

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Caracterização e distribuição espacial dos sedimentos depositados
numa zona ripária reflorestada**

Renata Santos Momoli

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos
e Nutrição de Plantas**

**Piracicaba
2006**

**Renata Santos Momoli
Engenheiro Agrônomo**

**Caracterização e distribuição espacial dos sedimentos depositados
numa zona ripária reflorestada**

**Orientador:
Prof. Dr. MIGUEL COOPER**

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos
e Nutrição de Plantas**

**Piracicaba
2006**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/ USP**

Momoli, Renata Santos

Caracterização e distribuição espacial dos sedimentos depositados numa zona ripária
reflorestada / Renata Santos Momoli. - - Piracicaba, 2006.
107 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1. Degradação do solo 2. Distribuição espacial 3. Erosão 4. Mata ciliar 5. Sedimento
I. Título

CDD 634.9

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

A meus pais Odila e Antônio,
que com muito esforço
fizeram de mim o
que sou hoje,

OFEREÇO

À minha filha Giovanna, que com sua pequenez,
me ensina todos os dias, o valor do trabalho
silencioso e perseverante.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Miguel Cooper, pela orientação, paciência, disposição e bom humor constantes que foram fundamentais na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Pablo Vidal-Torrado pela confiança, amizade e apoio nos momentos difíceis.

À "Gloriosa" Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", que acolhe, prepara e distribui seus filhos pelo país e mundo afora.

Aos membros do Conselho de Pós-Graduação do Programa de Solos e Nutrição de Plantas, pela oportunidade de reingresso ao meio acadêmico.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa concedida.

À Usina Iracema, pela concessão da área de estudo, e aos Engenheiros Cristiano Estevão, Leandro e Caio Fortes, pelas informações e fotografias da região da Microbacia do Ribeirão Cachoeirinha.

Aos colegas do Departamento de Solos, Carlos Eduardo, Brivaldo, Raul, Selene e Dendê pelo valioso auxílio, tanto nas atividades práticas, quanto na troca de idéias e experiências.

Aos colegas da pós-graduação Guilherme, Sady, Cissa, Camila, Henrique, Oton e demais que fizeram dos encontros pós-almoço, o nosso happy-Ruca's, momentos de descontração e filosofias.

Aos funcionários Dorival Grisotto, Jaque e Nancy pela prestimosa ajuda em campo e no campus.

Aos técnicos Luiz Silva, Bete e Anderson pelo auxílio e assistência às análises realizadas.

Às amigas Jôse e Luciana, pelo apoio de todas as horas e sincera amizade.

À todos aqueles que de alguma forma participaram e colaboraram para a realização de mais um importante projeto de vida.

“Nós não herdamos a terra de nossos pais,
nós a tomamos emprestada de nossos filhos.”

(Autor desconhecido)

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 DESENVOLVIMENTO	19
2.1 Revisão bibliográfica	19
2.1.1 Erosão e degradação do solo	19
2.1.2 Zona ripária e floresta ribeirinha	21
2.1.2.1 Zona ripária: Definição e características	21
2.1.2.2 Floresta ribeirinha	22
2.1.3 Florestas ripárias e controle da erosão	23
2.1.4 Eventos extremos de precipitação	24
2.1.5 Transporte e deposição de sedimentos	26
2.1.5.1 Aspectos físicos e geomorfológicos	26
2.1.5.2 Solos	28
2.1.5.3 Sedimentos	30
2.1.5.4 Origem, tamanho e grau de seleção dos grãos	31
2.1.5.5 Impactos da sedimentação	33
2.2 Material e métodos	35
2.2.1 Localização	35
2.2.2 Histórico da área	36
2.2.3 Clima	39
2.2.4 Relevo	39
2.2.5 Uso da terra	40
2.2.6 Geologia	41
2.2.7 Solos	42
2.2.8 Vegetação	42
2.3 Metodologia	44
2.3.1 Caracterização morfológica e distribuição bi-dimensional dos sedimentos e horizontes	44
2.3.2 Coleta de solos	45

2.3.3 Granulometria	46
2.3.4 Micromorfologia e análise de imagens.....	47
2.4 Resultados e discussão	50
2.4.1 Caracterização morfológica e distribuição dos sedimentos.....	50
2.4.2 Micromorfologia.....	54
2.4.2.1 Análise de imagens das amostras.....	55
2.4.3 Granulometria.....	61
2.4.3.1 Granulometria das trincheiras.....	61
2.4.3.1.1 Dispersão em Hexametáfosfato de Sódio – NaOH.....	61
2.4.3.1.2 Dispersão em água.....	64
2.4.3.2 Granulometria das tradagens.....	70
2.4.3.2.1 Tradagens no canavial.....	70
2.4.3.2.2 Tradagens na zona ripária.....	71
2.4.3.3 Análises estatísticas da fração areia.....	75
2.4.3.3.1 Distribuição de freqüências acumuladas.....	75
2.4.3.3.2 Distribuição de freqüências relativas.....	78
3 CONCLUSÕES.....	87
REFERÊNCIAS.....	89
ANEXOS.....	97

RESUMO

Caracterização e distribuição espacial dos sedimentos depositados numa zona ripária reflorestada

As atividades agrícolas no Estado de São Paulo, foram responsáveis pela supressão da cobertura vegetal original do solo e, sua conseqüente degradação. A vegetação nativa foi gradativamente substituída por culturas como café, pastagem, citros e cana-de-açúcar, durante séculos de ocupação e uso da terra. A recomposição da cobertura florestal auxilia na prevenção da erosão do solo e na redução dos impactos causados. A floresta ripária retém os sedimentos resultantes do desprendimento do solo à montante e transportados pela enxurrada. A deposição de sedimentos na zona ripária está relacionada à pluviosidade, às feições geomorfológicas, ao material de origem e manejo da área à montante. O padrão de distribuição de sedimentos na zona ripária reflete a dinâmica da deposição e os prováveis processos ocorridos. Para inferir sobre os processos de deposição ocorridos, foram realizadas análises macro e micromorfológicas e, também análises granulométricas apoiadas na interpretação estatística dos parâmetros de Folk & Ward (1957). As amostras de solo foram dispersas em Hexametáfosfato de Sódio e também em água, para simular as condições de campo, seguindo a metodologia de Camargo (1986). Os resultados obtidos através da análise granulométrica, foram reforçados pelas análises de imagens e porosidade em amostras indeformadas. Os atributos do solo enterrado e dos sedimentos depositados, evidenciam um padrão de deposição irregular e desuniforme, que sugere a ocorrência de eventos erosivos de grande intensidade (fluxo turbulento). Essa irregularidade e desuniformidade da deposição está relacionada à alteração do uso da terra. A implantação do reflorestamento na zona ripária de Iracema B deslocou a deposição de sedimentos, 25m à montante na encosta.

Palavras-chave: Erosão, sedimentos, floresta ripária, granulometria, análise de imagens.

ABSTRACT

Sediment morphology and distribution in a reforested riparian zone

Agricultural practices in the state of São Paulo - Brazil, are directly responsible for the suppression of the natural vegetation cover and soil degradation. The natural vegetation was substituted by coffee, pastures, citrus and sugar-cane crops, over centuries of occupation and land use. The native forest recuperation prevents soil erosion and reduces environmental impacts. Riparian forest traps sediments transported by "splash" and runoff. Sediments deposition in riparian zone depends on rainfall, geomorphology, original soil characteristics and management. Sediment distribution paths in riparian zones reflect the deposition dynamics and the type of deposition event. In order to study the deposition processes in a riparian forest located in the county of Iracemapolis-state of São Paulo, macro and micromorphological analyses, as well as particle size distribution using Folk & Ward (1957) parameters, were done. Soil samples were dispersed with sodium hexametaphosphate and water. This last technique was done to simulate field transport conditions. The particle size distribution results together with the field and laboratory morphological analyses showed an irregular and non-uniform sediment deposition. This deposition process suggests the occurrence of high intensity erosive events that produce high amount of sediments and runoff characterized by a turbulent flow. Land use changes significantly affect this type of deposition. The recuperation of the natural forest dislocated sediment deposition inside the riparian forest 25 m upslope.

Keywords: Erosion, sediments, riparian forest, particle size distribution, image analysis.

1 INTRODUÇÃO

A conservação dos ecossistemas está diretamente relacionada ao uso da terra. A busca pelo uso racional da terra tenta equacionar as necessidades de preservação dos recursos naturais e, as necessidades de produção de alimentos e energia. Este desafio tem motivado pesquisadores (CORRELL, 1997; DOUGLAS, 1990; LAL, 1998a; RODRIGUES, 2000; SPAROVEK, 2001) na difusão de conceitos e técnicas de conservação e manejo, que adotadas adequadamente visam reduzir os impactos sobre os ecossistemas. A recomposição das matas ciliares é uma proposta que engloba a proteção do solo, da água e de vários organismos que habitam as zonas ripárias.

Uma das causas mais relevantes na degradação dos recursos naturais é a erosão do solo, que provoca impactos negativos intrínsecos (dentro da área ou bacia em questão) e extrínsecos (além ou fora da área de origem da erosão). Dentre os impactos intrínsecos estão perda de solo, água e fertilizantes durante a enxurrada e, redução da qualidade do solo através da redução da profundidade disponível ao enraizamento, redução da capacidade de retenção de água, redução no conteúdo de carbono orgânico do solo e exposição da camada subsuperficial de solo menos fértil com características físicas menos favoráveis. Os impactos extrínsecos da erosão afetam a produtividade agrícola através das inundações que podem ocorrer nas zonas mais baixas do relevo, devido ao acúmulo de sedimentos, das mudanças na profundidade do solo, do soterramento do solo superficial, estes impactos podem afetar também a qualidade das águas e do ar através da eutrofização, da contaminação, do aumento da quantidade de sedimentos nas águas e; do aumento da concentração de partículas em suspensão e emissão de gases na atmosfera, há ainda os efeitos deletérios nas estruturas da construção civil, como o assoreamento e redução da capacidade de armazenamento hídrico dos reservatórios (LAL, 1998a).

Sendo assim, o alcance dos efeitos negativos da erosão vai muito além da área de origem dessa erosão cobrindo extensas áreas e afetando de maneira muitas vezes irreversível a qualidade das águas e do solo. Mesmo nas ocasiões onde os impactos são reversíveis, comumente os custos de recuperação das áreas se tornam onerosos e inviáveis. Sob este ponto de vista, torna-se claro que a melhor forma de prover a conservação dos recursos naturais não-renováveis como água e solo é a correta avaliação dos impactos intrínsecos e extrínsecos da erosão com o objetivo de impedir que esta se desenvolva desde o início do processo.

Diversas técnicas de controle da erosão do solo existem e tem como objetivo proteger este recurso natural não-renovável e imprescindível na produção de alimentos. Técnicas de controle mecânicas e vegetativas atuam de formas diversas, interferindo em diferentes etapas do processo erosivo. De um modo geral, técnicas mecânicas como a construção de terraços, controlam a velocidade da enxurrada e técnicas vegetativas como por exemplo, o plantio direto evitam o desprendimento do solo através da ação protetora da cobertura vegetativa do solo.

O manejo de ecossistemas ripários atua de maneira eficaz na redução dos impactos negativos da poluição agrícola não-pontual. Servindo como um filtro ou agente tampão, os ecossistemas ripários bem estruturados podem reduzir os impactos das fontes não-pontuais de poluição, filtrando o escoamento superficial desde o campo de cultivo até os cursos de água (DELONG; BRUSVEN, 1991). Os sedimentos e poluentes ligados aos sedimentos carregados durante a enxurrada são depositados tanto nas florestas ripárias como na vegetação herbácea existente ao longo dos canais de drenagem (NAIMAN; DÉCAMPS, 1997).

Nos últimos anos, esforços conjuntos dos municípios, produtores rurais, legisladores e comitês de bacias hidrográficas têm sido mobilizados com o intuito de rever alguns parâmetros fundamentais para a conservação do solo e da água, dentre eles um dos mais controversos é a definição da largura ideal das zonas ripárias.

Atualmente no Código Florestal vigente, Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965 modificada pelas Leis nº 7803/89 e 7875/89, estabelece legalmente, uma faixa de área que deve ser protegida ao redor dos corpos de água e nascentes. Essa faixa de área varia de acordo com a largura dos rios e engloba as matas ciliares. A largura mínima de proteção às florestas e demais formas de vegetação natural, situadas ao longo dos cursos de água, consideradas como Áreas de Preservação Permanente (APP's) é de 30 m (para cursos de água com largura de até 10 m) e, nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos "olhos-d'água", em um raio de 50 m (MACHADO et al, 2003), No entanto atualmente existe uma preocupação maior com esse assunto, e dessa forma estudos, como aquele apresentado por Simões (2001), apontam que essa faixa de mata ciliar deve ser determinada de acordo com as características morfológicas da bacia, como a declividade e comprimento de rampa do terreno, com a classe de solo predominante e suas características físico-químicas, entre outras (FERREIRA; DIAS, 2004; SPAROVEK et al., 2001).

No estudo de caso da zona ripária reflorestada da Represa de Iracema - Iracemápolis - SP serão verificadas algumas hipóteses, 1) a instalação da mata ciliar favoreceu o processo de deposição de sedimentos na zona ripária, 2) o reflorestamento recente na zona ripária alterou a dinâmica de deposição de sedimentos, 3) a dinâmica de deposição de sedimentos na mata ciliar segue um padrão turbulento e não laminar ordenado. O objetivo do presente trabalho é caracterizar a morfologia e a distribuição dos sedimentos oriundos de uma área sob cultivo de cana-de-açúcar e retidos na zona ripária.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 Erosão e degradação do solo

O solo resultante dos cinco fatores de formação, segundo Jenny (1941): clima, relevo, organismos vivos, material de origem e tempo, reflete sua história pedológica desde o primeiro instante da sua formação até o presente, onde fenômenos físicos, químicos e biológicos ocorrem no material de origem, motivando progressivas transformações que interferem na sua morfologia e nos seus atributos físicos, químicos, biológicos e mineralógicos (OLIVEIRA, 1992). Desta forma, cada solo vai ter um conjunto de atributos que influenciam decisivamente na sua susceptibilidade à erosão e que interferem no movimento da água no solo, na distribuição de forças erosivas e na resistência ao desprendimento de partículas de solo (BRYAN, 2000).

A degradação do solo pode ocorrer naturalmente ou devido às atividades antropogênicas (LAL, 1998a). O processo de modificação da superfície das bacias hidrográficas por atividades antropogênicas remonta à pré-história, através do uso do fogo como ferramenta de manejo local pela população original da maioria dos continentes (CORRELL, 1997). Essas queimadas não apenas expuseram o solo à erosão mecânica, mas também liberaram sais prontamente solúveis contendo nutrientes, dessa maneira contribuindo para a degradação da fertilidade do solo (DIEMBLEBY, 1974).

Uma rápida, maciça e profunda alteração no solo, foi produzida pela expansão da agricultura e o uso intensivo da terra pelas grandes civilizações agrárias (Correll,1997). A agricultura mecanizada homogeniza a superfície do solo, reduz a macroporosidade e cria camadas compactadas; estas perturbações alteram o movimento da água no solo,

as características hidrológicas da bacia durante eventos chuvosos, e a frequência de recorrência de alguns processos erosivos (BRYAN, 2000).

Com base nos dados apresentados por Lal (1998b) 1 bilhão de ha de solo no planeta são degradados por causa da erosão hídrica. Isto totaliza um prejuízo de U\$ 400 bilhões dólares/ano, entre planos de recuperação de áreas degradadas, perdas na produtividade agrícola, entre outros fatores.

A sedimentação em reservatórios é um processo indesejável, porém inevitável e, nos EUA quase 2 milhões de toneladas de sedimentos.ano⁻¹ se acumulam nos reservatórios (DOUGLAS, 1990; ZACHAR, 1982). Maiores transformações na geoquímica global são inevitáveis, mas muitos dos atuais problemas da erosão e sedimentação poderiam ser reduzidos com o manejo mais criterioso do solo (DOUGLAS, 1990).

O povoamento e a ocupação do território brasileiro têm-se verificado com características muito peculiares, dadas às suas condições geográficas e ecológicas. Enquanto algumas áreas foram rapidamente ocupadas e inteiramente desenvolvidas dentro dos melhores padrões tecnológicos, outras permanecem intocadas em seus recursos naturais (BERTONI, 1990).

Há uma tendência geral dos agricultores brasileiros em considerar como inesgotáveis as riquezas e a fertilidade original de suas terras. Isso tem feito com que eles conduzam sua agricultura com um sentido extrativista. E, dessa forma, valendo-se da vastidão de novas áreas a explorar, os agricultores brasileiros têm caminhado descuidadamente rumo ao oeste, esbanjando a integridade produtiva das novas terras e deixando às suas costas um melancólico caminho percorrido por morros desnudos e campos afetados pela erosão de solos exauridos (MARQUES, 1966 apud BERTONI, 1990).

2.1.2 Zona ripária e floresta ribeirinha

Dentre as diversas práticas (mecânicas, edáficas e vegetativas) de conservação do solo, a existência de cobertura florestal promove benefícios que atingem diferentes componentes ecológicos do bioma local e podem refletir além da bacia hidrográfica de origem.

2.1.2.1 Zona ripária: Definição e características

Existem diversas definições e conceitos para zona ripária, porém a que a define funcionalmente como zonas tridimensionais de interação direta entre os ecossistemas aquáticos, terrestres e atmosféricos, onde os limites da zona ripária se estendem além dos limites da área inundada e acima do dossel da vegetação adjacente ao canal, consegue abranger de maneira mais complexa as relações existentes entre os ecossistemas (GREGORY et al., 1995). Em suma trata-se da porção de terra imediatamente adjacente aos cursos d'água, lagos e águas superficiais e, seus limites são graduais e pouco definidos (KLAPPROTH; JOHNSON, 2000).

Vários fatores afetam o funcionamento e a qualidade da zona ripária e, eles podem ser endógenos/geomórficos, como por exemplo: atributos físicos e químicos do solo, declividade dentro da zona ripária; ou exógenos: área e gradiente da bacia, mineralogia e textura do solo, tipo e profundidade da rocha-mãe, volume e composição das águas subterrâneas, morfologia dos canais (CORRELL, 1997). Também atuam tanto de maneira exógena quanto endógena, os fatores de controle climático como alguns componentes do ciclo hidrológico: precipitação, runoff e evapotranspiração (CORRELL; WELLER, 1989).

Muitas das características das zonas ripárias, como composição das espécies vegetais e os processos geoquímicos (por exemplo, desnitrificação e redução de Fe e Mn), requerem que o solo seja

anaeróbio ou apresente valores baixos de Eh - potencial de óxido-redução. Algumas das reações mais importantes que ocorrem na zona ripária são: redução dos íons Mn, desnitrificação, redução do Fe, redução do sulfato e metanogênese. Elas ocorrem nessa ordem como resultado de reações termodinâmicas e nenhuma dessas reações pode ocorrer na presença de oxigênio molecular; só depois do O₂ ter sido totalmente consumido nos processos de respiração, oxidação da amônia e dos sulfitos, então ocorre a redução do manganato; após todo o manganato ser reduzido, ou não existir em determinado local, é que se dá o início do processo de desnitrificação. A reversibilidade destas reações é limitada pela produção de compostos finais voláteis ou pela alteração do pH (CORRELL, 1997).

2.1.2.2 Floresta ribeirinha

Um importante componente do ecossistema ripário é a vegetação que independente da sua composição, florestal ou herbácea, retém boa parte dos sedimentos e poluentes ligados aos sedimentos carreados com a enxurrada, impedindo que estes alcancem os canais de drenagem e reservatórios de água (COOPER, 1987; NAIMAN; DÉCAMPS, 1997).

Considerando também os componentes bióticos da bacia hidrográfica, a cobertura florestal desempenha a função de "corredor ecológico" que favorece a manutenção da biodiversidade também propiciando um ambiente sombreado e ventilado nos canais, ajudando a manter temperaturas mais amenas nas épocas mais quentes do ano, o que favorece a biota local (CORRELL, 1997).

Existe uma grande diversidade de sistemas ripários florestais seriamente ameaçados pela expansão da agricultura e que são protegidos pela legislação por sua reconhecida importância na preservação dos recursos hídricos (SPAROVEK et al., 2001).

A restauração de formações ciliares certamente tem suas possibilidades de sucesso ampliadas, quando inserida no contexto de bacia hidrográfica, principalmente quando a restauração tem suas justificativas na questão hídrica, com conseqüente adequação do uso dos solos agrícolas do entorno e da própria área a ser recuperada, a preservação da interligação de remanescentes naturais, a proteção de nascentes e olhos d'água (RODRIGUES, 2004).

Com o objetivo de determinar uma largura ótima para a zona-tampão, que proteja e garanta a integridade do ecossistema ripário e ao mesmo tempo permita o cultivo das áreas agrícolas, muitos pesquisadores vêm relacionando os processos ripários em função da distância dos canais de drenagem (FENNESSY; CRONK, 1997; LOWRANCE, 1985, MACHADO, 2003; NAIMAN; DÉCAMPS, 1997). O estabelecimento de uma largura ideal para manter o funcionamento do ecossistema ripário depende de muitos fatores incluindo, condições climáticas locais, topografia, geologia e vegetação. Larguras definidas arbitrariamente e de forma estanque não se ajustam às condições e processos específicos que ocorrem localmente (LEDWITH, 1996).

2.1.3 Florestas ripárias e controle da erosão

Faixas de vegetação ao longo dos cursos d'água têm sido usadas há muito tempo como ferramenta de manejo na proteção dos ambientes ripários contra os efeitos adversos da agricultura (LEDWITH, 1996). Além das faixas de vegetação, outros elementos da paisagem também podem funcionar como filtros e compreendem estruturas físicas como valetas, drenos e terraços. A eficiência total das zonas-tampão ou filtros, na paisagem depende da velocidade de transporte radial ou direcional de partículas erodidas, da densidade e tipo de vegetação, da sua distribuição espacial e da resposta à saturação dos filtros, e da sua regeneração em função do tempo (PENING DE VRIES et al., 1998).

O fluxo superficial lateral pode ser filtrado na zona-tampão ripária florestada quando chega na forma de fluxo laminar, proveniente de áreas relativamente pequenas com declividades de 5% ou menos (PETERJOHN; CORRELL, 1984) mas, quando as áreas são maiores e o fluxo se torna concentrado podem se formar canais, sulcos de erosão mesmo através da zona ripária (JORDAN et al., 1993). O aumento da rugosidade na superfície do solo pode reduzir a velocidade do fluxo e conseqüentemente favorecer a sedimentação das partículas. A vegetação ripária e a camada orgânica que ela deposita na superfície do solo são eficientes na redução da velocidade das águas superficiais. Somado a isto, a associação de radículas concentradas na superfície ou próxima dela, e comunidades microbiológicas, permite a retenção e assimilação de nutrientes presentes nas águas superficiais que poderiam alcançar os cursos hídricos (PETERJOHN; CORRELL, 1984).

