

ANDERSON MENDES CHUEH

**ANÁLISE DO USO DO SOLO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO - SÃO JOSÉ DOS PINHAIS/PR, POR MEIO
DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA - DFC**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Geografia. Área de Concentração em Análise Ambiental. Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador:
Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos

CURITIBA
2004

"Ao meu pai que deixou este mundo sem poder participar totalmente desta conquista, e à minha filha Cecília, que veio para preencher a luz que havia se apagado, fazendo-me ver de forma concreta a inexorável ação do tempo no ciclo da vida."

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por mais esta etapa concluída em minha vida.

Ao Professor Doutor Leonardo José Cordeiro Santos, pela orientação e pela amizade sincera que estabelecemos durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Professor Irani dos Santos, pelo apoio amigo e pelos dados levantados junto ao Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza - CEHPAR.

Ao Professor Francisco Mendonça, pelo apoio e amizade.

Aos funcionários da Secretaria do Curso, especialmente ao Zem, pela dedicação e presteza que sempre me atenderam.

À amiga Tânia Lúcia G. de Miranda pela força e incentivo quando esta pesquisa ainda era apenas uma intenção.

Aos amigos Fabiano e Cláudia, pela demonstração de carinho e imprescindível ajuda, tanto na elaboração quanto no fornecimento de dados para o desenvolvimento da pesquisa.

À amiga Sônia B. do Amaral pelo apoio e valioso material cedido.

Aos queridos amigos Claudião e Janaína pelo apoio de maneira geral e irrestrita, e, Marciel pela demonstração de amizade e ajuda na elaboração de mapas.

Aos colegas Claudinei, Josemara e Simone pela ajuda e apoio na manipulação de dados em meio computacional.

À minha mãe que sempre acreditou em mim e também à minha querida esposa pelo carinho, dedicação, incentivo e paciência que teve durante o curso.

Enfim, a todas as pessoas que de maneira direta ou indireta contribuíram para a execução deste trabalho e conclusão do curso: muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE QUADROS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	01
2 DO AMBIENTE NATURAL AO ESPAÇO CONSTRUÍDO	04
2.1 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO.....	04
2.2 ASPECTOS FÍSICOS NATURAIS E USO DO SOLO.....	07
2.2.1 Geologia.....	07
2.2.2 Geomorfologia.....	10
2.2.3 Solos.....	11
2.2.4 Aspectos da Cobertura Vegetal Atual.....	16
2.2.5 Uso do Solo.....	20
2.3 O ESPAÇO CONSTRUÍDO.....	22
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
3.1 A ABORDAGEM SISTÊMICA.....	26
3.2 DEGRADAÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	28
3.2.1 Alterações no Uso do Solo.....	30
3.3 BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DE ESTUDOS REALIZADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO.....	33
4 METOLOGIA	39
4.1 APRESENTAÇÃO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA-DFC	39
4.1.1 Determinação dos Parâmetros Propostos na Fórmula Descritiva.....	42
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RESULTADOS	44
5.1 SETORIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO.....	44
5.2 OBTENÇÃO DOS ÍNDICES DOS PARÂMETROS PROPOSTOS NA FÓRMULA DESCRITIVA PARA A BACIA DO RIO PEQUENO.....	50
5.2.1 Determinação do Parâmetro Cobertura Vegetal Original (CO)	50
5.2.2 Determinação do Parâmetro Cobertura Vegetal Atual (CA)	55

