 9 de outubro de 2009.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C.; BALBINO, L. C.; NEVES, C. S. V. J.. Método do Perfil Cultural para a avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p.393-399, 1999.

TRICART, J.. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. Tradução de Antonio Christofoletti. Campinas: **Notícia Geomorfológica**, n. 8, p. 5-18, 1968.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSH, I. F.; CASTRO, S. S. de. Conceitos e aplicações das relações Pedologia-Geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 4, p. 142-192, 2005.

8. Apêndice

Apêndice 1

Perfil sob mata nativa (PI) – Descrição Morfológica

Profundidade	Horizonte	Cor	Textura	Estrutura	Atividade Biológica	Porosidade	Raízes	Estab.	Cons.	Obs.
0-3 cm	O									Serrapilheira; folhas decompostas recobertas por fungos, casca de árvores e sementes
3-15 cm	A1 - NAM	2,5 YR 3/4	Argilosa	Granular; pequena a média; e forte	Comum	Abundante; tubular	Abundantes; finas e grossas (2 a 4 cm de diâmetro)	Estável	Seco: Duro; Úmida: Friável; Molhada: Plástico pegajosa	
15-30 cm	A2 - NAM	2,5 YR 3/6	Argilosa	Granular; pequena a média; fraco-moderado	Comum	Abundante; tubular e estrutural	Abundantes; finas e grossas (2 a 4 cm de diâmetro)	Estável	Seco: Duro; Úmida: Friável; Molhada: Plástico pegajosa	
30-50 cm	Bw - NAM	2,5 YR 4/6 a 4/8	Argilosa	Granular com tendência a Microagregado	Comum	Abundante; textural, estrutural e tubular	Comuns; finas a médias (0,5 a 2 cm)	Estável	Seco: Duro; Úmida: Friável; Molhada: Plástico pegajosa	

Apêndice 2

Perfil sob mata nativa (PI) – Dados Laboratoriais

Profundidade	Horizontes do Solo	Cilindro	Macroporosidade (m³)	Microporosidade (m³)
0 a 3 cm	O	-	-	-
3 a 15 cm	A1 - NAM	80	33,44	34,50
3 a 15 cm	A1 - NAM	79	30,63	33,33
15 a 30 cm	A2 - NAM	78	34,91	31,32
15 a 30 cm	A2 - NAM	77	31,65	33,29
30 a 50cm	Bw - NAM	76	30,33	32,96
30 a 50cm	Bw - NAM	75	29,65	33,54

Profundidade	Horizontes do Solo	Densidade Aparente (g/cm³)	Porosidade Total (m³)	Porosidade Total (%)	Grau de Saturação (%)
0 a 3 cm	O	-	-	-	-
3 a 15 cm	A1 - NAM	0,954	67,94	0,68	50,78
3 a 15 cm	A1 - NAM	0,923	63,96	0,64	52,11
15 a 30 cm	A2 - NAM	0,940	66,23	0,66	47,29
15 a 30 cm	A2 - NAM	0,987	64,95	0,65	51,26
30 a 50cm	Bw - NAM	0,987	63,29	0,63	52,08
30 a 50cm	Bw - NAM	0,984	63,20	0,63	53,08