2.1.4 Eventos extremos de precipitação

Durante os eventos chuvosos muitas partículas de solo são desprendidas e carregadas vertente abaixo sendo retidas pelas plantas, árvores ou qualquer outro obstáculo situados a jusante da vertente. Uma parte dos sedimentos pode ser depositada na própria vertente levando à formação de depósitos coluviais. Uma outra parte pode alcançar os cursos d'água e podem ser redepositados novamente em outra parte da planície de inundação ou em reservatórios hídricos.

Todo o conhecimento científico sobre os processos erosivos da superfície terrestre e sedimentação sugere que os eventos extremos possam ser a causa principal da remodelagem da paisagem. Os registros de carga fluvial de sedimentos exibem considerável variação de ano para ano, o que realça o significativo papel dos eventos extremos (DOUGLAS, 1990).

Adversamente a maioria dos geomorfólogos concorda que a erosão mais importante se produz com fenômenos de moderada frequência e intensidade, porque os fenômenos extremos ou catastróficos são demasiados infreqüentes para contribuir apreciavelmente para a quantidade de solo erodido quando se consideram longos períodos de tempo (MORGAN, 1997). Intensidade e frequência são os conceitos estudados por Wolman e Miller (1960) em estudos de transporte de sedimentos pelos rios. Estes autores comprovaram que o fenômeno pluviométrico dominante, o principal responsável pela erosão era um fenômeno com período de retorno entre 1,33 a 2 anos, com maior intensidade do que o fenômeno mais freqüente, o que não quer dizer que seja um fenômeno extremo. Ainda que, a maior parte da erosão nas encostas e, o transporte de sedimentos pelos rios seja decorrente de fenômenos de moderada intensidade, ainda assim os efeitos de um fenômeno extremo podem ser muito dramáticos (MORGAN, 1997).

Existem atualmente inúmeros estudos (BAUDRY, 1997; LAL, 1998a; MORGAN, 1997; REID, 1996) sobre a hidrologia das bacias hidrográficas, efetividade das práticas agrícolas, efeitos do manejo nas características físicas e químicas do solo, erosão sob diferentes tipos de cultivo, mas as condições climáticas e suas relações com as práticas conservacionistas bem sucedidas ou não, não foram bem examinadas ainda.

Os dados obtidos por Wischmeier (1962) em canteiros de experimentação de 45 estações de pesquisa de 23 estados nos EUA foram reunidos na Universidade de Purdue. Estes dados eram compostos de mais de 250.000 eventos erosivos isolados e medidas de perda de solo; e mostraram claramente que alguns poucos eventos extremos foram responsáveis pela maior parte da erosão. Num estudo de 28 anos envolvendo nove bacias hidrográficas, os três mais expressivos eventos extremos foram responsáveis por mais de 50% da perda de solo medida no período (EDWARDS, 1991). Neste mesmo trabalho, este autor afirma que o nível de manejo conservacionista ditado pela média das

precipitações pode suprir adequadamente o controle da erosão na maior parte do tempo. Porém, quantidades inaceitáveis de perda de solo podem ser esperadas devido à ocorrência dos eventos extremos. Para serem bem sucedidas por longos períodos de tempo, as práticas de controle da erosão, segundo Edwards (1991) devem ser eficazes também em controlar a erosão gerada durante os eventos extremos.

Cada processo erosivo gera uma distribuição granulométrica dos sedimentos característica e particular, geralmente a erosão laminar carrega apenas as partículas mais finas presentes na superfície do solo, enquanto movimentos de massa pouco profundos removem a coluna do solo inteira e produzem sedimentos com a mesma distribuição granulométrica existente no perfil do solo (REID, 1996).

2.1.5 Transporte e deposição de sedimentos

2.1.5.1 Aspectos físicos e geomorfológicos

O desprendimento do solo pelo impacto da gota de chuva e a enxurrada são agentes ativos na erosão e respondem por pelo menos cinco sub-processos: salpicamento, suspensão de partículas, fluxo laminar, sulcamento e "pipping"; sendo que cada um deles pode participar isoladamente, seqüencialmente ou simultaneamente, porém todos atuam ativamente na vertente (BRYAN, 2000).

De acordo com os estudos de Guerra e Cunha (1995), devido à complexidade dos processos de erosão e sedimentação, existe a necessidade do intercâmbio de informações de outras áreas como mecânica de solos, geologia, geomorfologia, etc para uma mais ampla compreensão dos fenômenos ocorrentes e sua intrincada rede de inter-relações. Como vêm ocorrendo em todas as áreas, estimular a cooperação interdisciplinar é fundamental para aprimorar e fazer avançar o conhecimento na interpretação dos processos e formas de relevo.

Estudos minuciosos acerca das características dos sedimentos são necessários para a geração de dados quantitativos fundamentais que informarão a respeito do tamanho, composição mineralógica, textura superficial e orientação dos grãos, estas características estão relacionadas a fatores físicos e químicos do ambiente de deposição (JONG VAN LIER; VIDAL-TORRADO, 1992).

A interação de fatores como material de origem, tipo de solo, posição no relevo e pluviosidade regem a dinâmica da deposição dos sedimentos erodidos das encostas. A declividade, por exemplo, interfere na deposição visto que o fluxo de sedimentos derivados do impacto da gota de chuva, do arraste de partículas, o coeficiente de runoff e as taxas de erosão, aumentam com o aumento da inclinação da vertente (FULLEN et al., 1996; SUTHERLAND, 1996). Numa vertente menos inclinada existe a seleção de material mais fino sendo erodido preferencialmente a fração argila e depois silte, dependendo da erosividade da chuva (FULLEN et al., 1996).

A forma e comprimento das vertentes também é relevante, uma vez que numa vertente longa, existe uma maior contribuição da quantidade de enxurrada e sua velocidade, causando uma maior erosão do solo, e conseqüentemente uma maior quantidade de sedimentos potencialmente carreáveis. Este efeito pode ser alterado pela rugosidade superficial com áreas convexas pontuais e trajetos com alta capacidade de infiltração, onde a sedimentação pode ocorrer. (PENING DE VRIES et al., 1998).

Os estudos de Cooper (1987) confirmaram esta estreita relação entre sedimentação e relevo local. O autor observou que em profundidade, houve um acúmulo de sedimentos de espessura variável entre 15 e 50 cm no limite entre a área de cultivo e a floresta ripária, enquanto que na planície aluvial a espessura dos sedimentos não chegou a alcançar 5 cm. Avaliando a distribuição ao longo da encosta Cooper (1987) constatou que 80% dos sedimentos foram depositados acima da planície aluvial, sendo que 50% dos sedimentos ficaram retidos nos

primeiros 100 metros de distância do limite da área de cultivo e da borda da floresta ripária e a fração areia prevaleceu na deposição próximo à borda da mata enquanto altas porcentagens de silte e argila ocorreram na planície de inundação.

As forças erosivas que atuam sobre o solo dependem das condições hidrológicas locais (BRYAN, 2000). Este autor cita que a propriedade do solo que mais interfere nas características do fluxo superficial da água é a rugosidade do solo e que a profundidade da lâmina d'água depende do balanço entre pluviosidade, enxurrada e infiltração. Esses fatores variam durante o evento chuvoso, porém a profundidade da lâmina normalmente aumenta com a intensidade e duração do evento chuvoso, gerando mudanças temporais sistemáticas de rugosidade para condições de uniformização do terreno (BRYAN, 2000).

2.1.5.2 Solos

Os tipos de solos que aparecem nas zonas ripárias possuem grande variabilidade espacial, principalmente porque resultam da combinação de solos intemperizados no local, de depósitos de sedimentos originados por eventos chuvosos e acúmulo de resíduos orgânicos (LOWRANCE, 1985).

Os atributos do solo que influenciam na qualidade da água incluem profundidade do lençol freático, permeabilidade, textura, conteúdo de matéria orgânica e propriedades químicas (U.S. E.P.A. Chesapeake Bay Program Forestry Work Group 1993). Tais atributos afetam a direção e a intensidade com que a água flui sobre e através da zona ripária, a extensão da água superficial que fica em contato com as raízes de plantas e partículas de solo e o grau de anaerobiose do solo. Florestas ripárias com solos orgânicos possuem grande potencial na melhoria da qualidade da água, por filtrar grande parte da enxurrada, adsorver nitrogênio e outros contaminantes e, por suprir com carbono a

necessidade dos processos microbianos (U.S. E.P.A. Chesapeake Bay Program Forestry Work Group 1993; U.S.D.A. A.R.S. 1995).

A erosão não é a mesma em todos os solos. As propriedades físicas, principalmente estrutura, textura, permeabilidade e densidade, assim como as características químicas e biológicas do solo exercem diferentes influências na erosão. A textura, ou seja, o tamanho das partículas, é um dos fatores que influem na maior ou menor quantidade de solo arrastado pela erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Num experimento de simulação de chuva em laboratório sobre Oxisol em diferentes declividades (5, 10, 20°), Sutherland (1996) demonstrou que o tamanho dos agregados mais facilmente desprendidos pelo impacto da gota de chuva girava entre 500 e 1000 μ m, ou seja agregados do tamanho da fração areia grossa, porém a fração mais facilmente arrastada pela água era composta por agregados com diâmetro geométrico médio bem menor do que o diâmetro dominante na matriz do solo.

A distribuição granulométrica presente na água de enxurrada depende diretamente da distribuição granulométrica do solo original. Os resultados obtidos em experimento realizado por Syversen e Borch (2005) mostraram que, a argila fina e média foram retidas na zona ripária possivelmente na forma de agregados, porque transportadas como partículas primárias devem ser muito pequenas para serem depositadas nessa região. As partículas de argila grossa são retidas na zona ripária independente da sua largura, enquanto as frações silte e areia foram preferencialmente depositadas na parte superior (montante) da zona ripária. O fósforo seguiu o mesmo padrão descrito para as partículas de argila, confirmando assim a importância do P adsorvido na fração argila do solo.

2.1.5.3 Sedimentos

Sedimento é o solo desprendido, pulverizado da sua matriz durante um evento erosivo ou chuvoso (RITTER; SHIRMOHAMMADI, 2001). Deposição se refere à quantidade de sedimento acumulado num determinado período de tempo (t), que não ultrapassou os limites de uma dada área em questão. Para que haja tal deposição deve haver transporte ou movimento descendente de água e sólidos em suspensão, através de sulcos ou do fluxo laminar nas áreas entressulcos (RITTER; SHIRMOHAMMADI, 2001). Essa deposição é segmentada, com parte dos sedimentos sendo levados pelos cursos d'água, parte depositados próxima à fonte de sedimentos e também uma parte redistribuída em uma grande extensão da planície aluvial da bacia à jusante (COOPER, 1987; DOUGLAS, 1990).

A distribuição granulométrica dos sedimentos erodidos muda com o tempo durante um evento chuvoso. Este confere energia cinética ao processo induzindo o movimento das partículas do solo através da liquefação que acarreta a transformação temporária da areia ou silte em uma suspensão muito concentrada. A concentração da fração mais fina dos sedimentos aumenta à medida que a intensidade da chuva e o gradiente de declividade diminuem e, a cobertura de superfície e rugosidade aumentam, por causa da redução na capacidade de transporte do fluxo laminar. Os sedimentos gerados a partir da erosão em sulcos possuem uma maior proporção de agregados maiores do que os gerados a partir da erosão entressulcos, por causa da remoção intensa da matriz do solo pelo fluxo concentrado. A tendência à liquefação é maior em areias finas de grãos arredondados e em siltes grossos do que em areias grossas ou pedregulhos (RITTER; SHIRMOHAMMADI, 2001; GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

Os fluxos de sedimentos podem ser de dois tipos: fluxo de areia ou fluxo de lama, onde diferenças na intensidade das forças de coesão

ocasionam os diferentes tipos de movimentos. (SUGUIO, 1973). O decréscimo da resistência ao cisalhamento produzido pelo movimento inicial varia ao redor de 20% para areias pouco soltas e argilas de pequena sensibilidade, atingindo até 90% para areias saturadas muito soltas e argilas moles de grande sensibilidade, o que implica em movimentos muito rápidos para estes últimos materiais (GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

2.1.5.4 Origem, tamanho e grau de seleção dos grãos

De acordo com Folk (1951) são definidos quatro estádios de maturidade textural dos sedimentos, estabelecidos pela ocorrência de três eventos em seqüência: a) remoção de argila, b) seleção da fração arenosa, c) arredondamento dos grãos arenosos de quartzo. A textura quando focada para a definição dos estádios acima, pode ser considerada sob dois pontos de vista: i) variação da granulometria (média e extremos), ii) maturidade textural expressa em termos de conteúdo de argila, seleção e arredondamento dos grãos. A passagem de um sedimento inicialmente argiloso, pobremente selecionado e com grãos angulares para uma areia completamente matura, arredondada e selecionada é marcada por etapas sucessivas, que permitem reconhecer quatro estádios de maturidade textural: 1) Estádio imaturo - o sedimento contém considerável quantidade de argila e mica fina, a porção não-argilosa é pobremente selecionada e os grãos são angulares. Quando uma boa parte da argila é eliminada, o estágio 2 é atingido, 2) Estádio submaturo - o sedimento contém pouca ou nenhuma argila, mas a porção não-argilosa (silte, areia e cascalho) é ainda pobremente selecionada e os grãos são angulares. Tão logo os sedimentos se tornem bem selecionados, o estágio 3 é atingido, 3) Estádio maturo - o sedimento contém argila e os grãos de areia são bem selecionados, mas ainda subangulares. Quando os grãos se tornam bem arredondados, o estágio 4

é atingido, 4) Estádio supermaturo - o sedimento não contém argila, a fração arenosa é bem selecionada e os grãos são bem arredondados. Este é o último estágio textural, e nenhuma modificação é possível após este ciclo (SUGUIO, 1973).

O grau de seleção pode depender consideravelmente do modo de transporte do sedimento. Tem sido sugerido que a seleção aumenta com o transporte dos sedimentos, mas isto ocorre provavelmente como consequência do decréscimo dos diâmetros médios dos grãos com o transporte (JONG VAN LIER; VIDAL-TORRADO, 1992).

Segundo Inman (1949) a seleção pode se processar pela ação de três tipos de mecanismos diferentes: a seleção local (durante a deposição) e seleção progressiva (durante o transporte), ou ambas ao mesmo tempo. Valores de curtose muito altos ou muito baixos podem sugerir que um tipo de material foi selecionado em uma região de alta energia e então transportado sem mudanças de características para um outro ambiente, onde ele se misturou com outro sedimento, em equilíbrio com as diferentes condições, possivelmente de baixa energia. A assimetria e a curtose são os melhores parâmetros para diferenciação dos ambientes de deposição, estes parâmetros sugerem que existe um processo agindo no sentido de alterar as caudas das (JONG VAN LIER; VIDAL-TORRADO, 1992).

A pulverização do solo e a deposição de sedimentos causada pela erosão hídrica e pelas operações de cultivo em duas áreas, ambas em solos siltosos, porém com relevos diversos, foram detalhadas por Ampontuah et al. (2005) no que se refere à granulometria do solo superficial. Estes autores afirmam que a distribuição granulométrica e as relações entre o relevo e as várias frações sugerem o desprendimento e um movimento preferencial das frações silte grossa a muito grossa (16-63 μ m), que são posteriormente encontradas na sua maioria no sopé da encosta e também nas depressões do terreno. As amostras coletadas na

porção superior da encosta possuem maior quantidade de silte fino ($<16\mu\text{m}$) do que as amostras do sopé. Assim, existe acúmulo de sedimentos grosseiros em direção à jusante da encosta e, verticalmente existe acúmulo de silte grossa nos primeiros 2,5 cm do solo. A predominância de uma determinada fração granulométrica numa encosta erodida pode indicar uma aptidão em resistir ao desprendimento do solo, tanto que as outras partículas mais facilmente desprendidas e transportadas podem ser depositadas e predominar nas áreas mais baixas e planas da encosta (AMPONTUAH et al., 2005) .

2.1.5.5 Impactos da sedimentação

Como componente dos impactos intrínsecos e extrínsecos da erosão, a sedimentação afeta a produtividade agrícola através das inundações que podem ocorrer nas zonas mais baixas do relevo devido ao acúmulo de sedimentos, das mudanças na profundidade do solo, do soterramento do solo superficial mais rico em matéria orgânica. Áreas de deposição de sedimentos podem ser reconhecidas pela acumulação de sedimentos ao redor das plantas, pela sua textura e estratificação diferenciadas da matriz do solo (LAL, 1998a; REID; DUNNE, 1996).

Sendo a erosão um processo altamente seletivo, onde a maior parte dos sedimentos é erodida e transportada na forma de agregados, especialmente a fração argila do sedimento, a deposição preferencial afeta seriamente a estrutura e a fertilidade do solo (FULLEN et al., 1996). Segundo estes mesmos autores, este transporte de argila carrega, adsorvidos à sua superfície, importantes cátions como: P, Ca, Fe, Mg, Mn. A fração argila que é transportada como partículas primárias e como agregados responde pelo problema potencial de contaminação física e química dos corpos d'água à jusante, sendo que a forma particulada é a

que atinge mais rapidamente os cursos de água (RITTER; SHIRMOHAMMADI, 2001; YOUNG, 1996).

O transporte da fração fina do solo aumenta em relação à fração grosseira à medida que a intensidade da chuva e o gradiente de declividade diminuem e, a cobertura de superfície e rugosidade aumentam (RITTER; SHIRMOHAMMADI, 2001). Estes autores explicam este fenômeno pela redução na capacidade de transporte do fluxo laminar que consegue carregar relativamente menor quantidade de sedimentos maiores e mais pesados. No mesmo artigo eles mostram que os sedimentos gerados a partir da erosão em sulcos possuem uma maior proporção de agregados maiores do que os gerados a partir da erosão entressulcos por causa da remoção intensa da matriz do solo pelo fluxo concentrado. Portanto, um enriquecimento considerável pode ocorrer através dos processos de transporte e deposição.

A transferência e deposição de sedimentos, dentro da rede de drenagem influencia as características da rede hídrica. As mudanças decorrentes deste processo podem alterar a geometria dos canais de drenagem e, conseqüentemente, a natureza e a localização da erosão e da deposição (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

2.2 Material e métodos

2.2.1 Localização

A área de estudo situa-se na zona ripária da Represa de Iracema, município de Iracemápolis – SP, nas coordenadas 22°35′ de Latitude S e 47°31′ de Longitude W. A transeção estudada está localizada na microbacia do Ribeirão Cachoeirinha, onde o plantio da cana-de-açúcar ocupa as encostas das colinas, enquanto um reflorestamento com espécies nativas de 18 anos de idade ocupa uma parte da área ripária situada entre o plantio da cana e a represa de abastecimento público de Iracemápolis - SP.

Esta microbacia integra a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 5. Esta foi uma das microbacias selecionadas pela CATI para compor o Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas e onde foi feito o Plano Diretor de Uso e Manejo desta microbacia (ESTEVIÃO et al., 2006).



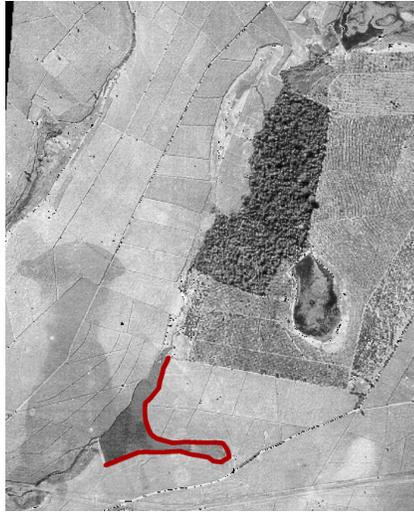
Figura 1 - Localização do reflorestamento na Bacia do Ribeirão Cachoeirinha

2.2.2 Histórico da área

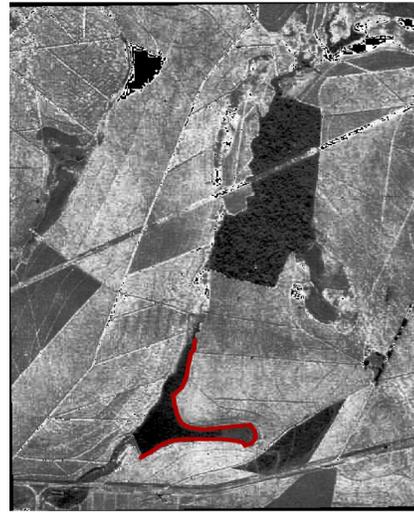
A microbacia do Ribeirão Cachoeirinha já sofreu várias alterações no uso da terra, passando por sucessivos ciclos de cultivo intensivo. Até 1962 a cultura do café ocupava a maior parte das encostas, associada muitas vezes às pastagens nas vertentes mais íngremes. Com a decadência dos cafezais, o cultivo da cana-de-açúcar foi ganhando cada vez mais espaço, sendo que a partir de 1978 já ocupava grande parte das terras agricultáveis.

Em 1987, já com seus 9 mil habitantes o município de Iracemápolis enfrentava grave crise de abastecimento de água. As matas nativas presentes na bacia foram suprimidas para dar lugar a cultura de cana de açúcar e pastagem para o gado, nem mesmo a mata no entorno das nascentes foi poupada. Num período de estiagem que durou vários meses, neste ano, o problema de abastecimento público se agravou obrigando os cidadãos a conviver com a falta de água. Assentada em local pobre de mananciais aquáticos, os poços da cidade possuíam vazão insuficiente, não solucionando o problema do município, oportunamente o governo municipal contou com a colaboração de inúmeros profissionais e também com o recém criado Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas (PEMBH) para elaborar o Plano Diretor de Uso e Manejo da Microbacia do Ribeirão Cachoeirinha. Devido a esse esforço conjunto, propostas foram elaboradas e foi realizado o alteamento da represa municipal além da recomposição florestal ao redor da represa, com 10.800 mudas de plantas nativas e frutíferas (ESTEVÃO et al., 2006).

FOTO AÉREA DA ÁREA



1962

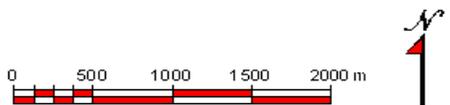


1978



1995

- Reforestamento
- Transecto 3 - Iracema C
- Transecto 4 - Iracema B



Sistema de coordenadas lat/long
Datum de referência WGS 84

Figura 2 - Variação temporal do uso da terra

Estudos recentes (ESTEVIÃO et al., 2006) nessa microbacia revelaram que apesar do cuidado do Plano Diretor em estabelecer e preservar áreas de mananciais, as represas que armazenam a água utilizada pelo município vêm sofrendo uma diminuição do seu nível, devido a um processo de assoreamento decorrente de erosão na área da bacia (Figuras 3 e 4).



Figura 3 - Erosão na área de cultivo da cana-de-açúcar e sua origem (dreno da Rodovia SP-151)



Figura 4 - Assoreamento da Represa de Iracemópolis

2.2.3 Clima

A região possui clima mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C é a do mês mais quente ultrapassa os 22°C, classificado como Cwa segundo Köppen. Segundo os registros pluviométricos do posto meteorológico de Limeira do IAC – Instituto Agrônômico de Campinas, o índice pluviométrico médio anual varia entre 1.200 e 1.300mm, e indicam Janeiro como o mês mais úmido, com uma média de 237 mm, e o total de precipitação para os meses de inverno é de menos 30 mm (BELLINAZZI et al., 1987). O regime térmico dos solos é hipertérmico (OLIVEIRA et al., 1976).