5.2.3 Determinação do Parâmetro Declividade Média (DM).....	66
5.2.4 Determinação do Parâmetro Erosividade da Chuva (E).....	67
5.2.5 Determinação do Parâmetro Potencial Erosivo do Solo (PE).....	70
5.2.6 Determinação do Parâmetro Densidade de Drenagem (DD)	78
5.2.7 Determinação do Parâmetro Balanço Hídrico (BH).....	79
6 FÓRMULA DESCRITIVA FINAL.....	82
7 CÁLCULO DO VALOR DO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DA BACIA DO RIO PEQUENO.....	84
8 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA - DFC	86
8.1 CONFLITOS NO USO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO.....	88
8.2 PROPOSTA DE USO RACIONAL DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO.....	92
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da Área de Estudo.....	03
Figura 2 -	Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno (São José dos Pinhais - PR).....	06
Figura 3 -	Mapa das Formações Geológicas Predominantes na Bacia do Rio Pequeno.....	09
Figura 4 -	Mapa dos Solos Predominantes na Bacia do Rio Pequeno.....	15
Figura 5 -	Uso do Solo na Bacia do Rio Pequeno - maio/2000.....	20
Figura 6 -	Perfil Longitudinal do Rio Pequeno.....	44
Figura 7 -	Mapa Hipsométrico da Bacia do Rio Pequeno.....	45
Figura 8 -	Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno.....	46
Figura 9 -	Mapa dos Setores da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno.....	47
Figura 10 -	Mapa da Cobertura Vegetal Original da Bacia do Rio Pequeno...	52
Figura 11 -	Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno.....	56
Figura 12 -	Carta de Erosividade da Chuva do Rio Pequeno.....	69
Figura 13 -	Mapa das Classes do Potencial Erosivo da Bacia do Rio Pequeno.....	73
Figura 14 -	Representação da Equação da Reta dos Valores da Fórmula Descritiva, por Unidades de Risco de Erosão dos Setores da Bacia do Rio Pequeno.....	85
Figura 15 -	Mapa das Classes em Conflito no Uso do Rio Pequeno.....	91
Figura 16 -	Mapa do Uso Racional do Rio Pequeno.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classes de Solos.....	11
Tabela 2 -	Classificação sobre Mudança e Uso do Solo.....	31
Tabela 3 -	Classificação Quanto ao Grau de Semelhança Existente entre a Vegetação Atual e a Original.....	50
Tabela 4 -	Semelhanças entre a Cobertura Vegetal Atual e a Cobertura Original, nos Setores A, B e C.....	51
Tabela 5 -	Uso do Solo Atual da Bacia do Rio Pequeno.....	55
Tabela 6 -	Uso do Solo nos Setores A, B e C, e Dados Totais da Bacia do Rio Pequeno.....	57
Tabela 7 (a)	Tipo de Uso do Solo e o Respectivo Índice de Proteção do Solo, por Área de Cada Classe Agrupada do Setor A.....	64
Tabela 7 (b)	Tipo de Uso do Solo e o Respectivo Índice de Proteção do Solo, por Área de Cada Classe Agrupada do Setor B.....	64
Tabela 7 (c)	Tipo de Uso do Solo e o Respectivo Índice de Proteção do Solo, por Área de Cada Classe Agrupada do Setor C.....	65
Tabela 8 -	Índices e Símbolos de Proteção Total do Uso.....	65
Tabela 9 -	Índices e Símbolos Respectivos da Proteção Oferecido pelo Tipo de Uso do Solo, dos Setores A, B e C.....	65
Tabela 10 -	Classificação da Declividade Média dos Setores A, B e C.....	67
Tabela 11 -	Índices de Erosividade da Chuva (E) para a Bacia do Rio Pequeno.....	68
Tabela 12 -	Índices de Erosividade da Chuva (E) para os Setores A, B e C com os Respectivos Símbolos e Subíndices.....	68
Tabela 13 -	Fator de Erodibilidade dos Solos da Bacia do Rio Pequeno.....	71
Tabela 14 -	Matriz de Integração entre os Subíndices de Declividade e Suscetibilidade a Erosão para a Bacia do Rio Pequeno.....	71
Tabela 15 -	Escalonamento dos Índices do Potencial Erosivo.....	72
Tabela 16 -	Classes de Potencial Erosivo dos Solos da Bacia do Rio Pequeno.....	72

Tabela 17 -	Cálculo do Potencial Erosivo dos Solos por Setor.....	74
Tabela 18 -	Potencial Erosivo dos Solos por Setores e Respectivos Símbolos	75
Tabela 19 -	Valores da Densidade de Drenagem dos Setores A, B e C.....	79
Tabela 20 -	Balanço Hídrico da Bacia do Rio Pequeno - Período 1965/2000...	81
Tabela 21 -	Classificação do Balanço Hídrico por Setores e Respectivos Símbolos.....	81
Tabela 22 -	Unidades de Risco de Erosão por Setores da Bacia do Rio Pequeno.....	84
Tabela 23 -	Classes Conflitantes Totais e por Setores na Bacia do Rio Pequeno.....	90
Tabela 24 -	Classes Totais e por Setores do Uso Racional do Solo.....	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Adaptações feitas na Metodologia do DFC, proposta por Beltrame (1990).....	41
Quadro 2 -	Classificação do Tipo de Uso Quanto à Proteção Fornecida ao Solo.....	63
Quadro 3 -	Classes de Declividade, com Respective Índices e Símbolos Utilizados para a Bacia do Rio Pequeno.....	66
Quadro 4 -	Índices de Erosividade das Estações Pluviométricas de Influência para a Bacia do Rio Pequeno.....	68
Quadro 5 -	Classificação dos Valores de Densidade de Drenagem e Respective Símbolos.....	78
Quadro 6 -	Síntese dos Índices Obtidos em cada Parâmetro por Setor.....	83