Apêndice 3

Perfil sob cana-de-açúcar (PII) – Descrição Morfológica

Profundidade	Horizonte	Cor	Textura	Estrutura	Atividade Biológica	Porosidade	Raízes	Estab.	Cons.	Obs.
0-1 cm	Livre									Restos de palha e solo pulverizado
1-5 cm	A1 - FΔμ	2,5 YR 3/4	Argilosa	Angular; média a grande; e forte	Comum	Fissural e tubular	Finas e poucas, dispostas horizontalmente, pois não conseguem penetrar no horizonte	Estável	Seco: Duro; Úmido: Pouco friável; Molhado: Plástico e pegajoso	Este horizonte possui estruturas laminares dispostas horizontalmente
1-5 cm	A2 - LμΔ	2,5 YR 2,5/4	Argilosa	Granular com tendência a subangular; pequena a média; e moderada	Comum	Abundante; fissural e tubular	Abundantes; finas e horizontais (no contato com o horizonte inferior)	Estável	Seco: Duro; Úmido: Friável; Molhada: Plástico pegajosa	
5-20 cm	A3 - FΔ	2,5 YR 3/4	Argilosa	Angular, com lâminas dispostas verticalmente	Comum	Tubular e fissural	Raras e decompostas	Pouco estável	Seco: Duro; Úmido: Friável; Molhada: Plástico pegajosa	Possui nódulos de argila de cerca de 1 mm
5-20 cm	A4 - FμΔ	2,5 YR 3/4	Argilosa	Angular; média a grande; com lâminas dispostas verticalmente com menos	Comum	Tubular e fissural	Poucas e decompostas	Estável	Seco: Duro; Úmido: Friável; Molhada: Plástico	

5-40 cm	A/B - C μ	2,5 YR 3/6	Argilosa	intensidade Angular a subangular, com tendência a microagregado; fraca	Comum	Abundante; tubular e estrutural	Abundantes; dispostas verticalmente nos sulcos do cultivo	Instável	pegajosa Seco: Duro; Úmida: Muito friável; Molhada: Plástico pegajosa
40 cm +	Bw - NAM	2,5 YR 3/6	Argilosa	Microagregado	Comum	Abundante; tubular e estrutural	Poucas e finas	Instável	Seco: Duro; Úmida: Muito friável; Molhada: Plástico pegajosa

Apêndice 4

Perfil sob cana-de-açúcar (PII) – Dados Laboratoriais

Profundidade	Volumes do Solo	Cilindro	Macroporosidade (m³)	Microporosidade (m³)
0 a 1 cm	Livre	-	-	-
1 a 5 cm	A1 - F $\Delta\mu$	74	3,43	39,28
1 a 5 cm	A1 - F $\Delta\mu$	73	6,88	39,43
1 a 5 cm	A2 - L $\mu\Delta$	72	16,39	42,06
1 a 5 cm	A2 - L $\mu\Delta$	71	14,79	41,14
5 a 20 cm	A3 - F Δ	70	4,88	41,98
5 a 20 cm	A3 - F Δ	69	5,24	36,74

5 a 20 cm	A4 - F $\mu\Delta$	68	6,15	45,83
5 a 20 cm	A4 - F $\mu\Delta$	67	5,98	44,21
5 a 40 cm	A/B - C μ	66	12,40	41,33
5 a 40 cm	A/B - C μ	65	12,41	41,17
40 cm +	Bw - NAM	64	17,20	39,07
40 cm +	Bw - NAM	63	15,77	39,59

Profundidade	Volumes do Solo	Densidade Aparente (g/cm ³)	Porosidade Total (m ³)	Porosidade Total (%)	Grau de Saturação (%)	Observação
0 a 1 cm	Livre	-	-	-	-	
1 a 5 cm	A1 - F $\Delta\mu$	1,524	42,71	0,43	91,97	
1 a 5 cm	A1 - F $\Delta\mu$	1,502	46,31	0,46	85,14	
1 a 5 cm	A2 - L $\mu\Delta$	0,992	58,45	0,58	71,96	
1 a 5 cm	A2 - L $\mu\Delta$	1,215	55,93	0,56	73,56	
5 a 20 cm	A3 - F Δ	1,428	46,86	0,47	89,59	
5 a 20 cm	A3 - F Δ	1,355	41,97	0,42	87,52	* Houve perda de Material
5 a 20 cm	A4 - F $\mu\Delta$	1,448	51,98	0,52	88,17	
5 a 20 cm	A4 - F $\mu\Delta$	1,490	50,19	0,50	88,09	
5 a 40 cm	A/B - C μ	1,093	53,73	0,54	76,92	
5 a 40 cm	A/B - C μ	1,248	53,57	0,54	76,84	
40 cm +	Bw - NAM	1,130	56,27	0,56	69,43	
40 cm +	Bw - NAM	1,163	55,37	0,55	71,51	