2.2.4 Relevo

No contexto geomorfológico a área em questão está inserida na Depressão Periférica que percorre a zona central do estado de São Paulo, na Sub-região do médio Tietê que apresenta o relevo suave ondulado a ondulado, com a presença de colinas, morros e morrotes, inseridos numa superfície de dissecação que drena para a Bacia do Rio Paraná (Figura 5).



Figura 5 - Aspecto do relevo local

2.2.5 Uso da terra

O uso atual da terra é o cultivo de cana-de-açúcar, como ocorre intensamente na região. Graças ao alto nível tecnológico empregado pelas usinas de açúcar e álcool e a crescente preocupação com o ambiente, o Plano Diretor desenvolvido em conjunto com a Prefeitura Municipal de Iracemápolis visa, entre outros objetivos, o controle da erosão e proteção dos mananciais e recursos hídricos, e envolve a participação dos legisladores; pequenos, médios e grandes produtores; empresas e comunidade.

Segundo relatos de trabalhadores da Usina Iracema, outras práticas de manejo estão sendo utilizadas visando aumento do nível de matéria orgânica no solo: colheita mecanizada, uso do bagacilho e da vinhaça e uso de adubação verde na reforma do canavial. O número de operações no preparo do solo é bastante reduzido e são utilizados equipamentos de dentes ao invés de discos, pois assim, evita-se a pulverização superficial do solo, permitindo maior infiltração de água no perfil, todas estas práticas constam no plano e como observado são realizadas (Figura 7) (ESTEVIÃO et al., 2006).



Figura 7 - Colheita mecanizada da cana-de-açúcar

2.2.6 Geologia

A litologia ocorrente na região é predominantemente composta de diabásio da Formação Serra Geral (JKsg). Ocorrendo também os siltitos, argilitos e folhelhos silticos e pirobetuminosos da Formação Irati (Pi), além dos folhelhos e argilitos finamente laminados, em alternância com siltitos e arenitos muito finos da Formação Teresina (Pt) (Figura 8).

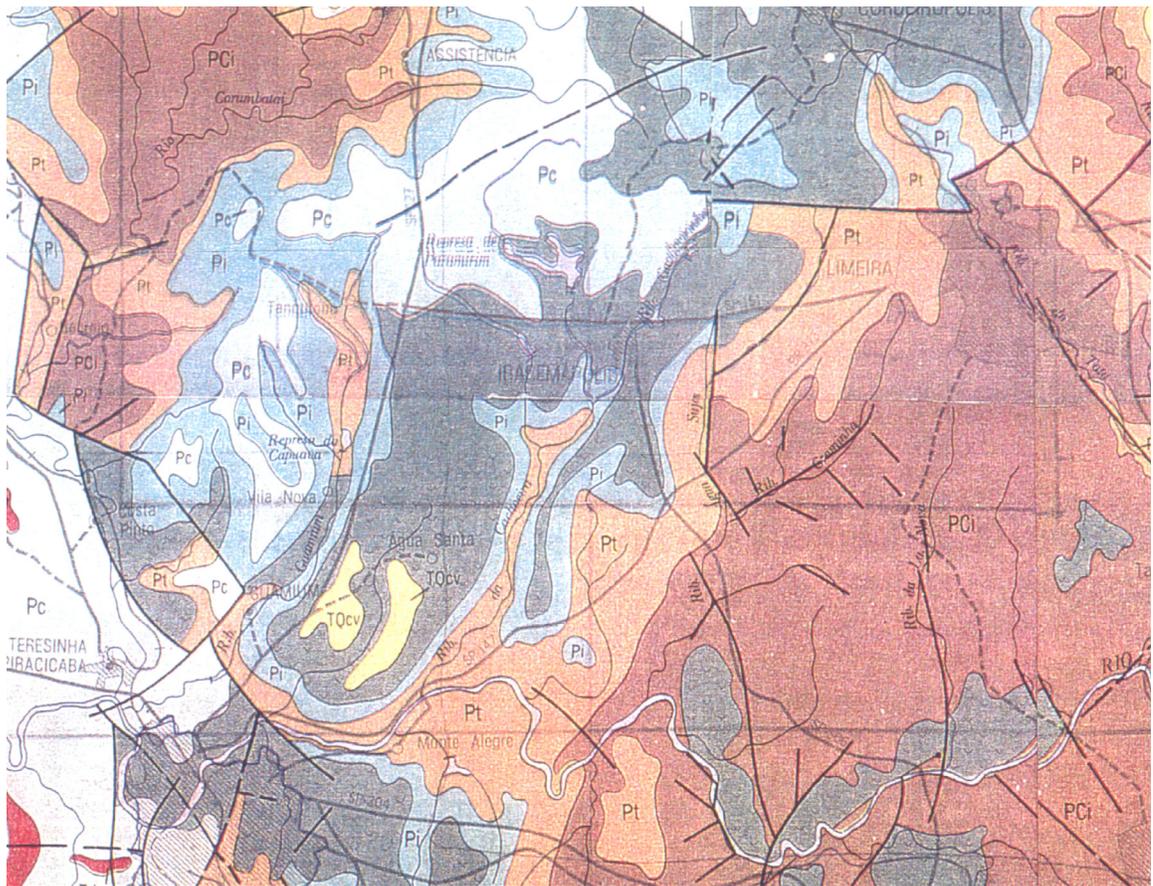


Figura 8 - Detalhe do mapa geológico na região de Iracemópolis (Fonte: Convênio DAEE/UNESP, Escala 1:250.000)

2.2.7 Solos

O levantamento pedológico semidetalhado realizado pelo IAC permitiu a identificação de cinco grupos de solos na área da bacia do ribeirão Cachoeirinha: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico, Unidade Camarguinho; LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico, Unidade Ribeirão Preto; LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico, Unidade Barão Geraldo; NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico, Unidade Estruturada; e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abrupto, Unidade alva. Foram observadas algumas inclusões de solos distintos nessas classes, entre elas, a inclusão de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO fase arenosa, no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico. Margeando os cursos d'água, em áreas muito reduzidas são encontrados os solos hidromórficos (BELLINAZZI et al., 1987).

2.2.8 Vegetação

As políticas do governo do Estado de São Paulo, voltadas ao incentivo do cultivo de cana-de-açúcar, a partir da década de 80, agravaram ainda mais o processo de devastação da cobertura florestal, sendo que, existem atualmente menos de 5% da cobertura natural. Essa configuração impediu o levantamento fitossociológico das áreas com vegetação remanescente na Bacia do Ribeirão Cachoeirinha, devido ao grau de perturbação e ao tamanho reduzido destas áreas, que não permitiram uma suficiência estatística para os cálculos dos parâmetros fitossociológicos necessários. A escolha das espécies para a instalação do reflorestamento, foi baseada num levantamento florístico das áreas marginais remanescentes mais próximas e, em trabalhos de levantamento florísticos e fitossociológicos de matas ciliares da região (GIBBS; LEITÃO FILHO, 1978; KAGEYAMA, 1986; SALES; JOLY, 1987).

A combinação de espécies utilizadas no reflorestamento (ANEXO C) do entorno da Represa de Iracemápolis, foi baseada nas características biológicas e morfológicas das espécies nativas, misturando espécies de diferentes estágios de sucessão, que permitem um desenvolvimento harmônico da formação florestal e resulta numa comunidade estável num menor espaço de tempo (RODRIGUES et al., 1987).

O reflorestamento da área do entorno da represa de Iracemápolis com espécies nativas, foi instalado em 1987 e possui uma largura média de 50m de vegetação que encontra-se atualmente em avançado estágio de desenvolvimento (Figura 9). Durante as operações de preparo do solo para a instalação do reflorestamento, foi construído um terraço de drenagem com um desnível de 2‰, para conduzir o excesso de água para a represa (BELLINAZZI et al., 1987)



Figura 9 - Localização do reflorestamento Iracema B uma faixa de 50m de largura ao redor da Represa de Iracemápolis

2.3 Metodologia

Para caracterizar e avaliar a distribuição dos sedimentos dentro da mata ciliar, foram realizados estudos morfológicos detalhados dos solos assim como uma caracterização física completa dos sedimentos e solos. Estes estudos foram realizados sobre uma transeção previamente definida como representativa dos solos, do processo erosivo e de deposição ocorrentes.

Partindo de uma escala de trabalho mais ampla para uma mais detalhada foram realizados os seguintes estudos: 1) análise estrutural, que descreve a geometria dos horizontes e camadas de sedimento na transeção estudada, 2) análise micromorfológica de amostras indeformadas para estudo de porosidade e estruturas, e 3) análise granulométrica detalhada principalmente da fração areia.

2.3.1 Caracterização morfológica e distribuição bi-dimensional dos sedimentos e horizontes

A distribuição bi-dimensional dos horizontes e sedimentos da transeção localizada no reflorestamento ripário de Iracema B foi realizada seguindo a metodologia proposta por Boulet (1982). Foram executadas tradagens exploratórias com a finalidade de local trincheiras em três locais representativos dos solos e sedimentos depositados dentro da mata ciliar. Descrições morfológicas completas foram realizadas para cada trincheira segundo Lemos e Santos (2002) e a determinação da cor e textura, nas tradagens. Foram realizadas tradagens intermediárias entre as trincheiras com a finalidade de desenhar a distribuição bi-dimensional dos horizontes sobre o corte topográfico levantado utilizando clinômetro, metro e trena.

2.3.2 Coleta de solos

Nas mesmas trincheiras e tradagens utilizadas para o estudo da distribuição dos horizontes e sedimentos foram coletadas amostras deformadas de solo. A coleta de amostras nas tradagens foi realizada nas profundidades de 0-5, 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, e nas trincheiras seguindo a distribuição dos horizontes determinada na caracterização morfológica. As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas quanto à profundidade da camada coletada e nome do perfil. Amostras indeformadas dos sedimentos e dos solos foram também coletadas nas trincheiras.

Na área sob cultivo de cana, à montante da zona ripária, também foram feitas duas coletas de amostras de solo, nas profundidades 0-20 cm, uma na cana, a 5m de distância do carreador que separa o reflorestamento ripário do canal, e outra a 20m de distância (Figura 10).

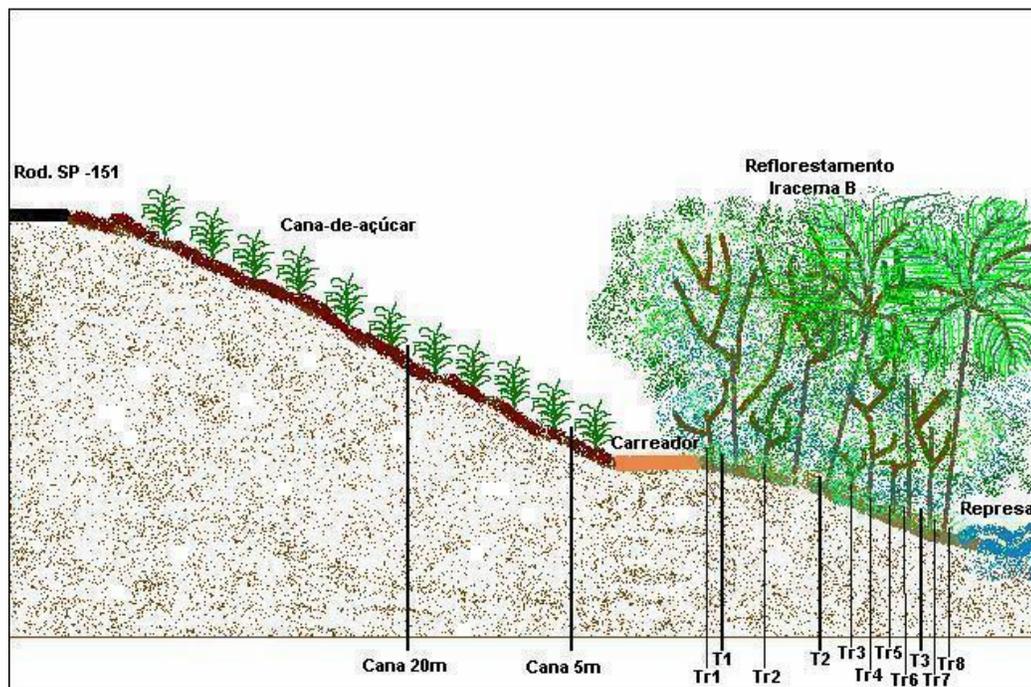


Figura 10 - Esquema dos pontos de coleta de amostras na vertente

2.3.3 Granulometria

Para compreender melhor a dinâmica da vertente e os processos que nela ocorrem, é necessário conhecer a distribuição das diversas frações granulométricas que compõem os sedimentos.

As amostras deformadas coletadas em trincheiras e nas tradagens foram secas em estufas a 105°C por 24 horas, depois moídas em moinho mecânico e peneiradas em malha de 2mm.

Uma vez homogeneizadas, as amostras foram dispersas em solução à base de NaOH e Hexametáfosfato de Sódio, seguindo a metodologia proposta por Camargo et al. (1986). Para simular as condições de dispersão pela água da chuva e transporte de sedimentos no campo pela enxurrada, estas mesmas amostras também foram dispersas em água.

A determinação das frações silte e argila foram realizadas através do método do densímetro adaptado por Camargo et al. (1986), no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP, onde 50g de material de cada amostra foram agitadas mecanicamente durante 16 horas, depois transferidas para provetas de $1.10^{-3}m^3$ e este volume foi completado com água. Após agitação manual por 40s procederam-se às leituras com o hidrômetro ou densímetro (Soiltest, Inc.), após 40s do início da decantação e depois de 2h, a primeira leitura informa sobre quantidade de silte e argila e a segunda sobre os teores de argila.

A fração areia, tanto nas amostras dispersadas com NaOH, como nas amostras dispersadas em água, foi separada com peneira 0,053 mm, lavada e seca em estufa por 48 horas. Após a secagem as areias foram separadas em 10 frações utilizando-se peneiras de latão U.S. STANDARD SIEVE SERIES de números 18, 20, 40, 60, 80, 100, 140, 200, 400 mesh.

A análise estatística da distribuição granulométrica das areias, usando os parâmetros de Folk e Ward (1957) têm sido útil na investigação da uniformidade do material de origem dos solos (JONG

VAN LIER; VIDAL-TORRADO, 1992). Para a análise estatística da granulometria de um sedimento, construiu-se uma curva de distribuição cumulativa percentual de classes por tamanho (na escala em ϕ), obtendo-se os parâmetros estatísticos de Folk e Ward, que caracterizam a curva quanto à sua tendência central (média gráfica), grau de dispersão (desvio-padrão, σ_1), grau de assimetria e grau de agudez dos picos (curtose). Essa quantificação das características da curva de distribuição granulométrica possibilita estabelecer comparações precisas entre sedimentos e/ou camadas de solos, permitindo inferir a natureza de microambientes de deposição e possíveis descontinuidades litológicas. As análises estatísticas referentes à distribuição granulométrica da fração areia foram realizadas utilizando o programa PHI proposto por Jong Van Lier e Vidal-Torrado (1992).

2.3.4 Micromorfologia e análise de imagens

O conhecimento da morfologia dos sedimentos e dos poros é possível através da análise microscópica de lâminas delgadas e blocos impregnados com resina obtidos a partir de amostras de solo indeformadas.

Tais amostras indeformadas foram retiradas dos horizontes selecionados esculpindo-se um bloco de solo na forma de caixa de papel-cartão de 120 x 70 x 40 mm. Então o bloco foi cuidadosamente separado da matriz do solo com faca, indicando local da coleta, profundidade e orientação vertical ascendente.

Para observar as características micromorfológicas dos solos, a primeira etapa consiste na impregnação das amostras com resina. Os materiais usados são: Resina Cristal 2120 (200 ml), Monômero de estireno (400 ml), Pigmento fluorescente marca UVITEX OB (2 g), Endurecedor Peróxido Orgânico 5.2 (3 gotas), que colocados nesta ordem, num béquer e misturados serão lentamente adicionados à amostra

indeformada de solo dentro de um recipiente que torne possível a total cobertura da amostra.

O processo de impregnação da amostra, endurecimento do bloco até chegar ao ponto de corte do mesmo levou aproximadamente 15 dias. O corte dos blocos foram feitos usando serra de diamante e uma das faces foi polida sobre camada abrasiva em disco rotatório, adicionando inicialmente carbureto de silício preto, de granulação mais grosseira (220 mesh, com grãos de 53-62 μ m) e em seguida pelo carbureto de silício verde, mais fino (600 mesh, grãos de 18-22 μ m), mantendo a amostra sempre úmida em contato com o material abrasivo (JUHÁSZ, 2005).

Depois de cortado, lixado e polido o bloco está pronto para ser analisado micromorfológicamente.

O espaço poroso foi quantificado utilizando-se o programa de análise de imagens Noésis VISILOG 5.4. Em torno de dez sub-áreas de 12 x 15mm (180m²) foram escolhidas por amostra para a aquisição das imagens. Esta aquisição foi realizada utilizando uma lupa binocular com polarizador (Zeiss®), e uma câmera fotográfica digital (Sony®, modelo DFW-X700), em sistema "charged couple device" (CCD) acoplada e luz ultra-violeta (comprimento de onda de 660 nm). As imagens obtidas foram binarizadas para ressaltar as diferenças entre forma e tamanho dos poros e da matriz do solo. Um artifício de programação (macros) permitiu gravar procedimentos em seqüência para se obter rapidamente dados quantitativos, tais como tamanho, forma e classificação dos poros a partir das imagens binarizadas. Dois índices de forma (Equações 1 e 2) foram utilizados na programação das macros para determinar a forma e a área dos poróides (COOPER, 1999; JUHASZ, 2005).

O índice (I_1) (Eq.1) separa poros arredondados de alongados (HALLAIRE; CONTEIPAS, 1993):

(1)

$$I_1 = \frac{P^2}{4\pi A}$$

P = perímetro do poróide

A = área ocupada pelo poróide

A equação (Eq.2) para o cálculo do índice de forma (I_2), que resulta numa classificação adequada entre poróides alongados e complexos, é expressa por:

(2)

$$I_2 = \frac{\frac{1}{m} \sum_i (N_i) i}{\frac{1}{n} \sum_j (D_F) j}$$

m = número de direções i nas quais é calculado o número de interceptos N_i , ($i = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ e 135°)

n = número de direções j nas quais são calculados os diâmetros de Féret D_F , ($j = 0^\circ$ e 90°).

Tabela 1 - Definição das classes de forma dos poróides

Forma de Poros	Índices de forma	
	I_1	I_2
Arredondados	$I_1 \leq 5$	
Alongados	$5 < I_1 \leq 25$	$\leq 2,2$
Complexos	$I_1 > 5$	$> 2,2$

As classes de diâmetro foram definidas a partir do diâmetro equivalente (Deq), segundo Pagliai; La Marca e Lucamante (1983) para os poróides arredondados e complexos (Eq. 3). Para os poróides alongados foi definida a largura (L) (Eq. 4) de acordo com Pagliai et al. (1984).

$$Deq = 2 \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (3)$$

Em que Deq = diâmetro equivalente do poróide (μm) e A = área do poróide (μm^2).

$$L = \frac{1}{4} \cdot (P \pm \sqrt{P^2 - 16 \cdot A}) \quad (4)$$

Em que L = largura (μm), P = perímetro (μm) e A = área do poróide (μm^2).

2.4 Resultados e discussão

2.4.1 Caracterização morfológica e distribuição dos solos e sedimentos

À medida que as tradagens iam revelando semelhanças e diferenças entre os pontos amostrados na transeção, se definia a configuração bidimensional do solo e sedimentos da vertente ripária. As trincheiras abertas forneceram informações acerca de atributos como textura, estrutura e cor que são fundamentais na caracterização morfológica do solo. Assim podemos inferir sobre as transformações que ocorrem no solo e nos sedimentos, tanto em profundidade como ao longo da transeção.

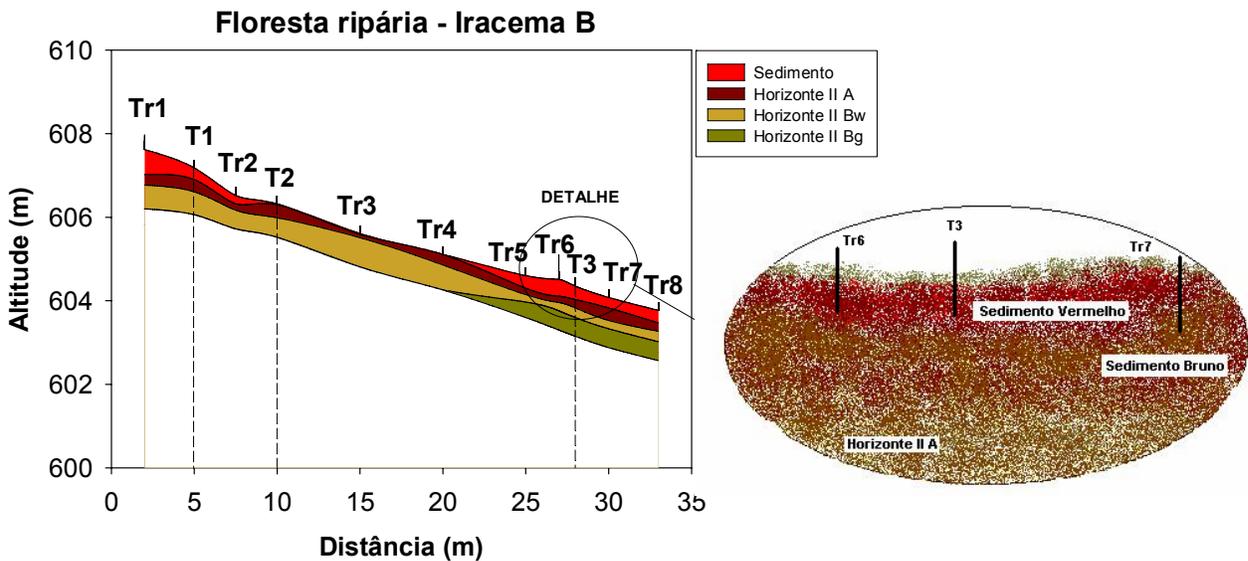


Figura 11 - Geometria dos horizontes do solo e camadas de sedimentos da área de estudo localizada na zona ripária reflorestada em Iracemápolis - SP

No início da zona ripária reflorestada observa-se a presença de uma espessa camada de sedimentos que afina à jusante, iniciando com 0,60m de espessura na Tr1 (ponto de tradagem nº 1, a 2 metros de distância do carreador que limita a borda da mata) e quase desaparecendo na Trincheira T2, a 10m de distância da borda da mata (Figura 1). Entre 10m e 20m de distância da borda da mata, a camada de sedimento desaparece, sendo que ao redor dos 20m de distância, o sedimento superficial volta a se acumular. Este segundo sedimento aumenta a sua espessura progressivamente, alcançando sua expressividade máxima na Tr6 a 27m de distância da borda da mata, quando chega a 0,40m, à jusante a espessura do sedimento reduz um pouco, mantendo uma espessura média de 0,28m até o último ponto de tradagem - Tr8, situado a 33m de distância da borda da mata. Uma particularidade deste sedimento foi observada na análise morfológica, onde diferenças de cor e estrutura entre as camadas de 0-0,07m e 0,07-0,32m evidenciaram duas camadas de sedimentos diferentes (ANEXO A).