RESUMO

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Pequeno, compreendida integralmente nos limites de São José dos Pinhais, entre as coordenadas 25° 27' e 25° 37' S e 48° 58' e 49° 12' W. Esta bacia encontra-se no limite da expansão da RMC - Região Metropolitana de Curitiba - e experimenta o conflito entre as possibilidades e necessidades de ocupação e uso do solo. Tendo como base esta necessidade, e buscando estabelecer parâmetros na exploração dos recursos naturais, com especial atenção ao solo e à água, tem se almejado estudos sistêmicos que possibilitem um diagnóstico ambiental integrado do meio físico. O objetivo principal deste trabalho é quantificar a degradação dos recursos naturais da bacia. Para isto, buscou-se apoio na metodologia denominada Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC), proposta por BELTRAME (1990), adaptada do Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT) e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR), ambos da Venezuela. A partir desta metodologia e de algumas adaptações obteve-se os índices para os parâmetros estipulados pela mesma, possibilitando uma análise quantitativa do potencial de degradação de cada setor. Como resultados finais, os setores A e B apresentaram igual valor - 46,875 unidades de risco de degradação física, demonstrando que estão sob as mesmas condições em termos de conservação física do ambiente. No entanto, para o setor B, deve-se ter uma atenção especial nas medidas conservacionistas, pois o uso do solo atual mostra que há intensificação do uso agropecuário, o qual vem avançando sobre os demais tipos e pode aumentar a degradação física naquela área. No setor C os resultados dos índices dos parâmetros demonstraram características distintas dos outros. Embora com índice menor que os demais, 34,375 unidades de riscos de erosão, foi o que apresentou alterações mais significativas na sua cobertura vegetal original, a qual foi substituída pelos tipos de uso agropecuário e por áreas urbanas, o que pode intensificar os impactos ambientais negativos, devendo estas alterações serem consideradas no planejamento e nas medidas conservacionistas a serem adotadas.

Palavras-chaves: bacia hidrográfica, uso do solo, degradação física, recursos naturais.

ABSTRACT

The study area is the hydrographic basin of the Pequeno river, understood integrally in the limits of São José of Pinhais, among the coordinates 25° 27' and 25° 37' S and 48°58' and 49°12' W. This basin meets in the limit of the expansion of RMC - Metropolitan Area of Curitiba - and it tries the conflict between the possibilities and occupation needs and use of the soil. Tends as base this need, and looking for to establish parameters in the exploration of the natural resources, with special attention to the soil and the water, it has been longing for systemic studies that facilitate an integrated environmental diagnosis of the physical middle. The main objective of this work is to quantify the degradation of the natural resources of the basin. For this, support was looked for in the methodology denominated Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC), proposed by BELTRAME (1990), adapted of the Interamerican Center of Development of Waters and Lands (ICDWL) and for the Ministry of the Atmosphere and of the Natural Renewed Resources (MANRR), both of Venezuela. Starting from this methodology and of some adaptations it was obtained the indexes for the parameters specified by the same, facilitating a quantitative analysis of the potential of degradation of each section. As final results, the sections A and B presented the same value - 46,875 units of risk of physical degradation, demonstrating that are under the same conditions in terms of physical conservation of the environment. However, for the section B, a special attention should be had in the preservation measured, because the use of the soil current exhibition that there is intensified by the agricultural use, which comes moving forward on the other types and it can increase the physical degradation in that area. In the section C the results of the indexes of the parameters demonstrated characteristics different from the other ones. Although with smaller index than the others, 34,375 units of erosion risks, it had more significant alterations in its original vegetable covering, which was substituted by the types of agricultural use and for urban areas, what can intensify the negative environmental impacts, owing these alterations be considered in the planning and in the preservation measured to be adopted.

Word-keys: hydrographic basin, soil used, physical degradation, natural resources.

1 INTRODUÇÃO

O uso do solo está relacionado diretamente à degradação do ambiente pelas ações antrópicas, tanto diretas quanto indiretas. Estas ações podem variar em grau de intensidade conforme a função que um determinado ambiente assume decorrente da apropriação dos seus recursos naturais, transformando-o em um espaço que demanda a sua exploração econômica, estabelecendo uma nova dinâmica na relação homem/natureza e gerando conseqüências no meio natural. Nesta relação do homem com a natureza, normalmente prioriza-se o fator socioeconômico em detrimento do ambiente físico.

Portanto, a exploração dos recursos naturais e suas conseqüências nos remete a uma grande discussão que abrange vários segmentos da sociedade civil. Este processo de apropriação e exploração ambiental demanda diagnósticos que contemplem as necessidades de se prevenir impactos ambientais considerados negativos, tanto para se evitar a degradação dos ambientes a serem explorados, quanto para minimizar as degradações já ocorridas, proporcionando subsídios técnicos no planejamento das ações mitigadoras.

Tendo como base esta necessidade, e buscando estabelecer parâmetros na exploração destes recursos, com especial atenção ao solo e à água, tem se buscado estudos sistêmicos que possibilitem um diagnóstico ambiental integrado do meio físico, pois só desta maneira adquirir-se-á um instrumento adequado, tanto para o entendimento quanto à manutenção do equilíbrio ambiental.