Apêndice 5

Perfil sob soja/milho (PIII) – Descrição Morfológica

Profundidade	Horizonte	Cor	Textura	Estrutura	Atividade Biológica	Porosidade	Raízes	Estab.	Cons.	Obs.
0-2 cm	Livre									Restos de palha e solo pulverizado
2-13 cm	A1 - L μ	2,5 YR 2,5/4	Argilosa	Granular a subangular; pequena a média; fraca a moderada	Comum	Abundante; tubular	Ausentes	Pouco estável	Seco: Duro; Úmida: Friável; Molhada: Plástico pegajosa	
2-13 cm	A2 - L μ	2,5 YR 2,5/4	Argilosa	Granular; pequena; e fraca	Comum	Abundante; tubular	Ausentes	Estável	Seco: Duro; Úmida: Friável; Molhada: Plástico pegajosa	
2-40 cm	A/B1 - C Δ	2,5 YR 3/4	Argilosa	Angular, com laminaas dispostas verticalmente	Comum	Tubular e fissural, sendo que no meio destas aparece traços de cerosidade	Ausentes	Pouco estável	Seco: Duro; Úmida: Friável; Molhada: Plástico pegajosa	
2-37 cm	A/B2 - C $\mu\Delta$	2,5 YR 3/4	Argilosa	Subangular; pequena a média; moderada	Comum	Tubular e estrutural (macroporos de 3 e 4 mm de diâmetro)	Ausentes	Pouco Estável	Seco: Duro; Úmida: Friável; Molhada: Plástico pegajosa	

40 cm +	Bw - NAM	2,5 YR 3/6	Argilosa	Microagregado	Comum	Tubular e estrutural (macroporos de 0,5 cm de diâmetro)	Ausentes	Instável	Seco: Duro; Úmida: Friável; Molhada: Plástico pegajosa	
---------	----------	------------------	----------	---------------	-------	---	----------	----------	--	--

Apêndice 6

Perfil sob soja/milho (PIII) – Dados Laboratoriais

Profundidade	Volumes do Solo	Cilindro	Macroporosidade (m³)	Microporosidade (m³)
0 a 2 cm	Livre	-	-	-
2 a 13 cm	A1 - L μ	62	14,20	44,32
2 a 13 cm	A1 - L μ	61	14,22	40,73
2 a 13 cm	A2 - L μ	60	29,61	34,87
2 a 13 cm	A2 - L μ	59	27,16	35,79
2 a 40 cm	A/B1 - CA	58	7,15	41,40
2 a 40 cm	A/B1 - CA	57	4,99	40,14
2 a 37 cm	A/B2 - C μ Δ	56	13,68	40,41
2 a 37 cm	A/B2 - C μ Δ	55	11,90	41,82
40 cm +	Bw - NAM	54	15,46	39,85
40 cm +	Bw - NAM	53	16,55	40,08

Profundidade	Volumes do Solo	Densidade Aparente (g/cm³)	Porosidade Total (m³)	Porosidade Total (%)	Grau de Saturação (%)
0 a 2 cm	Livre	-	-	-	-
2 a 13 cm	A1 - L μ	1,328	58,52	0,59	75,74
2 a 13 cm	A1 - L μ	1,223	54,95	0,55	74,12
2 a 13 cm	A2 - L μ	1,022	64,48	0,64	54,08
2 a 13 cm	A2 - L μ	1,055	62,96	0,63	56,86
2 a 40 cm	A/B1 - CA	1,311	48,55	0,49	85,27
2 a 40 cm	A/B1 - CA	1,378	45,13	0,45	88,95
2 a 37 cm	A/B2 - C μ Δ	1,208	54,09	0,54	74,71
2 a 37 cm	A/B2 - C μ Δ	1,235	53,72	0,54	77,85
40 cm +	Bw - NAM	1,194	55,31	0,55	72,05
40 cm +	Bw - NAM	1,186	56,63	0,57	70,77