A descrição morfológica realizada nas três trincheiras estudadas mostrou uma clara distinção entre o solo enterrado e o sedimento

depositado na superfície (ANEXO A). A espessa camada de sedimentos encontrada na T1 é caracterizada pela sua estrutura granular e blocos subangulares, de tamanho pequeno e grau fraco, contrastando com o horizonte IIA (enterrado) que possui uma estrutura em blocos angulares de tamanho médio e grau forte e com consistência firme. A transição entre o sedimento e o horizonte IIA é abrupta. O horizonte B caracterizado por uma estrutura em blocos subangulares de tamanho médio à pequeno e grau moderado a forte, e textura argilosa, apresenta baixa relação textural e cerosidade comum à moderada. A estrutura de grau forte e a consistência firme do horizonte IIA são evidências de um horizonte compactado herdado da época quando esta área era cultivada com cana-de-açúcar.

Na T2 os sedimentos também se diferenciam do solo enterrado, apesar da pouca espessura, principalmente quanto à estrutura, passando de blocos subangulares de grau fraco e consistência úmida friável no sedimento à prismáticos de grau forte e consistência úmida firme, no horizonte IIA. A textura dos sedimentos em relação ao solo também é importante diferencial entre as duas camadas, sendo que os sedimentos se apresentam com textura mais arenosa do que os horizontes do solo. O horizonte B possui estrutura em blocos subangulares de tamanho médio e grau moderado à forte, textura argilosa a muito argilosa e, apresenta cerosidade comum à moderada, com transição abrupta.

Os sedimentos da T3 apresentam uma peculiaridade, que é a deposição de dois tipos distintos de materiais. No sedimento avermelhado, mais superficial (camada de 0-0,07m) a estrutura é granular de tamanho médio a pequeno, grau moderado e cor 10R 3/4. Logo abaixo deste sedimento (0,07-0,32m) houve a deposição de um outro, com estrutura em blocos subangulares de tamanho médio à pequeno, grau fraco e cor 2,5YR 3/4, nesta camada foi observada a presença de seixos arredondados pequenos. O horizonte enterrado IIA apresenta estrutura em blocos angulares de tamanho médio e grau moderado e cor 7,5YR 3/4.

Observa-se a existência de um horizonte de transição IIAB que possui estrutura em blocos subangulares, tamanho pequeno à médio, grau moderado e cor 7,5YR 4/4 e, contrasta com o horizonte B que apresenta alterações de cor (5YR 4/6) e cerosidade comum a moderada. A partir de 1,0m de profundidade aparece um horizonte com características de hidromorfismo, que difere do horizonte sobrejacente por possuir estrutura de grau fraco, não possuir cerosidade e apresentar um mosqueado típico de solos em processo de gleização.

O horizonte IIA apresenta-se compactado, com estrutura em blocos angulares de grau forte e consistência firme em toda a encosta ripária.

Foi observada a presença de cerosidade no horizonte B de todas as trincheiras e uma baixa relação textural que junto com os atributos físico-químicos (Anexo 2), classifica estes solos como Latossolos Vermelhos Distróficos argissólicos. Apesar de aparecerem sinais de hidromorfia a partir de 1,0m na trincheira T3, manteve-se a mesma classificação que as demais trincheiras devido a uma falta de enquadramento deste solo no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

Sobre o horizonte A, depositou-se uma camada de sedimentos de espessura variável evidenciando a eficiência da floresta ripária na retenção de partículas de solo erodidas da área de plantio da cana-de-açúcar. Diversos autores (AMPONTUAH et al., 2005; BAUDRY, 1997; BERTONI, 1990; CORRELL, 1997; IZIDORIO et al., 2005; KLAPPROTH; JOHNSON, 2000; LOWRANCE, 1985; MORGAN, 1997) têm comprovado esta eficiência e função de filtro, em diferentes ambientes e usos da terra. Em seus experimentos Cooper (1987) observou que em profundidade, houve um acúmulo de sedimentos de espessura variável entre 0,15 e 0,50 m no limite entre a área de cultivo e a floresta ripária, enquanto que na planície aluvial a espessura dos sedimentos não chegou a alcançar 5 cm. Os resultados deste autor contrastam com os encontrados em Iracema B que concentrou sedimentos próximo à borda da mata com uma espessura com cerca de 30cm, e também na planície

aluvial com profundidade semelhante, sendo que na zona intermediária a deposição foi nula.

O hiato de deposição existente na zona média da vertente e as duas camadas de sedimentos observadas a partir dos 20m da borda da mata, mostram que ali haveria três momentos de deposição. Num primeiro momento, a deposição se concentrava na planície aluvial, pois toda a área era cultivada com cana e os sedimentos não encontravam nenhuma resistência antes de atingirem o leito da represa. Um segundo momento ocorreria entre o plantio e a cobertura total do solo pelo reflorestamento onde o solo ficou exposto e processos erosivos poderiam ter transportado sedimentos até essa posição do relevo. Após do estabelecimento do reflorestamento, a retenção de sedimentos passou a se dar no primeiro terço da zona ripária (parte mais alta), havendo próximo à T1 uma outra concentração de sedimentos. A mudança no uso da terra à montante do nível da represa marca a mudança no local preferencial de deposição, que no canal era a planície aluvial e após o desenvolvimento da floresta passou a ser no primeiro terço da zona ripária.

2.4.2 Micromorfologia

A estrutura do solo é constituída pela fase sólida (grãos minerais e agregados) e pelos poros, cuja forma, tamanho e arranjo podem ser classificados. De acordo com Bullock et al. (1985) mesoporos têm diâmetros entre 50 a 500 μm e os macroporos, de 500 a 5000 μm , classes que são de maior interesse, pois representam as classes de diâmetros que podem ser contabilizadas pelas análises de imagens.

A análise de imagens das amostras indeformadas permitiu a comparação de parâmetros como classes de diâmetro, forma e tamanho dos poros, para a correta avaliação do espaço poroso.

2.4.2.1 Análise de imagens das amostras

Algumas imagens binarizadas foram selecionadas para ilustrar a distribuição da porosidade e da fábrica do solo, principalmente nas camadas correspondentes aos sedimentos acumulados.

O sedimento na região da trincheira T1 (Figura 12), possui 35,96% de porosidade total, decorrente da estrutura granular, onde predominam agregados pequenos e de grau forte. No horizonte IIA subjacente (0,26-0,38m), observamos uma redução na porosidade para 20% e, a estrutura do solo bastante modificada passando a apresentar blocos angulares de tamanho médio e grau forte. Esse adensamento provocou uma significativa redução na quantidade de poros complexos. O horizonte B, na camada de 0,46-0,58m de profundidade, possui uma porosidade muito baixa (5,83%), tendo havido eliminação da maior parte dos poros complexos. Isso se reflete numa estrutura em blocos subangulares, pequenos à médios de grau moderado à forte. Numa camada mais profunda (0,70-0,82m) do mesmo horizonte B, a porosidade sobe para 9,33%, com pequeno aumento na quantidade de poros complexos e arredondados, sendo que sua estrutura é semelhante à da camada superior.

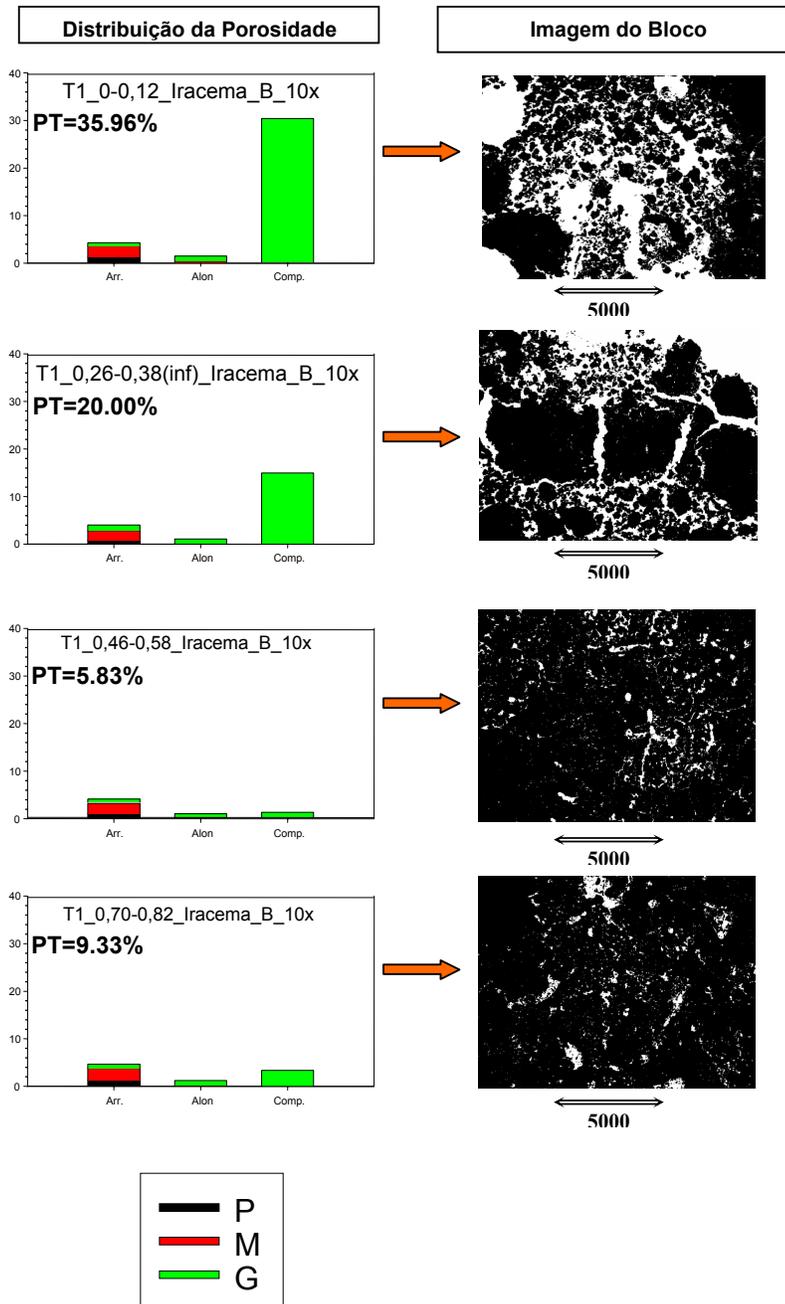


Figura 12 - Distribuição quantitativa e morfológica das amostras indeformadas da T1

Na T2 (Figura 13), os sedimentos possuem 30,45% de porosidade total e, como na T1, representada na maior parte por poros complexos. Este arranjo é complementado pela estrutura em blocos subangulares, de tamanho médio e grau forte. O horizonte IIA (camada 0,15-0,27m) apresenta significativa redução na porosidade total, que cai para 11,34%, onde os poros suprimidos em maioria foram os complexos. A estrutura

correspondente a este novo arranjo, se transformou em blocos angulares e prismáticos de grau forte, e com grande redução na quantidade de poros complexos. No horizonte B (camada 0,40-0,52m) encontramos uma porosidade um pouco maior que no horizonte superior (15,5%), havendo um equilíbrio na proporção de poros complexos e arredondados. Este horizonte possui estrutura em blocos subangulares de tamanho médio e grau forte.

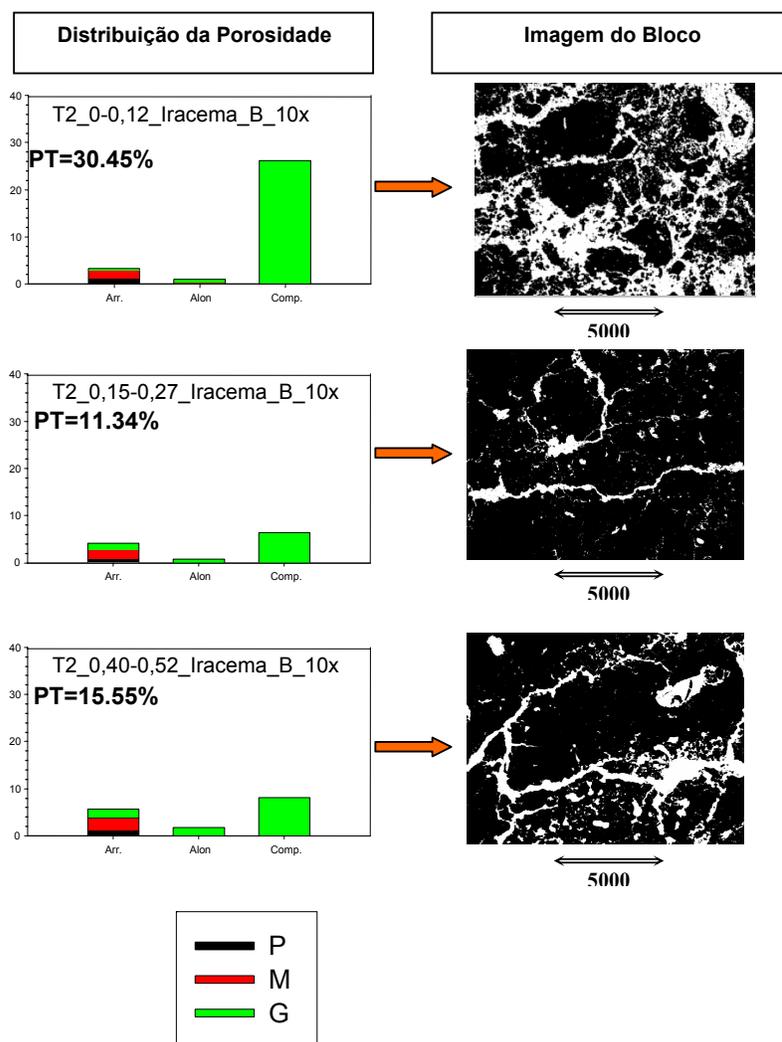


Figura 13 - Distribuição quantitativa e morfológica das amostras indeformadas da T2

Na T3, foram encontrados dois tipos de sedimentos diferentes (Figura 14) . O mais superficial e avermelhado (T3_0-7) possui 34,25% de

porosidade, representada basicamente pelos poros complexos (Figura 15). Sua estrutura é granular com agregados pequenos e médios e grau moderado. O depósito de sedimentos inferior possui outro tipo de estrutura, em blocos subangulares pequenos e médios, e de grau forte e porosidade reduzida para 18,38%. Os poros que sofreram maior supressão foram os complexos. No horizonte IIA (camada 0,35-0,47m), a porosidade cai ainda mais (9,35%), novamente com maior diminuição dos poros complexos. A estrutura do solo neste horizonte é formada por blocos angulares, médios de grau moderado a forte. O horizonte B (camada 0,70-0,82m), não apresentou variações significativas em relação à porosidade do horizonte sobrejacente e, a estrutura passa a blocos subangulares, médios de grau moderado.

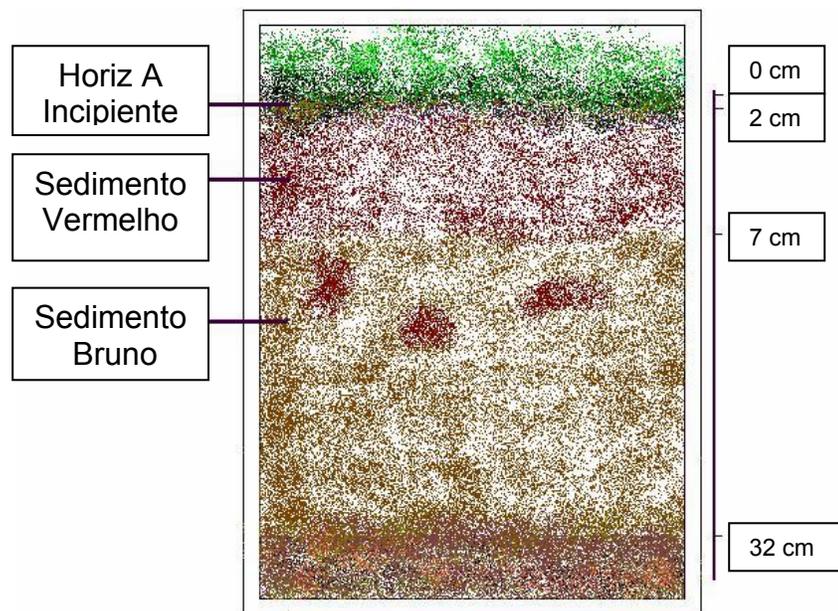


Figura 14 - Esquema da distribuição dos sedimentos na T3

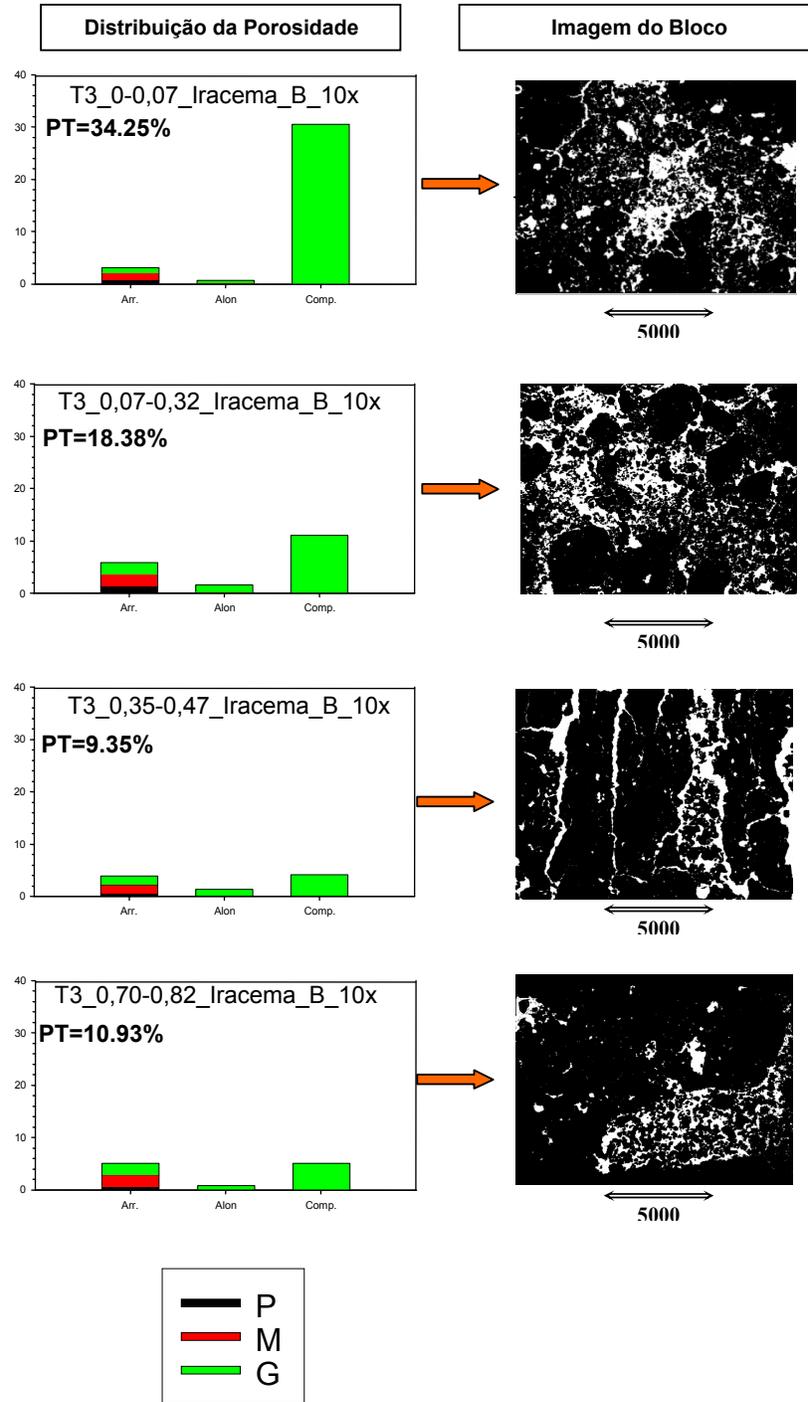


Figura 15 - Distribuição quantitativa e morfológica das amostras indeformadas da T3

A porosidade ao longo da transeção, não apresenta grandes variações. Os sedimentos, em geral, possuem ao redor de 30% de porosidade total (exceto o sedimento enterrado da T3_7-32), sendo composta, preferencialmente por poros complexos. Nos horizontes IIA, existe uma significativa redução na porosidade total, onde os poros complexos foram os mais afetados. As camadas mais profundas, correspondentes ao horizonte B, possuem baixa porosidade (~ 10%) e, apresentam equilíbrio entre poros arredondados, alongados e complexos.

Os sedimentos depositados na transeção apresentam variações quanto ao tipo, tamanho e grau de estrutura, sendo comum a porosidade total em torno de 30% e a predominância de poros complexos. No sopé da encosta, os sedimentos variam também, entre si. As camadas subjacentes porém, são mais homogêneas quanto à estrutura e porosidade. A redução da porosidade nos horizontes IIA se deu uniformemente, pois toda a vertente ripária foi submetida à sucessivas operações mecanizadas durante a época do cultivo da cana. Isto caracteriza uma compactação do antigo horizonte Ap, evidenciada pela menor porosidade em relação ao horizonte inferior.

As análises baseadas tanto na morfologia quanto na micromorfologia, não demonstraram haver uma deposição estratificada e uniforme, decorrente de um processo de deposição por fluxo laminar constante e uniforme. Pelo contrário, a análise micromorfológica mostrou uma deposição desuniforme e sem estratificação. Este tipo de deposição poderia ser resultado de um processo turbulento de entrada de sedimentos na mata ciliar ocorrido em um ou mais eventos erosivos de alta energia, capazes de transportar grandes quantidades de sedimentos de uma só vez. A presença de seixos rolados pequenos na T3, indica a ocorrência de um ou mais eventos erosivos de grande competência no transporte de material mais grosseiro desprendido da matriz do solo.

2.4.3 Granulometria

Os objetivos da análise granulométrica do solo e dos sedimentos foram conhecer a participação relativa das três frações areia, silte e argila, definir o grau de seleção das partículas presentes na fração areia do substrato e caracterizar a distribuição espacial dos sedimentos depositados.

As amostras coletadas nas trincheiras e nas tradagens foram dispersas seguindo a metodologia de rotina proposta por Camargo et al. (1986) para obtenção da participação relativa das frações. Como em condições de campo, a água da chuva e da enxurrada são os agentes dispersantes das partículas de solo, foram feitas também dispersões em água para tentar simular o fenômeno de erosão pela enxurrada e o transporte de partículas em suspensão.