Sob esta perspectiva, a área de estudo escolhida para esta pesquisa é a bacia hidrográfica do rio Pequeno, localizada no Município de São José dos Pinhais, entre as coordenadas 25° 27' e 25° 37' de latitude sul e os meridianos 48° 58' e 49° 12' de longitude oeste (Figura 1). A escolha desta bacia justifica-se pelo fato de que a mesma encontra-se no limite da expansão da RMC - Região Metropolitana de Curitiba, e experimenta intenso conflito entre as possibilidades e necessidades de uso e ocupação do solo e as de manterem-se preservados seus recursos naturais, principalmente os hídricos, para que num futuro próximo sirva de fonte para o abastecimento de água à população. No entanto, um dos distritos industriais criados a pouco tempo no município de São José dos Pinhais, em que se encontra por exemplo, a fábrica de automóveis Renault do Brasil, está localizado na bacia do rio

Pequeno (COMEC, 1997), ficando claro a grande contradição entre a necessidade de preservação ambiental da bacia e a possibilidade prática de sua exploração econômica, desencadeando um processo de uso e parcelamento do solo desordenado, no qual o planejamento e zoneamento ambiental foram submetidos à lógica do capital.

Diante disto, o objetivo principal deste trabalho é buscar quantificar a degradação dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Pequeno. Para isto, buscou-se como instrumento de análise da degradação dos recursos naturais e do ambiente como um todo, apoio na metodologia proposta por BELTRAME (1994), adaptada do Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT), com sede na Venezuela, e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) também deste País, cuja denominação é Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC), que segundo esta autora, se propõe a diagnosticar a situação real em que se encontram os recursos naturais renováveis e determinar o potencial de degradação destes recursos naturais em um dado espaço geográfico, visando principalmente a manutenção dos recursos hídricos, solo e vegetação em bacias hidrográficas (p.13).

Seguem-se como objetivos específicos ou complementares: realizar o levantamento e avaliar as condições físicas da área, tais como a cobertura vegetal, aspectos climáticos, pedológicos, litológicos e geomorfológicos inerentes a metodologia proposta. Também serão realizadas a elaboração e a correlação entre os mapas e as tabelas destes temas com a declividade e hipsometria, para uma avaliação e setorização do estado físico da área de estudo. A partir destas informações, serão avaliadas as possibilidades dos resultados e conclusões desta metodologia proporcionarem suporte ao planejamento e zoneamento ambiental.