Apêndice 7

Perfil sob pastagem (PIV) – Descrição Morfológica

Profundidade	Horizonte	Cor	Textura	Estrutura	Atividade Biológica	Porosidade	Raízes	Estab.	Cons.	Obs.
0-2 cm	Livre									Gramíneas e solo pulverizado
2-18 cm	A1 - C μ	2,5 YR 3/4	Argilosa	Granular; pequena a média; e fraca	Comum	Abundante; tubular	Abundantes, finas e fasciculadas	Estável	Seco: Duro; Úmida: Pouco friável; Molhada: Plástico pegajosa	
2-18 cm	A2 - C μ Δ	2,5 YR 3/4	Argilosa	Granular com tendência a angular; média a grande; forte	Comum	Tubular e fissural	Abundantes, finas e fasciculadas	Estável	Seco: Duro; Úmida: Pouco friável; Molhada: Plástico pegajosa	
2-35 cm	A/B1 - C Δ μ	2,5 YR 3/6	Argilosa	Angular a subangular; média a grande; forte	Comum	Tubular e estrutural	Poucas, finas e fasciculadas	Estável	Seco: Duro; Úmida: Friável; Molhada: Plástico pegajosa	
2-39 cm	A/B2 - C Δ	2,5 YR 3/6	Argilosa	Angular; média a grande; forte	Comum	Fissural, estrutural e tubular	Ausentes	Estável	Seco: Duro; Úmida: Firme; Molhada:	Apresenta nódulos de argila

39 cm +	Bw - NAM	2,5 YR 4/6	Argilosa	Microagregado	Comum	Tubular e estrutural (macroporos de 5 a 6 mm de diâmetro)	Raras	Estável	Plástico pegajosa Seco: Duro; Úmida: Friável; Molhada: Plástico pegajosa
---------	----------	------------------	----------	---------------	-------	---	-------	---------	--

Apêndice 8

Perfil sob pastagem (PIV) – Dados Laboratoriais

Profundidade	Volumes do Solo	Cilindro	Macroporosidade (m³)	Microporosidade (m³)	Microporosidade (m³)
0 a 2 cm	Livre	-	-	-	-
2 a 18 cm	A1 - C _μ	52	7,01	42,40	
2 a 18 cm	A1 - C _μ	51	7,20	42,11	
2 a 18 cm	A2 - C _μ Δ	50	5,92	41,49	
2 a 18 cm	A2 - C _μ Δ	49	8,68	42,21	
2 a 35 cm	A/B1 - CΔμ	48	17,21	39,28	
2 a 35 cm	A/B1 - CΔμ	47	8,95	44,42	
2 a 39 cm	A/B2 - CΔ	46	6,39	46,19	
2 a 39 cm	A/B2 - CΔ	45	5,64	41,76	
39 cm +	Bw - NAM	44	5,30	48,25	
39 cm +	Bw - NAM	43	8,32	40,48	

Profundidade	Volumes do Solo	Densidade Aparente (g/cm³)	Porosidade Total (m³)	Porosidade Total (%)	Grau de Saturação (%)
0 a 2 cm	Livre	-	-	-	-
2 a 18 cm	A1 - Cμ	1,246	49,41	0,49	85,82
2 a 18 cm	A1 - Cμ	1,221	49,31	0,49	85,40
2 a 18 cm	A2 - CμΔ	1,232	47,41	0,47	87,51
2 a 18 cm	A2 - CμΔ	1,225	50,89	0,51	82,94
2 a 35 cm	A/B1 - CΔμ	1,130	56,49	0,56	69,54
2 a 35 cm	A/B1 - CΔμ	1,332	53,37	0,53	83,23
2 a 39 cm	A/B2 - CΔ	1,410	52,58	0,53	87,85
2 a 39 cm	A/B2 - CΔ	1,340	47,41	0,47	88,09
39 cm +	Bw - NAM	1,369	53,56	0,54	90,10
39 cm +	Bw - NAM	1,161	48,80	0,49	82,95