Para a análise da fração areia dos sedimentos foi utilizado o programa PHI (JONG VAN LIER; VIDAL-TORRADO, 1992) que avalia parâmetros estatísticos como média, desvio-padrão, curtose e simetria. Estes parâmetros geram os dados de grau de seleção dos sedimentos depositados, necessários para a compreensão do processo erosivo e deposicional na zona ripária de Iracema B.

2.4.3.1 Granulometria das trincheiras

2.4.3.1.1 Dispersão em Hexametáfosfato de Sódio + NaOH

A distribuição de partículas determinada utilizando-se como dispersante o Hexametáfosfato de Sódio e NaOH pode ser observada nas Figuras 16 a,b e c.

A granulometria mostra um solo bastante homogêneo ao longo da transeção. Este solo possui textura argilosa nos perfis das três trincheiras analisadas. Os sedimentos depositados também não

apresentam, entre si, diferenças significativas nos teores de argila, silte e areia.

Observou-se que a porcentagem de argila nos perfis aumenta em profundidade, porém a baixa relação textural não permite caracterizar estes solos como Argissolos. A presença de cerosidade constatada na descrição morfológica (ANEXO A) sugere que existe um processo de translocação da argila para os horizontes subsuperficiais. Esse pequeno acúmulo de argila caracteriza o início do processo de formação de um horizonte B textural.

A relação textural destes solos aumenta também ao longo da transeção, evidenciando o processo de transformação dos horizontes Bw em Bt.

Os sedimentos depositados na zona ripária reflorestada de Iracema B possuem textura argilosa e uma distribuição granulométrica muito semelhante aos horizontes subjacentes. Essa homogeneidade contraria os estudos sobre deposição em florestas ripárias (FULLEN; BRANDSMA, 1996), onde se espera encontrar maior concentração da fração argila no sopé das encostas e mais longe da fonte de sedimentos. Esse comportamento pode ser explicado, pelo material de origem, que é essencialmente argiloso, gerando assim, sedimentos de granulometria semelhante (AMPONTUAH et al., 2005; SYVERSEN; BORCH, 2005) e, reforçado pelo processo de deposição preferencial. Este processo de deposição preferencial é decorrente da instalação do reflorestamento que alterou a dinâmica de deposição. Como discutido anteriormente no estudo da distribuição dos sedimentos, a deposição de sedimentos inicialmente ocorria na planície de inundação, na época do cultivo da cana e antes da plena cobertura do solo pelo reflorestamento. Com o desenvolvimento das espécies do reflorestamento e conseqüente incremento na retenção dos sedimentos, a zona de deposição se deslocou para a porção superior da zona ripária, passando a haver deposição de sedimentos de textura argilosa semelhante ao solo original nesta posição.

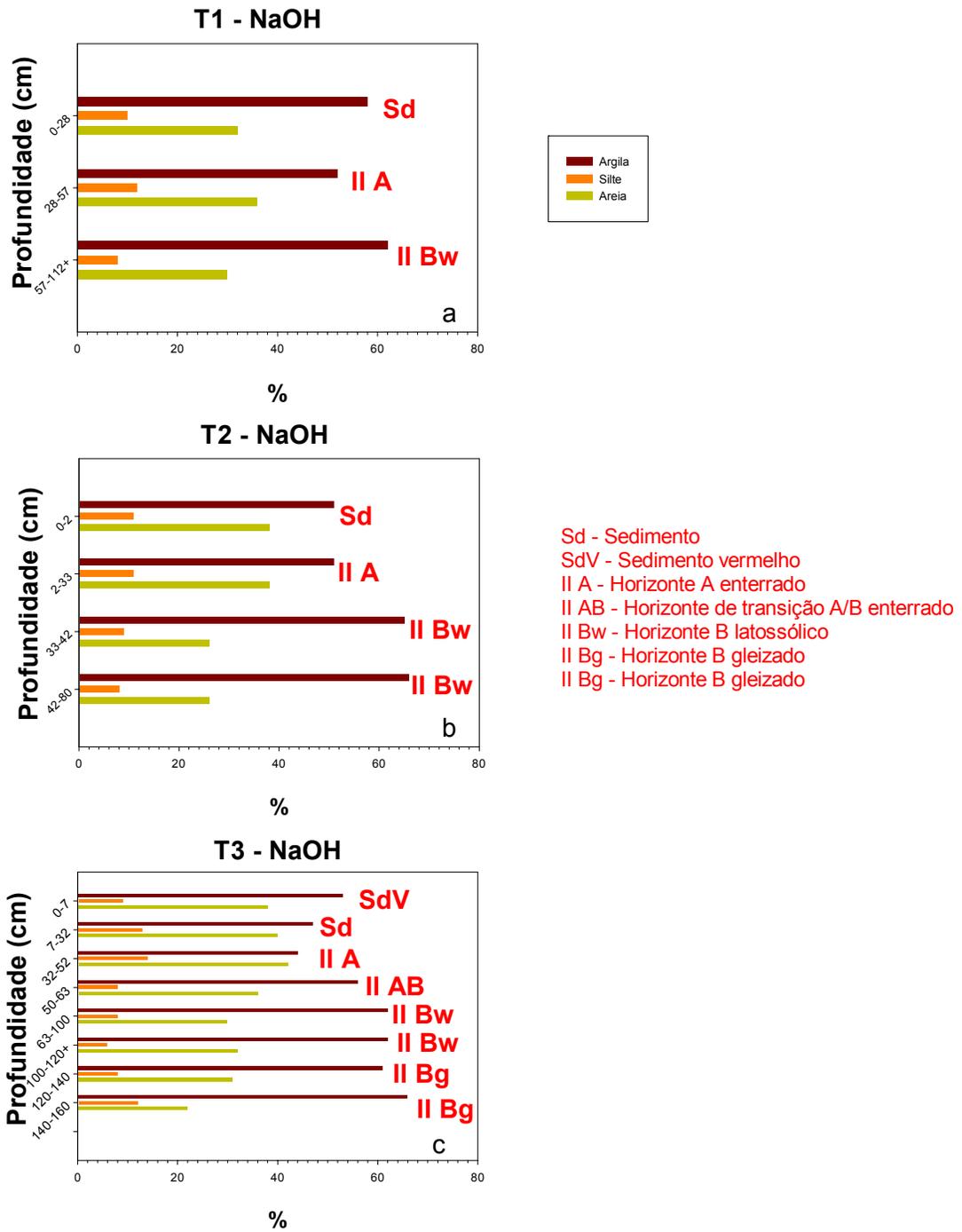


Figura 16 -Distribuição granulométrica do sedimento e solo subjacente nas trincheiras T1, T2 e T3, com dispersão em Hexametáfosfato de Sódio + NaOH

2.4.3.1.2 Dispersão em água

A distribuição granulométrica destes solos determinada em água mostrou uma tendência geral de diminuição da quantidade de argila e aumento das frações areia e silte quando comparadas com os resultados obtidos com a dispersão em NaOH. A observação da fração areia destes solos após a dispersão mostrou uma grande quantidade de agregados de argila do tamanho da areia média e fina nesta fração (Figura 17). Este fato explicaria a mudança na distribuição das frações granulométricas em função do dispersante utilizado.

Os valores percentuais de argila, silte e areia estão relacionados na Tabela 2, que também apresenta valores resultantes da diferença entre as dispersões em NaOH e água para cada fração granulométrica (NaOH-H₂O, coluna 6). Os valores positivos de argila correspondem à diferença entre a porcentagem encontrada na dispersão em NaOH, que quantificou o total de argila existente na amostra e, a porcentagem encontrada na dispersão em água, que quantificou o total de argila dispersa. O resultado dessa diferença corresponde à fração de argila que se encontra sob a forma de agregados ($\% \text{ argila total} = \% \text{ argila dispersa} + \% \text{ argila em agregados}$). Os valores positivos representam a argila floculada (coluna 7) e os valores negativos indicam o aporte ou migração dos agregados de argila para as frações silte (coluna 8) e areia (coluna 9).

O comportamento homogêneo observado na dispersão de rotina com NaOH, se repete na dispersão em água (Figuras 16 e 17). A dispersão em água revela que grande parte da argila (cerca de 50% do total das frações), que aparecia dispersa quando foi determinada com solução de Hexametáfosfato e NaOH, continuou floculada e foi agregada às frações silte e areia. A pequena parcela de argila que aparece dispersa é referente às partículas primárias (2% do total das frações) (Tabela 2).

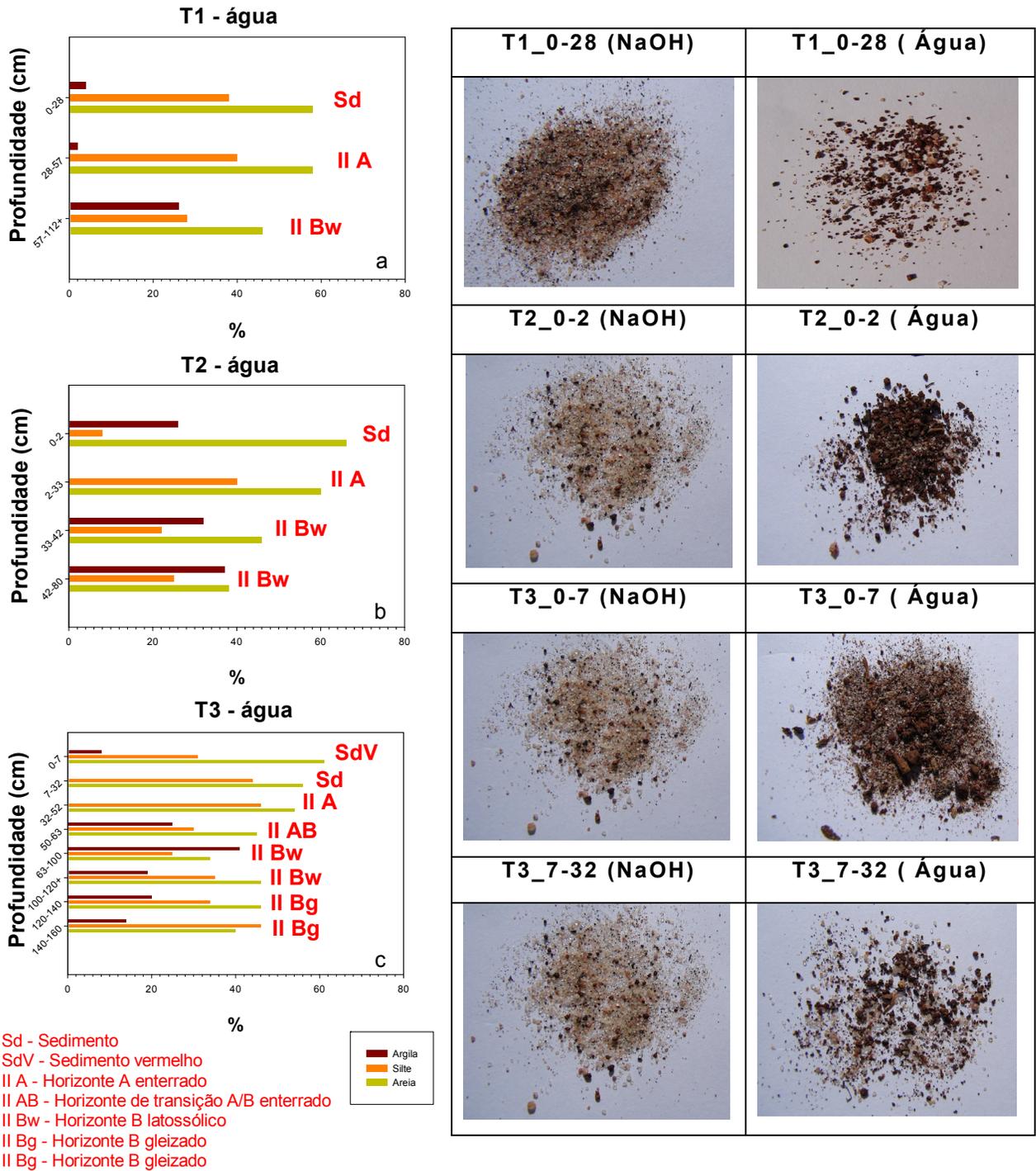


Figura 17- Distribuição granulométrica do sedimento e solo subjacente nas trincheiras T1, T2 e T3, com dispersão em água, e visualização dos agregados de argila nos sedimentos na dispersão em água

Tabela 2 - Distribuição granulométrica das trincheiras e diferenças quantitativas entre as duas dispersões (NaOH - H₂O)

Amostras	Argila	Silte	Areia	Disp.	NaOH- H₂O	Argila	Silte	Areia
lb_T1_0-28	58	10	32	NaOH	lb_T1_0-28	54	-28	-26
lb_T1_28-57	52	12	36	NaOH	lb_T1_28-57	50	-28	-22
lb_T1_57-112+	62	8	30	NaOH	lb_T1_57-112+	36	-20	-16
lb_T1_0-28	4	38	58	água				
lb_T1_28-57	2	40	58	água				
lb_T1_57-112+	26	28	46	água				
					NaOH- H₂O	Argila	Silte	Areia
lb_T2_0-2	51	11	38	NaOH	lb_T2_0-2	25	3	-28
lb_T2_2-33	51	11	38	NaOH	lb_T2_2-33	51	-29	-22
lb_T2_33-42	65	9	26	NaOH	lb_T2_33-42	33	-13	-20
lb_T2_42-80	66	8	26	NaOH	lb_T2_42-80	29	-17	-12
lb_T2_0-2	26	8	66	água				
lb_T2_2-33	0	40	60	água				
lb_T2_33-42	32	22	46	água				
lb_T2_42-80	37	25	38	água				
					NaOH- H₂O	Argila	Silte	Areia
lb_T3_0-7	53	9	38	NaOH	lb_T3_0-7	45	-22	-23
lb_T3_7-32	47	13	40	NaOH	lb_T3_7-32	47	-31	-16
lb_T3_32-52	44	14	42	NaOH	lb_T3_32-52	44	-32	-12
lb_T3_50-63	56	8	36	NaOH	lb_T3_50-63	31	-22	-9
lb_T3_63-100	62	8	30	NaOH	lb_T3_63-100	21	-17	-4
lb_T3_100-120+	62	6	32	NaOH	lb_T3_100-120+	43	-29	-14
lb_T3_120-140	61	8	31	NaOH	lb_T3_120-140	41	-26	-15
lb_T3_140-160	66	12	22	NaOH	lb_T3_140-160	52	-34	-18
lb_T3_0-2	13	31	56	água				
lb_T3_0-7	8	31	61	água				
lb_T3_2-32	0	44	56	água				
lb_T3_32-52	0	46	54	água				
lb_T3_50-63	25	30	45	água				
lb_T3_63-100	41	25	34	água				
lb_T3_100-120+	19	35	46	água				
lb_T3_120-140	20	34	46	água				
lb_T3_140-160	14	46	40	água				
					NaOH- H₂O	Argila	Silte	Areia
Cana_5m_0-20	52	10	38	NaOH	Cana_5m_0-20	50	-34	-16
Cana_20m_0-20	51	9	40	NaOH	Cana_20m_0-20	49	-37	-12
Cana_5m_0-20	2	44	54	água				
Cana_20m_0-20	2	46	52	água				

A dispersão em NaOH (Tabela 2) mostrou que a quantidade de argila total no horizonte IIBw era pouco maior que no horizonte IIA em todas as trincheiras. Porém, quando as amostras foram dispersas em água, essa diferença se manifestou com maior expressividade. Os dados da granulometria em água do horizonte IIA, na T1, T2 e T3 mostraram

pouco ou nada de argila dispersa em água. A argila deste horizonte estava toda concentrada na forma de agregados que se manifestaram nas frações areia média e fina.

Poderia se dizer que o horizonte IIA perdeu completamente a argila sob a forma particulada (Figuras 17 b e 17c). Isto poderia ser explicado de duas formas: 1) o desprendimento e transporte da argila particulada poderia ter sido facilitado pelas operações mecânicas, que deixavam o solo do horizonte A (atual IIA) permanentemente revolvido e pulverizado, durante o período do cultivo de cana-de-açúcar, e 2) pela maior floculação neste horizonte devido aos maiores teores de matéria orgânica.

A partir da implantação e estabelecimento do reflorestamento, passa a haver a retenção de uma maior quantidade de argila particulada, representada pelo aumento de argila dispersa em água nos sedimentos de todas as trincheiras. A região da T3 (Figura 17c) possui dois tipos de sedimentos diferentes (ANEXO A), um mais profundo (0,07-0,32m) e antigo, de cores brunas, isentos de argila particulada e mais arenoso e outro recente, superficial (0-0,07m) e mais avermelhado, onde existe maior quantidade de argila particulada. A ausência de argila particulada do sedimento mais antigo da T3, pode ser explicado pelo processo de transporte e deposição seletivo que depositou o material mais grosseiro, incluindo os agregados de argila, mais próximo à fonte devido à perda de energia cinética em função da mudança de relevo na planície aluvial, e o material mais fino, que se manteve em suspensão apesar da perda de energia cinética, pode ter atingido os cursos d'água, durante um provável evento erosivo de alta energia (fluxo turbulento).

A partir da implantação do reflorestamento estabeleceu-se um outro ambiente de deposição, onde passou a haver deposição de argila particulada nos sedimentos mais recentes e superficiais. Verificou-se o aumento na retenção de argila particulada em relação ao horizonte subjacente cultivado, nas camadas de 0-0,07m da T3 (Figura 17c), 0-

0,02m da T2 (Figura 17 b), e até na 0-0,28m da T1, que fica no topo da encosta ripária e mais próxima à fonte de sedimentos (Figura 17 a).

Essa evolução na capacidade de retenção de sedimentos cada vez mais finos foi favorecida pelo estabelecimento de um ambiente de deposição de menor energia ou de maior poder de interceptação. Após a substituição do canavial pelo reflorestamento e, o estabelecimento deste, houve uma alteração na dinâmica da deposição, pois os caules e as raízes das árvores (do dossel e do sub-bosque), junto com a formação de serrapilheira, aumentaram a rugosidade do solo, reduzindo, conseqüentemente, a velocidade da enxurrada. Somado a este processo, as copas das árvores promoveram uma interceptação e desaceleração das gotas de chuva, reduzindo assim sua energia cinética e o seu poder desagregador e de desprendimento de partículas. Dessa maneira, o desprendimento e transporte de partículas foi desfavorecido e a deposição passou a ser mais intensa e mais próxima à fonte de sedimentos.

A presença de argila retida na forma de particulada na T1, T2 e T3 contraria os estudos de Syversen e Borch (2005) que afirmam que a argila dispersa na forma de partículas primárias são pequenas demais para serem retidas na zona ripária. Os estudos de Cooper (1987) e Fullen et al., (1996) que relacionam as frações granulométricas dos sedimentos e, os locais preferenciais de deposição não se aplicam à zona ripária de Iracema B, pelo fato de ter havido ali, uma mudança no uso da terra que provocou uma alteração na dinâmica de deposição dos sedimentos.

2.4.3.2 Granulometria das tradagens

O principal objetivo das tradagens, além de auxiliar a descrição morfológica do solo e na configuração bi-dimensional da encosta ripária, foi conhecer a distribuição e seleção das partículas dos sedimentos depositados dentro da mata ciliar e, permitir a análise estatística de parâmetros como diâmetro médio dos sedimentos, curtose e simetria.

2.4.3.2.1 Tradagens no canal

Com o intuito de representar a vertente de maneira mais completa, foram feitas tradagens na profundidade 0-0,20m na área sob cultivo de cana-de-açúcar, para avaliar as características do horizonte superficial do solo à montante da zona ripária. Estas amostragens foram realizadas a 5m e a 20m de distância do carreador que separa a zona ripária do cultivo (Figura 18).

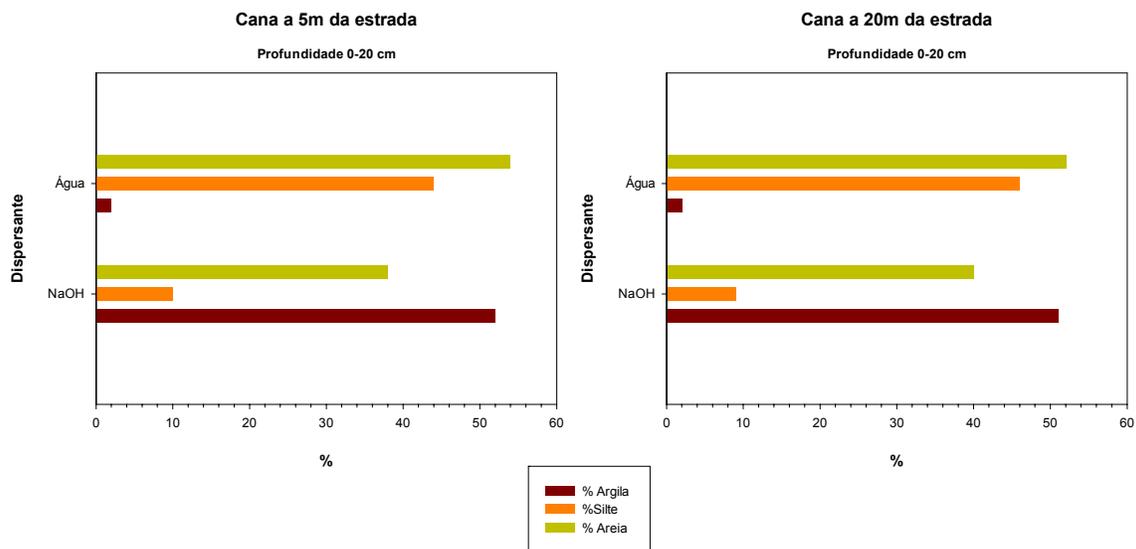


Figura 18 - Distribuição granulométrica das tradagens Cana 5m e Cana 20m, com dispersões em Hexametafosfato de Sódio +NaOH e água

A análise granulométrica revela que existe relativa homogeneidade entre as frações nos dois locais amostrados, ou seja, não existem diferenças relevantes nos teores de argila, silte e areia no Latossolo Vermelho que aparece sob o cultivo da cana nesta porção da vertente (Figura 18).

2.4.3.2.2 Tradagens na zona ripária

A dispersão em Hexametáfosfato e NaOH das amostras coletadas nas tradagens (Tr) revelou que o solo da zona ripária apresenta-se bastante homogêneo e argiloso, onde observam-se pequenas variações na fração argila (Figuras 19 e 20). As camadas mais profundas apresentam pequeno gradiente textural. Os teores da fração silte se mantiveram praticamente estáveis ao longo de toda a encosta ripária. As variações nos teores de areia possuem maior destaque na Tr6, Tr7 e Tr8 nas camadas referentes ao sedimento mais antigo, onde a quantidade de areia aumenta consideravelmente, quase se igualando à porcentagem de argila (Figura 20). Desta forma, nos depósitos mais recentes (depositados após a instalação do reflorestamento) os sedimentos são mais argilosos quando comparados com o sedimento mais antigo. As duas porções da transeção estudada com maiores concentrações de sedimentos, apesar de possuírem padrões de distribuição semelhantes, pertenceriam à eventos deposicionais diferentes, visto que não existe uma deposição uniforme e regular, característica de fluxos laminares de baixa energia.