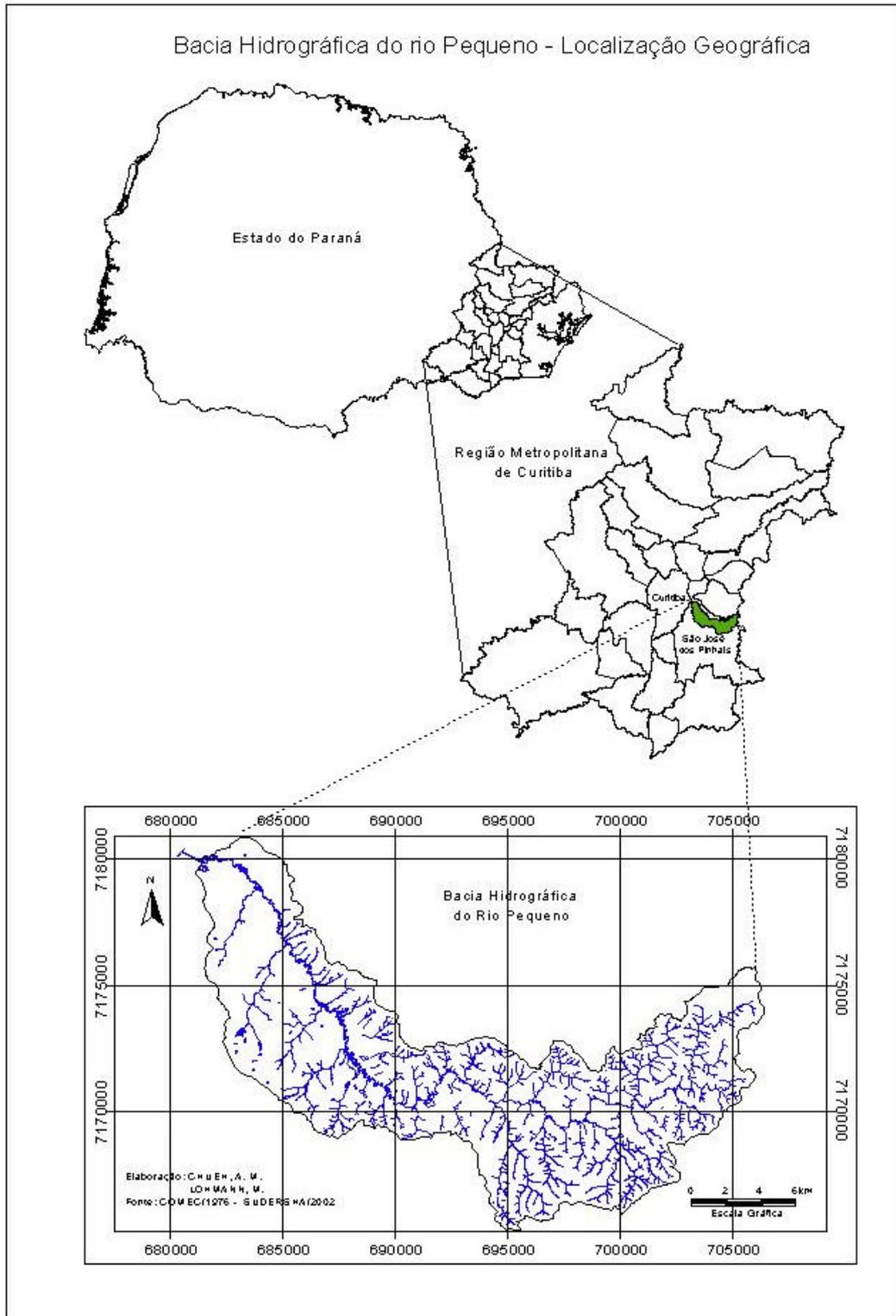


Figura 1: Localização da Área de Estudo

2 DO AMBIENTE NATURAL AO ESPAÇO CONSTRUÍDO

2.1 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO

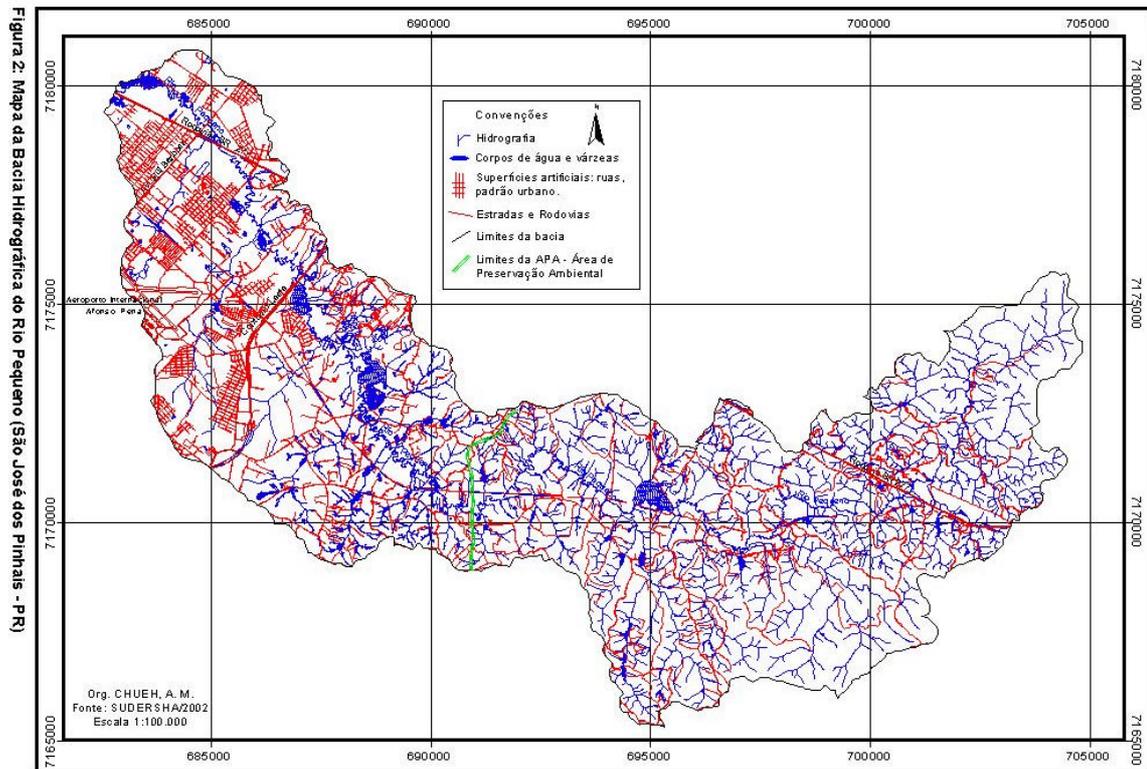
A escolha de uma bacia hidrográfica como unidade de estudo em uma pesquisa possibilita uma análise e interpretação das alterações físicas ambientais que auxiliarão nos diagnósticos e prognósticos do uso do solo, para o planejamento e zoneamento de uma área.

Esta categoria de análise espacial está consolidada de tal forma, que além das justificativas técnicas para sua aplicação, também sob o aspecto legal se considera a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, visto que a Lei das Águas nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, em seu Artigo 1º, inciso V, define que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O clima da região em que se localiza a bacia do rio Pequeno na classificação de Köppen é do tipo Cfb, isto é, "o clima é temperado propriamente dito, com temperaturas médias do mês mais quente em torno de 22°C. Nos meses mais frios as temperaturas mantêm-se em torno de 18°C (mesotérmicos). Chove o ano todo, com precipitações mensais superiores aos 60 mm, mesmo nos meses mais secos. De maneira geral, a umidade aumenta com a proximidade da Serra do Mar" (IAPAR,1994).

A bacia hidrográfica do rio Pequeno (Figura 02) apresenta uma área de drenagem em torno de 130 km², o seu rio principal é afluente da margem esquerda do rio Iguaçu, localizado no alto curso da bacia hidrográfica homônima - a maior do Estado do Paraná. Seus afluentes menores são os rios Purgatório e Charqueado, cujas nascentes aparecem junto à Serra do Mar e o rio Pequeno desenvolve-se em direção ao rio Iguaçu no sentido leste - oeste, sua maior parte está situada na Bacia Sedimentar de Curitiba, a qual é resultado de um represamento tectônico sofrido pelo rio Iguaçu durante o Pleistoceno (MAACK,1981). Tem como limites: ao norte a bacia do rio Itaquí, ao sul a bacia do rio Miringuava, a leste o relevo montanhoso da Serra do Mar e a oeste o rio Iguaçu. Essa bacia hidrográfica está localizada na região natural do Primeiro Planalto Paranaense, onde ao longo de sua borda, em

contato com as vertentes da Serra do Mar, nas altitudes entre 850 e 1,000 metros s. n. m., há uma área "representada pelo contato ou transição entre duas unidades fitogeográficas", ou seja, o Ecótono Floresta Ombrófila Mista / Floresta Ombrófila Densa (SEMA/2002).



2.2 ASPECTOS FÍSICOS NATURAIS E USO DO SOLO

2.2.1 Geologia

A bacia hidrográfica do rio Pequeno está sobreposta a duas unidades geológicas: ao complexo Granítico da Serra do Mar ou Complexo Gnaíssico-Migmatito, ou ainda, Complexo Cristalino que ocorre nas porções central e nordeste da bacia, formado principalmente por migmatitos associados com xistos magnesianos e gnaisses, mica-xistos, anfíbolitos, quartzitos e rochas metabásicas (ROCHA,1996, p.21), e à bacia sedimentar de Curitiba que é composta por rochas metamórficas e plutônicas formadas no pré-cambriano e recobertos com sedimentos do período Quaternário e rochas do Mesozóico. Esta bacia sedimentar, de acordo com MAACK (1968), foi definida como 'zona de eversão', caracterizada por um

relevo movimentado apresentando colinas alongadas e orientadas segundo a direção geral de bandeamento e xistosidade do substrato rochoso.

Deste contexto geológico mais amplo, foram apontados cinco grupos geológicos específicos na bacia do rio Pequeno (Figura 3), sendo: Aluviões atuais e Terraços aluvionares; Formação Guabirotuba; Complexo Gnáissico-Migmatitos e Complexo Granítico-Gnáissico (MINEROPAR,1994/SUDERHSA,2002).

Os aluviões são áreas de depósitos recentes de várzea, ocorridos no Holoceno. Os sedimentos depositados apresentam-se totalmente inconsolidados, originados e retrabalhados pela ação fluvial do rio Iguaçu e seus principais afluentes, entre eles o rio Pequeno, ocupando atualmente as áreas planas que configuram as várzeas dos mesmos e depositados em terraços, barras e ilhas junto à calha do rio principal e de seus afluentes maiores. Formados por argilas, argilas turfosas, siltes e areias que variam de finas a grosseiras, estão sobre os sedimentos do pleistoceno, são encontrados ao longo dos leitos dos cursos de água e ainda estão sofrendo processos de deposições de sedimentos (BIGARELLA e SALAMUNI, 1962).