A dispersão em água indica que existe maior contribuição da argila sob a forma particulada na camada superficial de 0-0,05m e nas camadas mais profundas, abaixo de 0,40m, em todos os pontos analisados (Figuras 19 e 20). Mesmo na porção da transeção sem sedimentos existe a presença de argila dispersa em água na superfície e não em sub-superfície, evidenciando o transporte seletivo das partículas de argila após a deposição das frações mais grosseiras (incluindo os agregados de argila) à montante. Abaixo da camada 0-5cm, passa a haver uma maior

contribuição da argila sob a forma de agregados. A presença de maiores quantidades de argila sob a forma particulada nas Tr6, Tr7 e Tr8 sugere o transporte de partículas de argila até a planície aluvial, onde houve uma deposição preferencial deste material. Estas evidências mostram a tendência de que na região mais elevada da transeção dentro do reflorestamento, a composição dos sedimentos resulta basicamente de areia, silte e agregados de argila, enquanto no terço final essa composição abrange areia, silte, agregados de argila e uma quantidade considerável de argila sob a forma particulada.

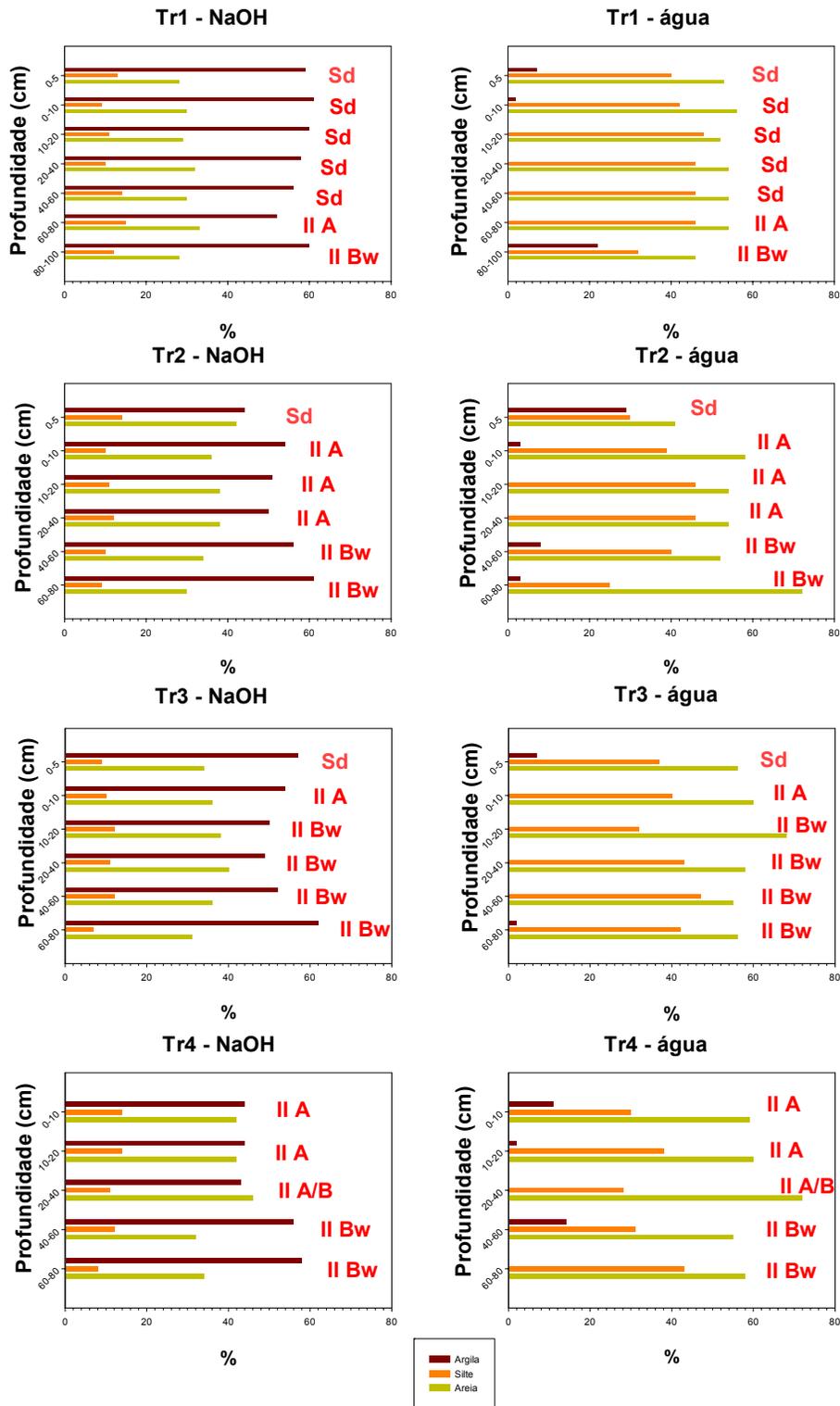


Figura.19 - Distribuição granulométrica das tradagens Tr1, Tr2, Tr3, Tr4, com dispersão em Hexametofato de Sódio + NaOH e água (Sd = sedimento, IIA = horiz.A enterrado, IIBw = horiz.B latossólico)

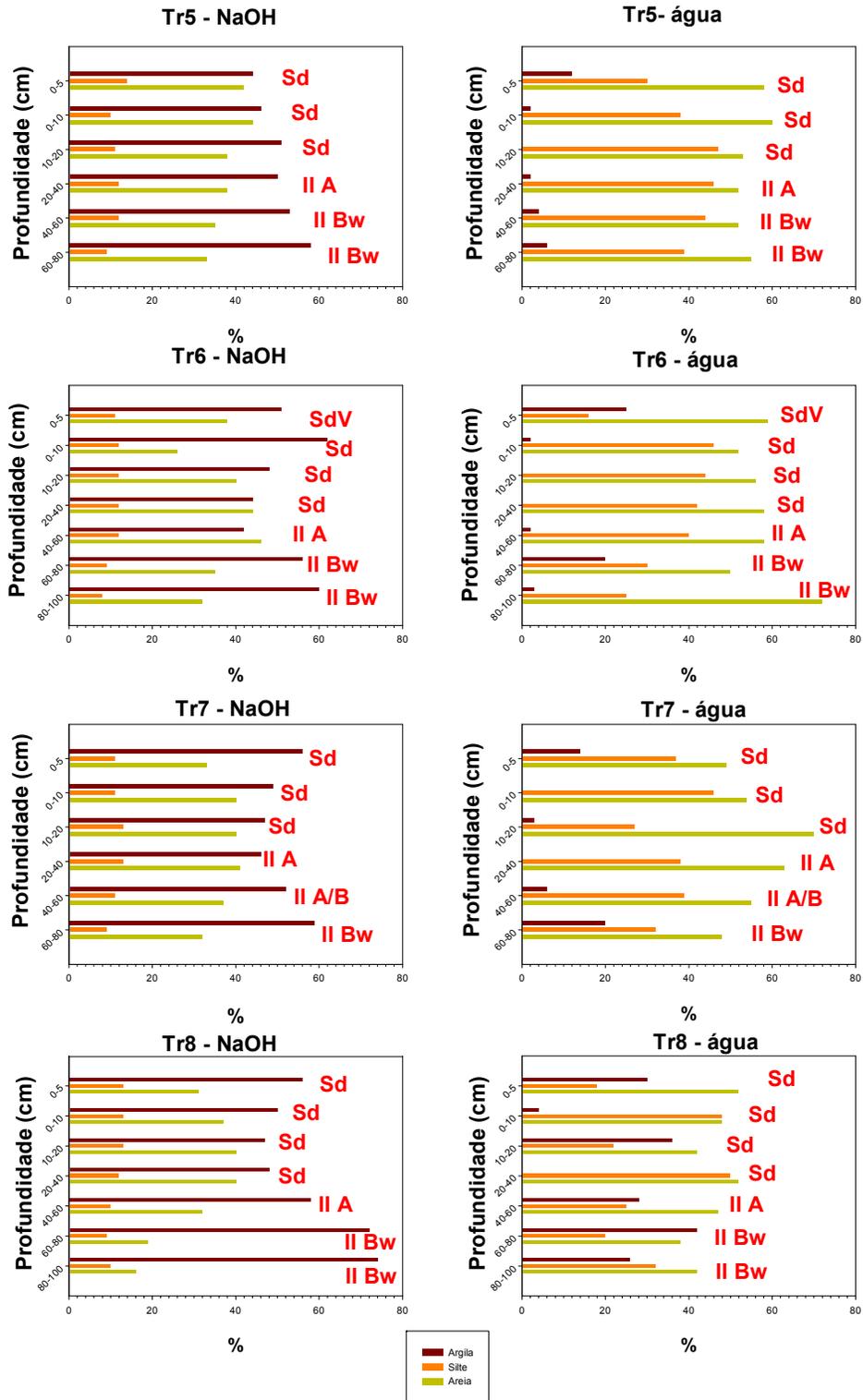


Figura 20 - Distribuição granulométrica das tradagens Tr5, Tr6, Tr7, Tr8, com dispersão em Hexametossfato de Sódio + NaOH e água (Sd = sedimento, IIA = horiz.A enterrado, IIBw = horiz.B latossólico)

2.4.3.3 Análises estatísticas da fração areia

As curvas de distribuição de frequência acumulada apresentadas na Figura 21 evidenciam as diferenças na distribuição granulométrica das trincheiras tanto em profundidade (dentro do perfil) quanto em distância (entre os perfis). Essas diferenças se refletem na regularidade e inclinação da curva. Em sedimentos bem selecionados, onde a distribuição se assemelha à distribuição normal, a curva se aproxima de uma reta ascendente. As irregularidades na curva, ou súbitas inclinações representam saltos na concentração de partículas em uma determinada classe de diâmetro.

2.4.3.3.1 Distribuição de frequências acumuladas

Considerando que na dispersão em NaOH, toda a argila foi removida, as curvas da Figura 21 a,b e c, representam a distribuição das frações silte e areia em 10 classes de diâmetro.

Foi observado, um comportamento de distribuição granulométrica da fração areia, bastante homogêneo nos horizontes IIA e IIBw da T1, T2 e T3. As principais diferenças na distribuição ocorrem na camada de sedimentos que, na T1 possui maior concentração de material grosseiro que os horizontes subjacentes. Na T2, existe uma pequena alteração no sentido do acréscimo de material mais fino do que os horizontes inferiores. Na T3, a camada de sedimentos vermelhos (0-0,07m) possui uma maior concentração de areias médias do que as camadas inferiores. Já o sedimento bruno não possui esta clara diferenciação em relação aos horizontes subjacentes. Este sedimento apresenta uma distribuição da fração areia muito semelhante à do solo enterrado (Figura 22).

A análise estatística das frações dispersas em água, apresenta a distribuição dos agregados de argila, além do silte e areia. A inclusão dos agregados de argila na distribuição das frações tamanho silte e areia, fez

com que houvesse alterações na inclinação e regularidade das curvas de frequência acumulada.

Na T1, essa distribuição foi marcada pela diferenciação do material existente no horizonte IIA, que apresentou um pequeno aumento na porcentagem de material mais fino. Na T2, o sedimento é diferenciado do material subjacente por apresentar maior quantidade de material mais fino. Na T3, novamente o sedimento vermelho (0-0,07m), se diferencia dos horizontes enterrados muito mais do que o sedimento bruno (0,07-0,32m), o qual possui uma distribuição semelhante à dos horizontes IIA e Bw. Existe uma forte tendência de concentração de agregados nas frações areia média do sedimento vermelho (0-0,07m).

A forte semelhança na distribuição das frequências acumuladas dos sedimentos da T1, do sedimento bruno (mais antigo) da T3, e dos horizontes enterrados mostra que o material depositado é o do próprio solo e que ambos sofreram o mesmo processo deposicional. Na T2, o material também é proveniente do mesmo solo, mas a distribuição de frequências acumuladas mostrou um predomínio de frações de areia mais finas evidenciando um processo de seleção diferenciado. Como a T2 representa o final do depósito mais recente fica claro entender este processo (Figura 21 e Figura 22). As alterações no padrão da curva de distribuição do sedimento vermelho da T3 (0-0,07m) evidenciam que houve uma diferenciação na seleção do material que foi depositado ali, provavelmente decorrente de um evento erosivo de média intensidade que, permitiu a deposição de material mais fino.

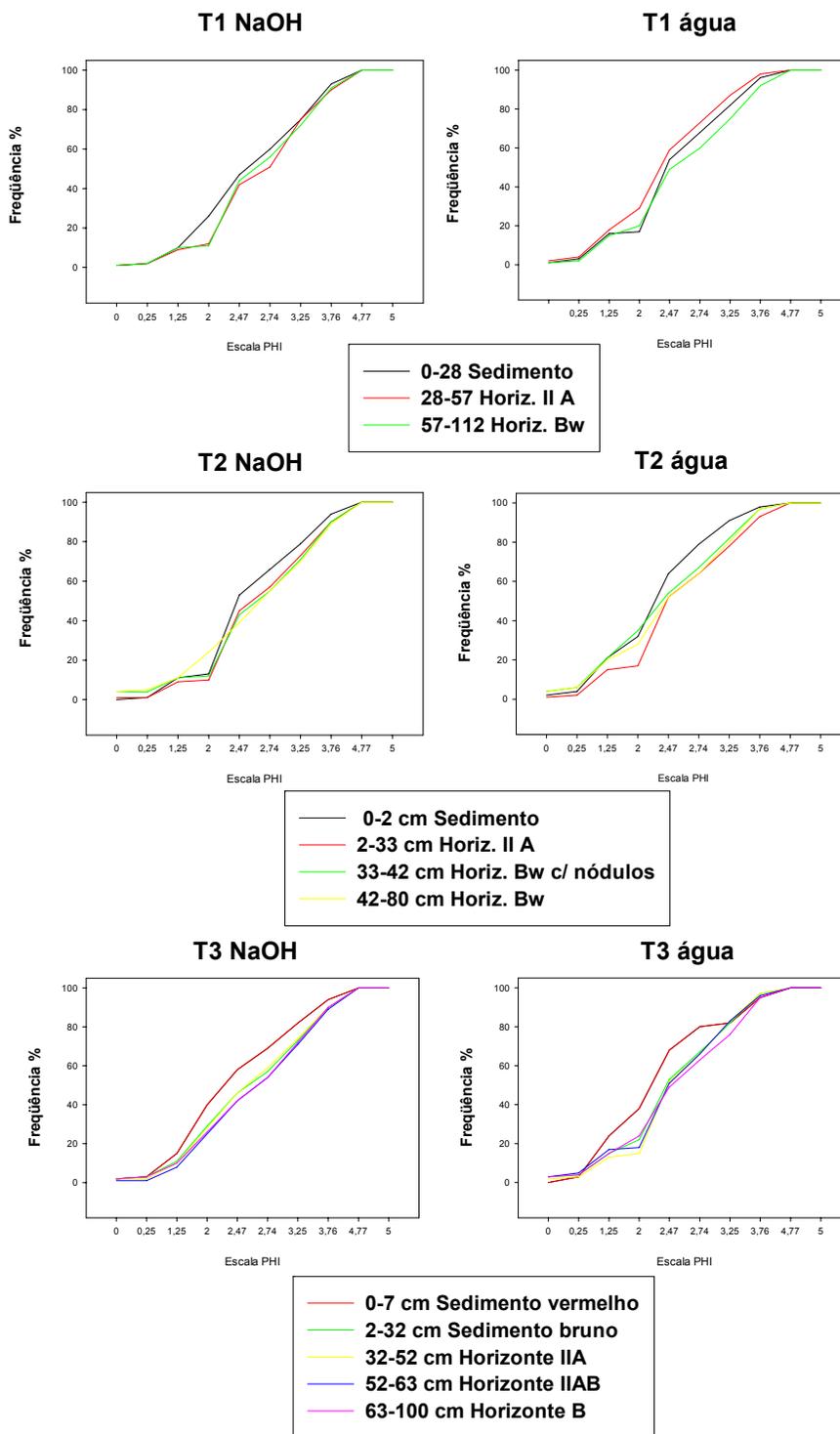


Figura 21 - Distribuição acumulada da fração areia, segundo o programa PHI (dispersão em NaOH e água)

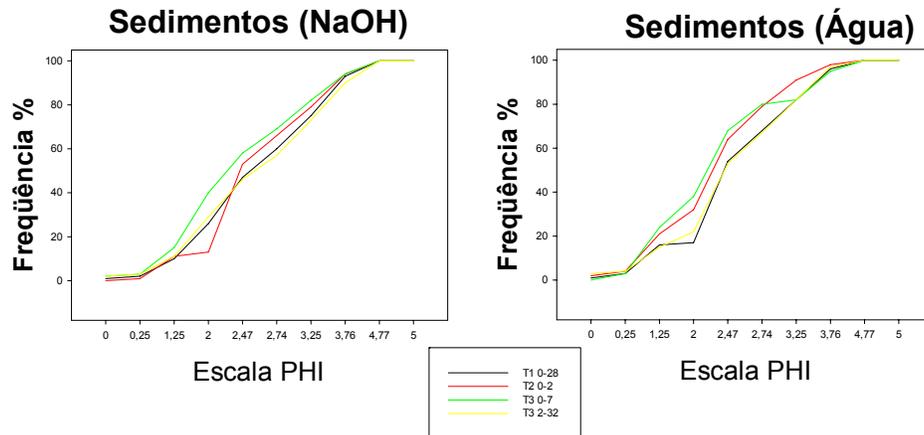


Figura 22 - Distribuição acumulada da fração areia presente nos sedimentos da encosta, segundo o programa PHI (dispersão em NaOH e água)

2.4.3.3.2 Distribuição de frequências relativas

As Figuras 23 e 24 apresentam as distribuições relativas de frequência granulométrica das frações areia analisadas. Nestas figuras, estão representadas os intervalos de classes de diâmetro na escala Phi e, as barras que representam a porcentagem em peso de cada fração areia.

A Figura 23 mostra as distribuições na dispersão realizada em NaOH. A T1 revela-se bastante homogênea, possuindo nas três profundidades, grãos de diâmetro médio similares, todas possuem grau de seleção moderado e são aproximadamente simétricas, diferindo quanto à curtose. Na T2 os grãos se apresentam moderadamente selecionados desde a superfície até a profundidade de 0,33-0,42m e na profundidade 0,42-0,80m passam a ser pobremente selecionados, quanto à agudez de picos são leptocúrticos em todas as profundidades e a simetria que na superfície e na camada imediatamente inferior é assimétrica positiva, na camada 0,33-0,42m se torna aproximadamente simétrica, passando a ser assimetricamente negativa na camada 0,42-0,80m. Na T3 os grãos são pobremente a moderadamente selecionados, a distribuição aproximadamente simétrica e mesocúrtica. Os sedimentos

da camada 0-0,07m diferem das demais por possuírem maior concentração de grãos maiores, na classe de diâmetro 2ϕ , indicativo de que houve uma mudança na dinâmica da deposição dos sedimentos na planície aluvial.

Os sedimentos apresentam-se similares em T1 e T3, quanto à simetria, curtose, diâmetro médio e grau de seleção dos grãos. Na T2, a presença de uma camada inexpressiva de sedimentos, faz com que os parâmetros se assemelhem aos do solo enterrado, diferindo consideravelmente dos outros depósitos de sedimentos.

A dispersão em água (Figura 24) retrata uma distribuição mais fiel da granulometria das frações porque inclui os agregados de argila que são transportados e depositados juntamente com os grãos de quartzo e minerais menos intemperizados.

Apesar dos parâmetros estatísticos serem variados, da mesma maneira que na dispersão em NaOH, os valores numéricos que definem esses parâmetros são bastante semelhantes. Isto configura uma homogeneidade entre os solos enterrados e, também entre os sedimentos, com algumas exceções.

Na T1 e na T2 os sedimentos são moderadamente selecionados e com maior proporção de sedimentos grosseiros, o que indica haver a ocorrência de eventos erosivos de alta energia, pois se o fluxo fosse laminar, contínuo e regular, os sedimentos seriam bem selecionados e simétricos. Na T3, as principais diferenças ocorrem entre os dois depósitos distintos que ali aparecem, na camada 0-0,07m (sedimento vermelho) e na camada 0,07-0,32m. Os grãos apresentam diferentes graus de seleção, curtose e simetria. Estes parâmetros caracterizam diferentes eventos erosivos de alta energia e fluxo turbulento porém, a fonte de material pode ser a mesma, pois o diâmetro médio das partículas é semelhante.

A comparação entre os histogramas das Figuras 23 e 24 permite observar importantes diferenças na distribuição granulométrica como

granulações de máxima ou mínima frequência, intervalos de distribuição das diferentes classes (medida de grau de seleção) e parâmetros de simetria (SUGUIO, 1973), que revelam a significativa contribuição dos agregados de argila não dispersados pela água redistribuídos nas frações silte e areia. Em todas as amostras, o diâmetro médio dos sedimentos e solo foi menor na dispersão em água do que em NaOH, além de que todos os outros parâmetros (grau de seleção, simetria e curtose) também variaram, o que confirma a participação dos agregados no solo e sedimentos.

Considerando a participação e a importância dos agregados de argila no processo erosivo e deposicional, a Figura 25 apresenta a distribuição granulométrica relativa nos pontos de tradagem em seqüência espacial, numa profundidade de 0,40m na qual se inserem os sedimentos.

A distribuição relativa na camada 0,20-0,40m apresenta pequenas variações ao longo da transeção, provavelmente devido à interferência das operações de preparo de solo na antiga área de cultivo de cana. Estas operações tinham por objetivo uniformizar a superfície do solo com implementos que atingiam até 0,30m de profundidade.

Na camada 0,10-0,20m aparecem as maiores variações quanto ao grau de seleção, simetria e curtose, o que evidencia a ocorrência de diferentes processos de deposição de sedimentos ao longo do transeção. Nessa camada, próximo à borda da mata, os sedimentos são moderadamente selecionados; na zona média não existem sedimentos nesta camada; e no terço final da encosta, os sedimentos são moderadamente selecionados e bem distribuídos sendo que, apenas na Tr5 registra-se uma maior concentração de sedimentos finos.

Analisando a camada superficial nota-se que existe grande variação nos padrões de distribuição dos sedimentos na camada 0-0,10m, porém a intensidade dessas variações é pequena. Existem pequenas diferenças na curtose, onde a classe modal é sempre $2,47\phi$; na simetria, que reflete

a proporção de sedimentos finos ou grosseiros, e oscila entre assimetria negativa (predominam grossos) e aproximadamente simétrica (equilibrado) e; no grau de seleção que oscila entre pobremente a moderadamente selecionados. Porém essa oscilação não é muito significativa, pois os limites de separação estão muito próximos (moderadamente selecionado - (σ) 0,5-1,0; pobremente selecionado - (σ) 1,0-2,0).