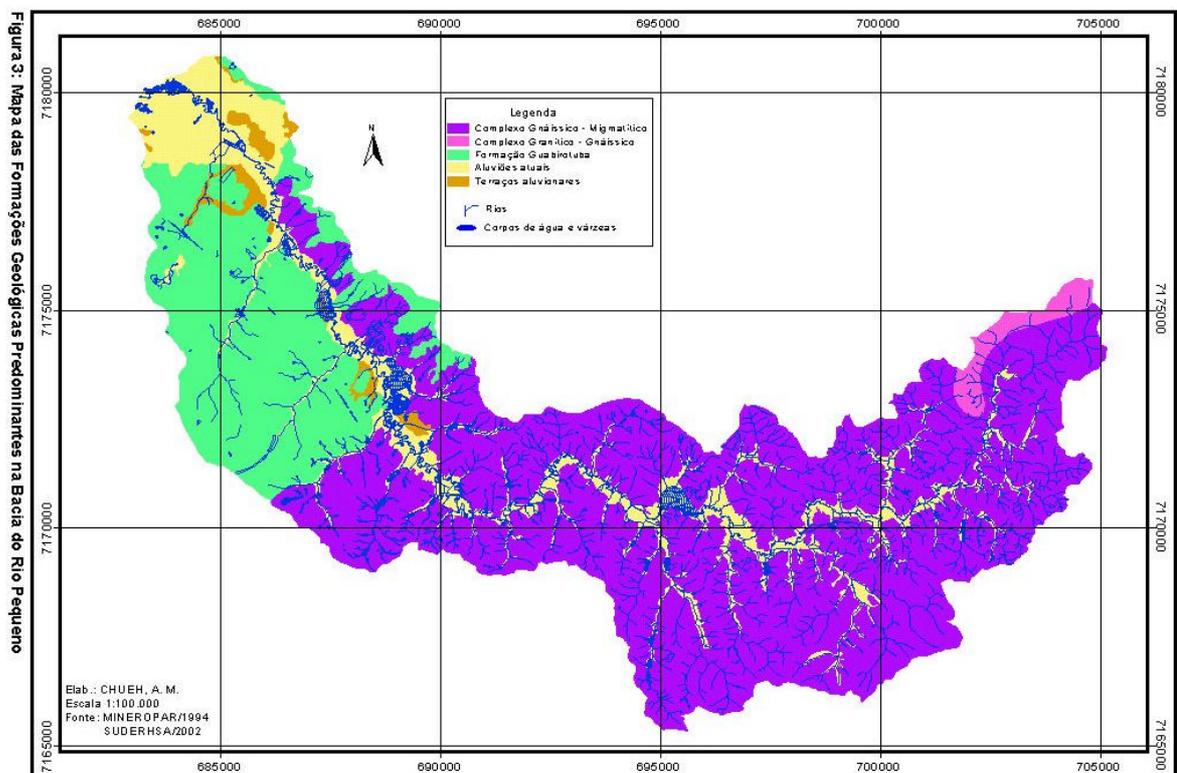
Os terraços podem ser definidos em dois agrupamentos distintos: aqueles esculpidos nos depósitos tidos como pleistocênicos, com aspecto genérico; e, os que se acham presentes nos sedimentos holocênicos, que podem ser considerados típicos, que na realidade, são os baixos terraços fluviais dos afluentes de cabeceira do rio Iguaçu (BIGARELLA e SALAMUNI, 1962). Estes últimos compreendem os Terraços aluvionares, presentes no baixo curso da bacia, e que estão depositados sobre a Formação Guabirotuba.

A Formação Guabirotuba é predominante em todo baixo curso da bacia, foi depositada em um ambiente propício ao surgimento de extensos leques aluvionais, marcados por canais meandrantos e de dimensões variadas, com circulação periódica de água, é composta por sedimentos argilosos, intercalados com arenitos feldspáticos de granulação média a grossa, com seixos de quartzo, blocos e até matacões confinados entre as camadas argilosas do período pleistocênico ou plio-pleistocênico, depositados em discordância sobre o cristalino (BIGARELLA e SALAMUNI, 1962). Os argilitos aparecem intercalados com arcósios e conglomerados de tons cinza ou cinza esverdeado, passando a um tom de cor avermelhada em função do intemperismo. A estratigrafia é pouco desenvolvida e são constituídos por minerais argilosos do grupo da caulinita.

A espessura da Formação Guabirota é muito variável, formando um pacote de sedimentos que oscila entre 60 a 80 metros, calcada sobre rochas gnáissicas decompostas em discordâncias angular (FUCK, 1976).

O grupo formado pelo embasamento cristalino do Complexo Gnáissico-Migmatito do Proterozóico Inferior, apresenta uma granulação variando entre média até muito fina, com migmatitos bandados com paleossoma de gnáisses anfibiolíticos e metamáficos e meta-ultramáficos; neossoma de composição quartzo-feldspática em injeções pegmatíticas, milonitos e blastomilonitos (SUDERSHA, 2002). Segundo ROCHA (1996, p.22), as rochas migmatíticas e gnáissico-graníticas, nas partes altas da bacia do rio Pequeno, encontram-se bastante intemperizadas pela ação climática da região, desenvolvendo um manto de alteração que pôde ser observado em poços cacimbas próximos aos afloramentos, com espessuras variando entre 3 a 10 metros.

Este grupo é predominante em todo alto e médio curso da bacia hidrográfica, com exceção de uma pequena área no alto curso, nas nascentes do rio Purgatório, onde ocorre a formação Complexo Granítico-Gnáissico do Proterozóico Inferior com gnáisses graníticos ou granodioritos (SUDERSHA, 2002).



2.2.2 Geomorfologia

A bacia hidrográfica do rio Pequeno, segundo MAACK (1981), situa-se na parte oriental do Planalto de Curitiba, no Primeiro Planalto Paranaense, em uma área de transição entre os domínios da Serra do Mar e aquele Planalto.