Na porção superior da vertente ripária, a baixa seleção dos grãos reflete ocorrência de processos erosivos de alta energia de fluxo, a assimetria predominantemente negativa indica a concentração de partículas grosseiras e o grau de curtose leptocúrtico sugere que existe apenas uma classe modal, ou seja a fração granulométrica mais abundante está concentrada em uma única classe central. Isto pode ser devido ao material de origem e ao tamanho dos agregados de argila preferencialmente transportados. Na zona média da encosta, o sedimento é moderadamente selecionado, com uma equilibrada proporção de sedimentos finos e grosseiros (aproximadamente simétrica).

No sopé da encosta, os sedimentos são moderadamente selecionados sendo que a simetria oscila entre assimetria negativa e aproximadamente simétrica e a curtose varia de meso ao muito leptocúrtico.

O padrão segmentado e variado da deposição em Iracema B se alinha à afirmativa de que alguns processos de mobilização podem transportar os sedimentos até o canal de drenagem, mas, na maior parte das vezes o colúvio mobilizado é redepositado rapidamente na vertente e permanece estocado até que outro evento de transporte ocorra (REID; DUNNE, 1996).

DISPERSÃO EM HEXAMETAFOFATO + NaOH

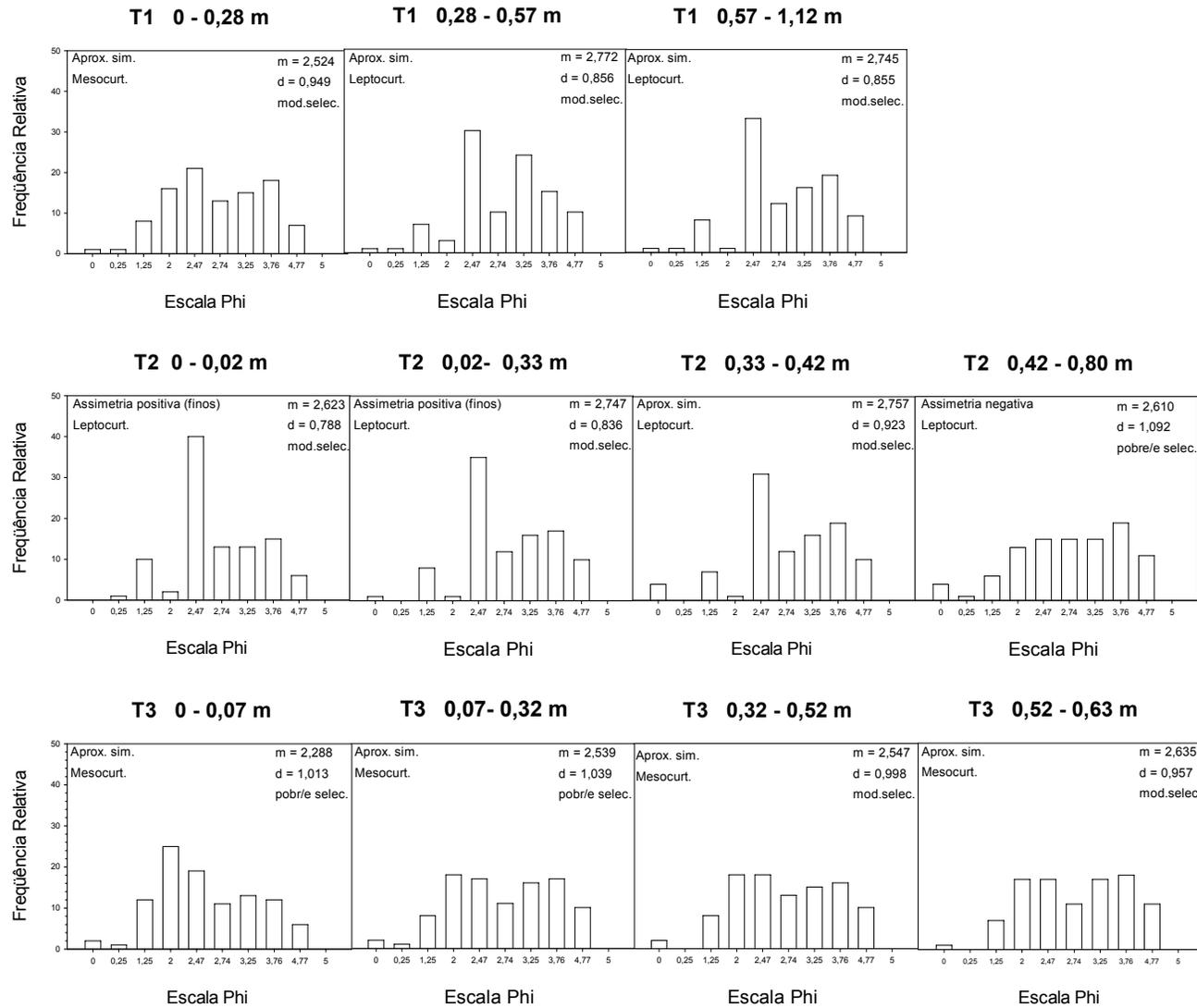


Figura 23 - Distribuição relativa das frações areia, segundo o programa PHI (dispersão em NaOH)

DISPERSÃO EM ÁGUA

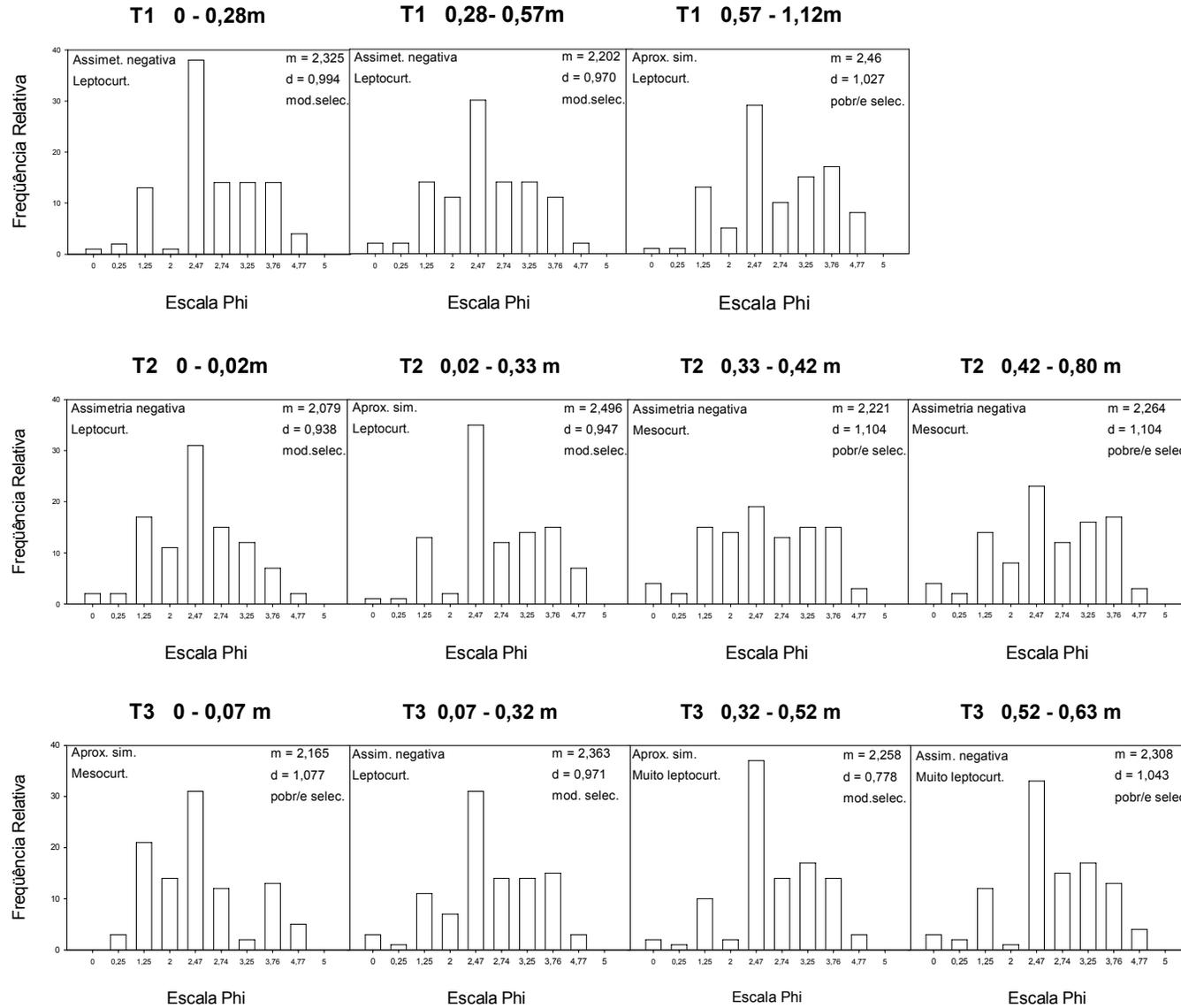
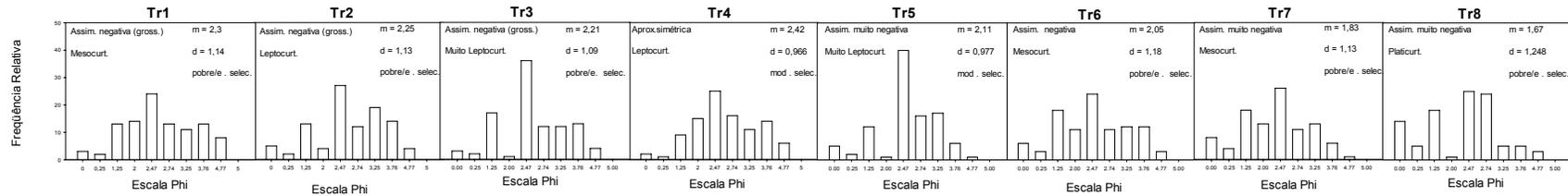


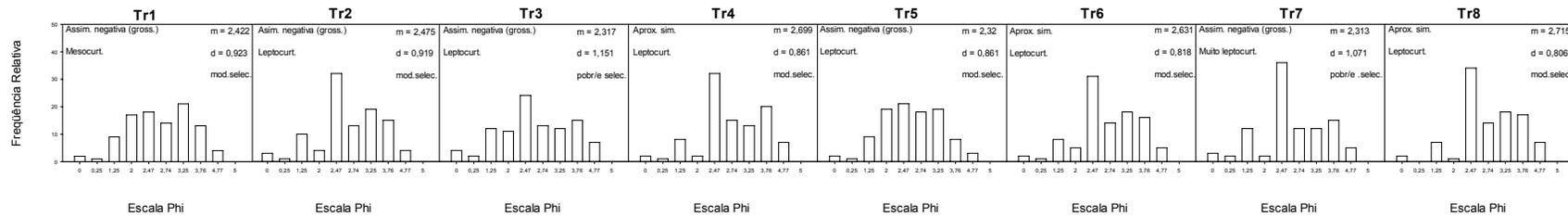
Figura 24 -Distribuição relativa das frações areia, segundo o programa PHI (dispersão em água)

DISPERSÃO EM ÁGUA

CAMADA 0 - 0,05 m



CAMADA 0,10 - 0,20 m



CAMADA 0,20 - 0,40 m

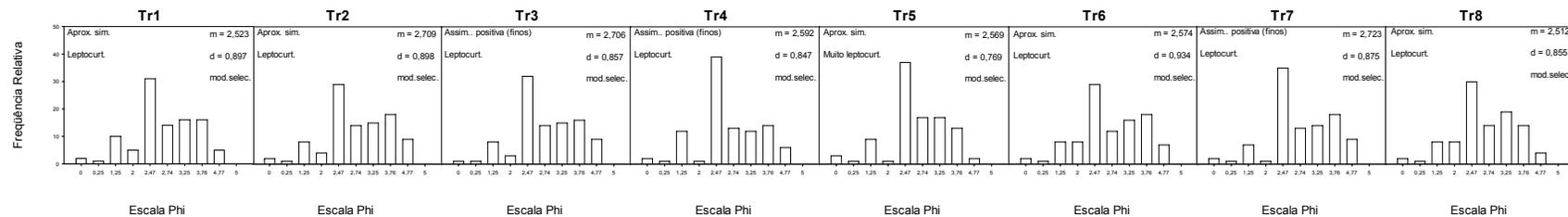


Figura 25 - Distribuição relativa das frações areia, considerando apenas as tradagens nas profundidades 0-5, 10-20 e 20-40 cm, segundo o programa PHI (dispersão em água)

A fração areia dos sedimentos, incluindo os agregados de argila, é bastante diversa quanto ao grau de seleção, simetria, curtose, e diâmetro. Isto sugere que a deposição não ocorreu de forma gradual, uniforme e constante e sim, houve locais preferenciais de deposição, com espessuras variadas.

Não existe uma relação linear entre deposição e sentido de transporte. Essa configuração provavelmente alia diversas condições de relevo e vegetação peculiares da área: 1) passagem de ambiente de cultivo para floresta, onde o tempo de crescimento das espécies arbóreas contribuiu para as mudanças de padrão de deposição dos sedimentos, decorrente da adição da liteira e interação com organismos; 2) aumento da rugosidade superficial com áreas convexas pontuais e trajetos com alta capacidade de infiltração onde a sedimentação pode ocorrer com maior intensidade (PENING DE VRIES et al, 1998),

A predominância de sedimentos moderadamente a pobremente selecionados permite inferir que na zona ripária Iracema B, ocorreram eventos erosivos de alta energia, onde a enxurrada teve capacidade de remover partículas de diversos tamanhos, inclusive as maiores e mais pesadas, gerando um sedimento de matriz bastante misturada.

A comparação entre os depósitos de sedimentos nas três trincheiras e, também dos dois tipos de sedimentos na T3 provenientes de ambientes de deposição diferentes, evidencia que a argila, já não é transportada tão longe quanto na época prévia ao estabelecimento do reflorestamento. Após o estabelecimento e desenvolvimento da floresta ripária de Iracema B, passou a haver deposição de argila particulada no sopé da encosta e aumentou a retenção desse tipo de argila na meia encosta.

3 CONCLUSÕES

3.1 A deposição de sedimentos na zona ripária de Iracema B foi favorecida pela implantação do reflorestamento, pois este deslocou a zona preferencial de deposição 25m à montante na vertente, onde ocorreu a deposição de camada de sedimentos de até 60cm de espessura.

3.2 A mudança no uso da terra marcou a mudança no local preferencial de deposição, que na época do cultivo de cana era a planície aluvial e após o desenvolvimento da floresta passou a ser no primeiro terço da zona ripária. Essa mudança foi lenta e gradual e, à medida que a floresta se desenvolvia cessava a deposição no sopé e intensificava a deposição próxima à borda da mata. Isto justifica o hiato de deposição que existe na zona média da encosta.

3.3 A mudança do local de deposição dependeria do grau de desenvolvimento da floresta. À medida que a floresta se desenvolve cessa a deposição no sopé e intensifica-se a deposição próxima à borda da mata.

3.4 A morfologia e a distribuição dos sedimentos sugere que estes poderiam ter sido depositados durante eventos erosivos de grande intensidade.

3.5 A ausência de um padrão regular e uniforme de deposição que caracteriza o fluxo laminar, sugere que a deposição ocorreu sob fluxo turbulento, que gera sedimentos moderadamente a mal selecionados, não estratificados, de morfologia caótica e bastante irregular.

Estudos complementares, com análises de outros transectos em Iracema B proporcionariam uma melhor compreensão da distribuição dos sedimentos numa área maior o que possibilitaria uma melhor representação espacial dos sedimentos depositados em Iracema B. Seria interessante também amostrar o solo da planície aluvial além do limite trabalhado, pois a variação do nível do espelho d'água da represa é

bastante grande, logo a área sujeita ao hidromorfismo é maior que a prevista.

REFERÊNCIAS

ADDISCOTT, T. M. A critical review of the value of buffer zone environments as a pollution control tool. In: HAYCOCK, N.E.; BURT, T.P.; GOULDING, K.W.T.; PINAY, G. (Ed.). **Buffer zones: their processes and potential in water protection**. Harpenden: Quest Environmental, 1997. p. 236–242.

ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. Glasgow: Blackie, 1990. 339p.

AMPONTUAH, E.O.; ROBINSON, J.S.; NORTCLIFF, S. Assessment of soil particle redistribution on two contrasting cultivated hillslopes. **Geoderma**, Amsterdam, v. 132, p. 324-343, 2005.

ATTEIA, O.; PFEIFER, H.R.; DUBOIS, J.P.; HUNZIKER J.C. A search for the origin of cadmium in the soil of the Swiss Jura. **Geoderma**, Amsterdam, v.68, p. 149-172, 1995.

BAUDRY, J. Buffer zones and farming systems. In: HAYCOCK, N.E.; BURT, T.P.; GOULDING, K.W.T.; PINAY, G. (Ed.). **Buffer zones: their processes and potential in water protection**. Harpenden: Quest Environmental, 1997. p. 275–282.

BELLINAZZI JUNIOR, R.; GALETI, P.A.; LOMBARDI NETO, F.; PESSOA, N.S. **Plano diretor de uso e manejo da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, município de Iracemópolis, SP**. Campinas: CATI, 1987. (Projeto de pesquisa).

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

BERTONI, J.E.; MARTINS, F.R. Composição florística de uma floresta ripária na Reserva Estadual de Porto Ferreira, SP. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v.1, n. 1, p. 17-26, 1987.

BOIX-FAYOS, C.; CALVO-CASES, A.; IMESON, A.C.; SORIANO-SOTO, M.D. Influence of soil properties on the aggregation of some mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. **Catena**, Amsterdam, v. 44, p. 47-67, 2001.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F.X. & LUCAS, Y. **Analyse structurale et cartographie en pédologie**: I – Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 19:309-321, 1982.

BRYAN, R. B. Soil erodibility and process of water erosion on hillslope. **Geomorphology**, Amsterdam, v.32, p. 385-415, 2000.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. **Handbook for soil thin section description**. Wolverhampton: Waine Research Publications, 1985. 153p.

CAMARGO, O.A. de, MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônômico de Campinas**. Campinas: IAC, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).

CASTRO, S.S.; COOPER, M.; SANTOS, M.C.; VIDAL-TORRADO, P. Micromorfologia do solo: Bases e aplicações. **Tópicos em ciência do solo**. v. 1, p. 107-164. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo**. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf. Acesso em: 17 jul. 2006

COOKE, R.U.; DOORNKAMP, J.C. **Geomorphology in environmental management: a new introduction**. 2nd ed. Oxford: Calendon Press, 1990. 410p.

COOPER, J.R.; GILLIAM, J.W.; DANIELS, R.B.; PORBAGE, W.P. Riparian areas as filters for agricultural sediments. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 51, p. 416-420, 1987.

CORRELL, D.L. Buffer zones and water quality protection: general principles. In: HAYCOCK, N.E.; BURT, T.P.; GOULDING, K.W.T.; PINAY, G. (Ed.). **Buffer zones: their processes and potential in water protection**. Harpenden: Quest Environmental, 1997. p. 7-20.

DANIELS, R.B.; GILLIAM, J.W. Sediment and chemical load reduction by grass and riparian filters. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, p. 246-251, 1997.

DELONG, M.D.; BRUSVEN, M.A. Classification and spatial mapping of riparian habitat with applications toward management of streams impacted by nonpoint source pollution. **Environmental Management**, Idaho, v. 15, n. 4, p. 565 - 571, 1991.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO", INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Unesp, 1982. 1 mapa. Escala 1:250.000.

DOUGLAS, I. Sediment transfer and siltation. In: **The earth as transformed by human action**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. p. 215-234.

EDWARDS, W.M.; OWENS, L.B. Large storm effects on total soil erosion. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 46, n. 1, p.75-78, jan./fev. 1991

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Serviço de Produção de Informação; Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Embrapa Solos, 1999. 412 p.

ESTADOS UNIDOS. E.P.A. Chesapeake Bay Program Forestry Work Group. **The role and function of forest buffers in the Chesapeake Bay basin for nonpoint source management**. Annapolis: EPA, 1993. 10 p. (Publication U.S. EPA CBP/TRS 91/93).

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Farming systems: impact on water quality. Management systems evaluation areas (MSEA) progress report 1994**. Washington: 1995. 15 p. (Publication USDA.ARS, 135).

ESTEVIÃO, C.; GARCIA, A.; ELIAS, D.; SAAD, F. A.; COELHO, L. F. S.; COELHO, L. F. S. **Plano diretor de uso e manejo da microbacia hidrográfica do ribeirão cachoeirinha - Iracemópolis - sp: Avaliação de 18 anos de implantação**. 2006. 45 p. Monografia (Especialização em Gerenciamento Ambiental) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

FENNESSY, M. S.; CRONK, J. K. The effectiveness and restoration potential of riparian ecotones for the management of nonpoint source pollution, particularly nitrate. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, London, v. 27, n. 4, p. 285-317, 1997.

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H.C. T. Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa. v.28, n. 4, p. 617-623, 2004.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da; RAIJ, B. VAN; ABREU, C.A. de. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq,FAPESP,POTAFÓS, 2001. 600p.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos river bar: a study on the significance of grain-size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, v. 27, p. 3-26, 1957.

FULLEN, M.A.; YI, Z.; BRANDSMA, R.T. Comparison of soil and sediment properties of a loamy sand soil. **Soil Technology**, Amsterdam, v.10, p. 35-45, 1996.

GIBBS, P.E.; LEITÃO FILHO, H.F. Floristic composition of na area of gallery forest near Mogi-Guaçú, State of São Paulo, S.E. Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.1, n.1, p. 151-156, 1978.

GINÉ-ROSIAS, M.F. **Espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-AES)**. Piracicaba: CENA, 1998. 148p. (Série Didática, v.3).

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil,1995. 472 p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. 196p.

HALLAIRE, V.; COINTEPAS, J.P. Caractérisation de la macroporosité d'un sol de verger par analyse d'image. **Agronomie**, Paris, v. 13, p.155-164, 1993.

HERRON, N.F.; HAIRSINE, P.B. A scheme for evaluating the effectiveness of riparian zones in reducing overland flow to streams **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.36, n.4, p. 683 – 698, 1998.

INMAN, D.L. Sorting of sediments in the light of fluid mechanics. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, v.19, n. 2, p. 51-70, 1949

IZIDORIO R.; MARTINS FILHO, M.V. ; MARQUES JÚNIOR J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G.T. Perdas de nutrientes por erosão e sua distribuição espacial em área sob cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal. v.25, n.3, p. 660-670, set./dez, 2005.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941.281p.

JONG VAN LIER, Q. de; VIDAL-TORRADO, P. PHI: Programa de Microcomputador para Análise Estatística da Granulometria de Sedimentos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p. 277-281,1992.

KABATA-PENDIAS, A.; ADRIANO, D.C. Trace metals. In: RECHCIGL, J.E. (Ed.). **Soil amendments and environmental quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p. 139-168.

KAGEYAMA, P.Y. **Estudo para implantação de matas ciliares de proteção na Bacia Hidrográfica do Passa Cinco visando a utilização para abastecimento público**. Piracicaba: ESALQ, 1986. 237p. (Relatório de Pesquisa do Convênio Departamento de Águas e Energia Elétrica e Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" – USP).

KLAPPROTH, J.C.; JOHNSON, J.E. **Understanding the science behind riparian forest buffers: effects on water quality**. Virginia: Virginia Cooperative Extension, 2000. 24 p.

LAL, R. Agronomic consequences of soil erosion. In: PENING DE VRIES, F.W.T.; AGUS, F.; KERR, J.M. (Ed.). **Soil erosion at multiple scales: principles and methods for assessing causes and impacts**. London: CAB International, 1998a. p. 149-160.

LAL, R. **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: CRC Press, 1998 b. 558p. (Advances in Soil Science).

- LE BISSONNAIS, Y. Soil characteristics and aggregate stability. In: AGASSI, M. **Soil erosion, conservation and rehabilitation**. New York: Marcel Dekker, 1996. chap.3, p.41 –61.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 4.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 83p.
- LEDWITH, T. **The effects of buffer strip width on air temperature and relative humidity in a stream riparian zone**. Idaho: Watershed Management Council Networker, 1996. 4p. Disponível em: http://www.watershed.org/news/sum_96/buffer.html. Acesso em: 05.abr.2006
- LEE, P.; SMYTH, C.; BOUTINA, S. Quantitative review of riparian buffer width guidelines from Canada and the United States. **Journal of Environmental Management**, Amsterdam, v. 70, p. 165–180, 2004.
- LOWRANCE, R., LEONARD, R.; SHERIDAN J. Managing riparian ecosystems to control nonpoint pollution. **Journal of Soil & Water Conservation**, Ankeny, v.40, p. 87-91, 1985.
- MACHADO, R. E.; VETORAZZI, C. A.; XAVIER, A. C. Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p. 727-733, 2003.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MARQUES, J.Q.A. Conservação do solo no Brasil. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1966, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1966. p.777-782.
- MCLAREN, P.; BOWLES, D. The effects of sediment transport on grain-size distributions. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, v.55, n. 4, p.457-470, July, 1985.
- MIEDMA, R. Applications of micromorphology of relevance to agronomy. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 59, p 119-169, 1997.
- MITSCHE, W.J.; GOSSSELINK., J.G. **Wetlands**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993. 722 p.
- MORGAN, R.P.C. **Erosión y conservación del suelo**. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 1997. 343p.

NAIMAN, R.J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Ann Arbor, v.28, p. 621-658, Nov. 1997.

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

OADES, J.M.; WATERS, A.G. Aggregate hierarchy in soils. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 29, p.815-828, 1991.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

OSMOND, D.A. Micropedology. In: STOOPS, G.; ESWARAN, H. (Ed.) **Soil micromorphology**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986. 345p. (Van Nostrand Reinhold Soil Science Series).

PAGLIAI, M.; LA MARCA, M.; LUCAMANTE, G. Micromorphometric and micromorphological investigations of a clay loam soil in viticulture under zero and conventional tillage. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 34, p.391-403, 1983.

PENING DE VRIES, F.W.T.; AGUS, F.; KERR, J.M. **Soil erosion at multiple scales: principles and methods for assessing causes and impacts**. London: CAB International, 1998. 390p.

PETERSON, D.L.; ROLFE, G.L. Seasonal variation in nutrients of floodplain and upland forest soils of central Illinois. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n.6, p. 1310-1315, nov/dec, 1982.

PRADO, H. do. **Manual de classificação do solo**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 197p.

QIANA, J.; SHARI, X.; WANGB, Z.; TU, Q. Distribution and plant availability of heavy metals in different particle-size fractions of soil . **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 187, p.131-141, 1996.

RAIJ, B. van. **Fertilidade de solo e adubação**. Piracicaba: POTAFÓS; São Paulo: Ceres, 1991. 343p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 170p.

REID, L.M.; DUNNE, T. **Rapid evaluation of sediment budget**. Reiskirchen: Catena Verl., 1996. 164p. (GeoEcology paperback).

RITTER, W.F.; SHIRMOHAMMADI, A. **Agricultural nonpoint source pollution**. Boca Raton: CRC Press, 2001. 342p.

RODELLA, A.A.; ALCARDE, J.C. Legislação sobre micronutrientes e metais pesados. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. de.

Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq;FAPESP;POTAFÓS, 2001. p.555-576.

RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F.; CRESTANA, M.S.M. Revegetação do entorno da represa de abastecimento de água do município de Iracemópolis/ SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1992. p.406-414.

ROSS, S.M. **Toxic metals in soil-plant systems.** Chichester: Wiley, 1994. 469 p.

ROUSSEVA, S.; TORRI, D.; PAGLIANI, M. Effect of rain on the macroporosity at the soil surface. **European Journal of Soil Science**, Harpenden, v. 53, p. 83-94, 2002.

RUELLAN, A. **Regards sur le sol.** Paris: Les Éditions Foucher, 1993. 192p.

SALIS, S.M.; TAMASHIRO, J.Y.; JOLY, C.A. Florística e fitossociologia do estrato arbóreo de um remanescente de mata ciliar do rio Jacaré-Pepira, Brotas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.17, n.2, p.93-103, 1994.

SINGH, B.R. Soil pollution and contamination. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C.; STEWART, B.A. (Ed.). **Methods for assessment of soil degradation.** Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 279-300. (Advances in Soil Science).

SINGH, B.R.; STEINESS, E. Soil and water contamination by heavy metals. In: LAL, R.; STEWART, B.A. (Ed.). **Soil processes and water quality.** Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. p 233-271.

SIQUEIRA, O.J.F.; SHERER, E.E.; TASSINARI, G.; ANGHINONI, I.; PATELLA, J.F.; TEDESCO, M.J.; MILAN, P.A.; ERNANI, P.R. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Passo Fundo: EMBRAPA,CNPT, 1987. 100p.

SPAROVEK, G; CORRECHEL, V; BARRETTO, A.G.O.P. A dimensão dos impactos causados pela falta de conservação de solos em pastagens plantadas no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21. 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. 302p.

SPAROVEK, G.; RANIERI, S.B.L.; GASSNER, A.; DE MARIA, I.C.; SCHNUG, E.; SANTOS, R.F.; JOUBERT, A. A conceptual framework for the definition of the optimal width of riparian forests. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.1782, p. 1-7, 2001.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 1973, 317 p.

SUTHERLAND, R.A.; WAN, Y.; ZIEGLER, A.D.; LEE, C.T.; SWAIFY, E. Splash and wash dynamics: An experimental investigation using an Oxisol. **Geoderma**, Amsterdam, v.69, p.85-103, 1996.

SYVERSEN, N.; BORCH, H. Retention of soil particle fractions and phosphorus in cold-climate buffer zones. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v.25, p. 382-394, 2005.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.33, p.141-163, 1982. URE, A.M. Methods of analysis for heavy metals in soils. In: ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. Glasgow: Blackie, 1990. p.40-71.

WISCHMEIER, W.H.; MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. **Soil Science Society of America Proceedings**, Ann Arbor, v. 33, n. 1, p. 131-137, 1969.

YOUNG, R.A.; OLNESS, A.E.; MUTCHLER, C.K.; MOLDENHAUER, W.C. Chemical and physical enrichments of sediment from cropland. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.29, n.1, p.165-169, 1986.

ANEXOS

Anexo A - Descrição geral e morfológica completa dos perfis de solo estudados.

PERFIL - T1



DESCRIÇÃO GERAL

DATA - 11/05/2004

CLASSIFICAÇÃO - **LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico**

UNIDADE DE MAPEAMENTO - LVd

LOCALIZAÇÃO - Descrito e coletado em trincheira na transeção do reflorestamento Iracema B.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Trincheira situada no terço superior da encosta ripária, com cerca de 17% de declividade e sob serrapilheira.

ALTITUDE - 607m

LITOLOGIA - Diabásio

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Serra Geral

PERÍODO - Jurássico/ Cretáceo

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto do intemperismo do diabásio.
 PEDREGOSIDADE - Não pedregoso
 ROCHOSIDADE - Não rochoso
 RELEVO LOCAL - Suave ondulado
 RELEVO REGIONAL - Suave ondulado
 EROSÃO - Não aparente
 DRENAGEM - Boa
 VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Transição Mata Atlântica/Cerrado
 USO ATUAL - Área de Preservação Permanente (APP) reflorestada
 CLIMA - Cwa da classificação de Köppen
 DESCRITO E COLETADO POR - Miguel Cooper e Selene Castilho.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

SEDIMENTOS 0-28 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR3/4, úmido); argiloso, fraca, pequeno e granular; friável, plástico e pegajoso; transição abrupta, e cerosidade ausente.

II A 28-57 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR3/4, úmido); argiloso, forte, médio e blocos angulares; firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição abrupta, e cerosidade ausente.

IIBw 35-100+cm; vermelho escuro acinzentado (10R3/4); argiloso, moderado a forte, médio à pequeno e blocos subangulares, friável à firme, muito plástico e muito pegajoso; cerosidade comum à moderada.

RAÍZES - Abundantes, finas e médias no sedimento, horizontes inferiores com poucas raízes.

OBSERVAÇÕES - Horizonte IIA compactado e misturado pelas práticas agrícolas.

PERFIL - T2**DESCRIÇÃO GERAL**

DATA - 11/05/2004

CLASSIFICAÇÃO - **LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico**

UNIDADE DE MAPEAMENTO - LVd

LOCALIZAÇÃO - Descrito e coletado em trincheira na transeção do reflorestamento Iracema B.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL -
Trincheira situada no terço médio da encosta ripária, com cerca de 11% de declividade e sob serrapilheira.

ALTITUDE - 606m

LITOLOGIA - Diabásio

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Serra Geral

PERÍODO - Jurássico/ Cretáceo

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto do intemperismo do diabásio.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso

ROCHOSIDADE - Não rochoso

RELEVO LOCAL - Suave ondulado

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado

EROSÃO - Não aparente

DRENAGEM - Boa

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Transição Mata Atlântica/Cerrado

USO ATUAL - Área de Preservação Permanente (APP) reflorestada

CLIMA - Cwa da classificação de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR - Miguel Cooper e Selene Castilho.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- SEDIMENTOS 0-2 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR3/4, úmido); média a argilosa, fraco, médio e blocos subangulares; friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta, e cerosidade ausente.
- II A 2-33 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR3/4, úmido); argilosa a muito argilosa, forte, médio e blocos angulares e prismática; firme, plástico e pegajoso, e cerosidade ausente.
- IIBw (c/nódulos) 33-42cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR3/4, úmido); argilosa a muito argilosa, forte, médio e blocos angulares, firme, plástico e pegajoso; transição abrupta e cerosidade comum à moderada.
- IIBw 42-80 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 2,5/4, úmido); argilosa a muito argilosa, moderado à forte, médio e blocos subangulares, firme à friável, muito plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e cerosidade comum à moderada.

RAÍZES - Poucas em todo o perfil, com maior concentração no horizonte IIA.

OBSERVAÇÕES - Horizonte Bw com nódulos de ferro milimétricos.

PERFIL - T3



DESCRIÇÃO GERAL

DATA - 05/07/2005

CLASSIFICAÇÃO - **LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico**

UNIDADE DE MAPEAMENTO - LVd

LOCALIZAÇÃO - Descrito e coletado em trincheira na transeção do reflorestamento Iracema B.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL -

Trincheira situada no terço inferior da encosta ripária, com cerca de 10% de declividade e sob serrapilheira.

ALTITUDE - 604m

LITOLOGIA - Diabásio

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Serra Geral

PERÍODO - Jurássico/ Cretáceo

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto do intemperismo do diabásio.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso

ROCHOSIDADE - Não rochoso

RELEVO LOCAL - Suave ondulado

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado

EROSÃO - Não aparente

DRENAGEM - Boa

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Transição Mata Atlântica/Cerrado

USO ATUAL - Área de Preservação Permanente (APP) reflorestada

CLIMA - Cwa da classificação de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR - Miguel Cooper e Selene Castilho.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

SEDIMENTOS 0-7 cm; vermelho escuro (10R3/4, seco); média a argilosa, moderado, médio à pequeno e granular; friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta, e cerosidade ausente.

SEDIMENTOS 7-32 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR3/4 - matriz e 2,5YR3/6 - mistura, seco); argilosa, fraco, médio à pequeno e blocos subangulares; friável à muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta, e cerosidade ausente.

II A 32-52 cm; vermelho escuro (7,5YR3/4, seco); média, moderado a forte, médio e blocos angulares; friável à firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, e cerosidade ausente.

IIAB	52-63 cm; vermelho escuro (7,5YR4/4, seco); argilosa, moderado, pequenos à médio e blocos subangulares; friável à firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, e cerosidade ausente.
IIBw	63-100cm; vermelho escuro (5YR4/6, seco); argilosa, moderado, pequenos à médio e blocos subangulares; friável à firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, e cerosidade ausente.
IIBwg	100-120+ cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4-matriz e 5YR4/6 - mosqueado, seco); argilosa, fraco, médio à pequeno e blocos subangulares, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e cerosidade ausente.

RAÍZES - Abundantes, finas e médias no sedimento, horizontes inferiores com poucas raízes.

OBSERVAÇÕES - Formação de horizonte incipiente, A1 no topo do sedimento.

Sedimento vermelho 0-7cm sobre sedimento inferior (7-32cm) de cores brunadas e com seixos pequenos.

Horizonte IIA apresenta compactação, algumas manchas vermelhas e bastante areia fina.

Horizonte Bwg apresenta maior umidade, presenças de alguns carvões e áreas avermelhadas, presença poucos mosqueados.

Foram feitas tradagens no fundo da trincheira, sendo que a partir de 160cm existe a mudança para um horizonte mais cinzento, com características de processos de redução, evidenciados pela presença de mosqueados.

Anexo B – Análise química dos horizontes dos perfis de solo estudados

PERFIL	HORIZ	PROF. (m)	pH			SB	CTC	V	m
			H2O	KCl	CaCl2	mmolc/dm3	%		
T1 (LVd)	Sedim.	0-28	4,70	3,89	4,05	19,09	74,22	25,72	3,08
	IIA	28-57	4,59	3,82	4,03	20,78	59,45	34,96	2,07
	IIBw	57-112	5,24	4,42	4,71	23,87	49,15	48,57	0,93
T2 (LVd)	Sedim.	0-2	4,80	3,99	4,18	60,39	127	47,54	1,43
	IIBw	2 a 33	4,58	3,83	4,01	17	55,53	30,62	2,05
T3 (LVd)	Sedim.	0-7	4,46	3,89	4,09	33,76	73,94	45,65	1,42
	Sedim.	2 a 32	4,70	3,78	3,93	31,11	78,68	39,54	2,37
	IIBw	32-52	5,42	4,32	4,57	19,59	54,14	36,18	1,16
	IIBwg	100-120	4,49	3,75	3,90	28,64	122	23,47	9,88

PERFIL	HORIZ	H+Al	Al	K	Ca	Mg	S	P	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	B
		mmolc/dm3						mg/dm3								
T1 (LVd)	Sedim.	55,13	6,07	1,76	12,00	5,33	40,85	17,73	4,95	39,114	116,745	1,69	9,01	0,077	7,71	0,39
	IIA	38,66	4,40	0,41	14,00	6,37	32,09	19,25	5,67	55,008	108,78	1,33	10,6	0,077	9,32	0,33
	IIBw	25,28	2,23	0,20	17,33	6,33	20,20	2,57	2,69	15,243	17,0482	0,42	4,95	0,062	4,23	0,27
T2 (LVd)	Sedim.	66,64	8,77	2,72	45,33	12,33	50,04	37,80	5,09	89,943	187,259	3,59	9,24	0,087	7,87	0,84
	IIBw	38,53	3,57	0,67	11,33	5,00	17,27	6,65	6,09	44,379	99,2666	1,02	11	0,066	9,07	0,28
T3 (LVd)	Sedim.	40,19	3,6	1,20	24,67	7,89	29,17	15,67	4,62	60,778	110,372	2,84	8,45	0,055	7,11	0,46
	Sedim.	47,57	7,57	0,45	23,00	7,67	9,55	14,47	5,10	47,397	57,4862	1,03	9,07	0,053	7,75	0,37
	IIBw	34,55	2,30	0,26	13,33	6,00	11,43	13,18	5,95	57,654	97,4858	0,83	10,7	0,056	9,1	0,28
	IIBwg	93,36	31,4	0,31	24,00	4,33	102,62	0,47	2,46	14,996	1,08832	0,44	7,17	< LD	5,73	0,27

**Anexo C - Lista de espécies plantadas na Represa de Abastecimento
de Água do Município de Itacemópolis - SP**

FAMÍLIA	ESPÉCIES	NOME VULGAR
Acanthaceae	<i>Sanchesia nobilis</i>	
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Falsa aroeira
	<i>Spondias dulcis</i>	Cajamanga
Annonaceae	<i>Rollinia sucosa</i>	Araticum
Apocynaceae	<i>Aspidosperma olivaceum</i>	Peroba poca
	<i>A. ramiflorum</i>	Guatambú
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucaria
Arecaceae	<i>Arecastrum romanzoffianum</i>	Gerivá
	<i>Euterpe edulis</i>	Palmito doce
	<i>Euterpe oleraceae</i>	Açaí
	<i>Archantophoenix alexandrae</i>	Seaforteia
Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	Jacarandá mimoso
	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	Ipê amarelo
	<i>T. heptaphylla</i>	Ipê roxo
	<i>T. impetiginosa</i>	Ipê roxo
	<i>T. sp</i>	(Pantanal)
Bombacaceae	<i>Bombacopsis glabra</i>	
	<i>Seiba erianthos</i>	Samaúma
	<i>Chorisia speciosa</i>	Paineira
	<i>Paquira aquatica</i>	Monguba
	<i>Pseudobombax grandiflorum</i>	Embiruçu
Boraginaceae	<i>Cordia ecalyculata</i>	
	<i>C. mixa</i>	
	<i>C. superba</i>	
	<i>C. trichotoma</i>	

FAMÍLIA	ESPÉCIES	NOME VULGAR
Caesalpinaceae	<i>Bauhinia variegata</i>	Unha-de-vaca
	<i>Caesalpinia leiostachya</i>	Pau ferro
	<i>C. pelthophoroides</i>	Sibipiruna
	<i>Cassia bicapsularis</i>	Cássia
	<i>C. carnaval</i>	Cássia, canafistula
	<i>C. javanica</i>	Cássia javanesa
	<i>Copaifera langsdorfil</i>	Pau d'óleo
	<i>Holocalix balansae</i>	Alecrim de Campinas
	<i>Schyzolobium parahybum</i>	Guaparuvu
Caricaceae	<i>Jaracatia spinosa</i>	Jaracatiá
Celastraceae	<i>Maytenus gonoclados</i>	
Chrysobalanaceae	<i>Licania tomentosa</i>	Oiti
Ericaceae	<i>Rhododendron indicum</i>	Azaléia
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i>	Capixingui
	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	Flor-de-papagaio
Fabaceae	<i>Centrobium tomentosum</i>	Araribá
	<i>Dalbergia nigra</i>	Jacarandá da Bahia
	<i>Dalbergia variabilis</i>	Assapuva
	<i>Erythrina crista-galli</i>	
	<i>E. velutina</i>	Mulungu
	<i>E. verna</i>	Suinã
	<i>Lonchocarpus muehibergianus</i>	Embira de sapo
	<i>M. peruiferum</i>	Cabreuva vermelha
	<i>Plathymiscium floribundus</i>	Socambu
	<i>Poecilanthe parviflora</i>	Coração de negro
	<i>Pterocarpus violaceus</i>	Aldrago
	<i>Tipuana tipu</i>	Tipuana
Flacourtiaceae	<i>Casearia obliqua</i>	Chá de bugre
	<i>Caesaria sp.</i>	

FAMÍLIA	ESPÉCIES	NOME VULGAR
Lauraceae	<i>Cryptocaria moschata</i>	Canela-batalha
	<i>Ocotea pretiosa</i>	Canela sassafrás
	<i>O. puberula</i>	Canelinha
	<i>Ocotea sp.</i>	
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i>	Jequitibá branco
	<i>Cariniana legalis</i>	Jequitibá vermelho
Lythraceae	<i>Lafoensia glyptocarpa</i>	Mirindiba rosa
	<i>L. pacari</i>	Dedaleiro
Magnoliaceae	<i>Talauma obovata</i>	Talauma
Melastomataceae	<i>Tibouchina mutabilis</i>	Quaresmeira
	<i>T. sellowiana</i>	Manacá de serra
	<i>T. sp</i>	Jacatirão
	<i>T. sp</i>	Orelha de onça
Meliaceae	<i>Cedrella fissilis</i>	Cedro
	<i>Melia azedarah</i>	Santa Bárbara
Mimosaceae	<i>Inga affinis</i>	Ingá amarelo
	<i>Inga edulis</i>	Ingá mirim
	<i>Inga sessedelis</i>	Ingá ferradura
	<i>Inga sp</i>	Ingá gibola
	<i>Piptadenia colubrina</i>	Angico
	<i>P. gonocantha</i>	Pau jacaré
	<i>Pithecellobium edwalli</i>	
	<i>Pithecellobium sp</i>	Angico preto
Moraceae	<i>Chlorophora tinctoria</i>	Tauiva
	<i>Ficus benjamina</i>	Figueira
Myrsinaceae	<i>Rapanea ferruginea</i>	Capororoca
	<i>Rapanea umbellata</i>	Capororoca
Myrataceae	<i>Eugenia brasiliensis</i>	Grumixama
	<i>Eugenia uvalha</i>	Uvaia

FAMÍLIA	ESPÉCIES	NOME VULGAR
	<i>Campomanesia maschalanta</i>	Gabiroba
	<i>Paivaea langsdorfii</i>	Cambuci
	<i>Syzigium cumunil</i>	Jambolão
	<i>S. jambos</i>	Jambo-rosa
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i>	
Oleaceae	<i>Fraxinus americanus</i>	
Polygonaceae	<i>Triplaris surinamensis</i>	
Rhamnaceae	<i>Hovenia dulcis</i>	Uva japonesa
Rosaceae	<i>Prunus sellowii</i>	Amendoeira
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	Genipapo
	<i>Posoqueria latifolia</i>	Laranja de macaco
Rutaceae	<i>Balfourodendron riedeilianum</i>	
	<i>Esembeckia grandiflora</i>	
	<i>E. leiocarpa</i>	Guarantã
Salicaceae	<i>Salix babilonica</i>	Chorão
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i>	Sabão de soldado
Sapotaceae	<i>Manilkara sp</i>	Massaranduba
Tiliaceae	<i>Luehea divaricata</i>	Açoita-cavalo
Verbenaceae	<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pombeiro
	<i>Vitex polygama</i>	Tarumã
Vochysaceae	<i>Vochysia tucanorum</i>	Pau de vinho