As áreas de maiores altitudes estão localizadas a leste - nordeste da bacia, nas encostas oeste da Serra do Mar, onde estão as nascentes dos afluentes do rio Pequeno, os rios Charqueado e Purgatório. São as áreas de maior declividade, normalmente superiores a 45° e com altitudes superiores a 1,000 metros, com vertentes curtas e vales em forma de 'V', com predominância das rochas do Grupo de Migmatitos, representados pelos embrechitos e granitos de anatexia.

A leste - sudeste, nos limites com a Serra do Mar, as colinas são dissecadas e elevadas, com alta declividade e também vales em forma de 'V' (TONETTI, 1993).

A parte central da bacia possui relevo mais suave, com amplas colinas arredondadas em forma de meia laranja e vertentes côncavo - convexas, com declividade mais branda e presença de depósitos aluvionares mais significativos (GUIMARÃES, 2000).

Nas porções centro-norte e centro-sul da bacia, ladeando os aluviões, as colinas são amplas com vertentes côncavo-convexas e topos amplos. A sudeste do médio curso da bacia, as colinas são médias, bastante dissecadas com vertentes curtas e íngremes.

No terço inferior, esta bacia é caracterizada a sudoeste pelas várzeas de inundação do rio Pequeno, por vertentes longas e de baixa declividade, a formação Guabirota aflora na forma de colinas suavemente arredondadas, e limita a planície de inundação do rio Pequeno com terraços fluviais aplainados, amplos interflúvios e largos depósitos aluvionares influenciados pela confluência com o rio Iguaçu (ROCHA, 1996), apresentando a menor densidade de drenagem em relação aos demais setores.

São características as vastas planícies aluvionares, que se estendem ao longo das margens do rio principal, são superfícies de agradação horizontalizadas que se estendem ao longo das margens dos rios Iguaçu e Pequeno, onde ocorrem também terraços fluviais e rampas de colúvios (PASSOS et al., 1998).

2.2.3 Solos

A distribuição dos tipos de solos e suas características morfológicas são fatores condicionantes importantes a serem considerados na análise integrada de um ambiente, pois a convenção que estabelece o uso e/ou parcelamento da terra, além de outras, está relacionada com a gênese e formação dos tipos de solo, o que permitirá estabelecer parâmetros para limitar ou não os seus diferentes usos.

Os solos verificados na bacia do rio Pequeno, organizados por SANTOS (2002), estão apresentados na tabela 01 e representados espacialmente na figura 4.

Tabela 1 - Classes de Solos

Tipologia	Descrição do tipos de solos	Tipologia*	Nomenclatura atual*
Ca	Cambissolo Álico	C	Cambissolo
Lva	Latossolo Vermelho-amarelo	LVA	Latossolo Vermelho-amarelo
Pva	Podzólico Vermelho-amarelo	PVA	Argissolo Vermelho-amarelo
HG/HO	Solos Hidromórficos / Orgânicos	G/O	Gleissolos / Organossolos
AR2	Afloramento de Rocha / Litólicos	R/L	Afloramento de Rocha/ Neossolo Litólico

FONTE: BOIKO; SANTOS; CHUEH (2000) * Nova classificação da EMBRAPA (1999)

De acordo com classificação da EMBRAPA (1999), as características morfológicas e o comportamento geral dos solos encontrados na bacia do rio Pequeno são:

Cambissolo, que normalmente é pouco desenvolvido ou raso, com horizonte B incipiente, variando de moderado a bem drenado. Ocorre em paisagens diversificadas e de forma descontínua sob várias coberturas vegetais, em quase todas as unidades de relevo, mas predominante nas topografias fortemente onduladas e montanhosas. Pode ocorrer também em superfícies planas de sedimentos aluviais recentes. Neste tipo de solo é comum a presença de alto teor de alumínio, tornando-o ácido e com baixas reservas de nutrientes às plantas. É pouco utilizado para agricultura, pois carece de correção dos elementos químicos e demanda cuidados no manejo quando presente em relevo forte ondulado, pois é mais susceptível à erosão.

Este tipo de solo é predominante no alto curso da bacia, onde foi delimitado o setor A, ocupando quase que toda sua área. Com áreas menos representativas no setor B, localizado no médio curso.

O Latossolo Vermelho-amarelo com matizes variando do vermelho para o amarelo (2,5 YR a 7,5 YR) e teores de sesquióxido de ferro entre 7 a 11% é um solo profundo, muito poroso e permeável, quando de textura argilosa varia de bem a acentuadamente drenado e quando de textura média varia de acentuado a fortemente drenado. Normalmente apresenta horizonte A bem desenvolvido, entre 10 a 60 cm, e horizonte Bw com estrutura granular de aspecto maciça *in situ* associada à estrutura moderadamente desenvolvida em blocos subangulares e horizontes B profundos, com espessuras superiores a 250 centímetros.

Outras características importantes destes solos são a ausência de minerais primários facilmente intemperizáveis, que constituem fonte de reserva potencial de nutrientes às plantas, os baixos teores de silte e a baixa relação silte/argila, também a pouca diferenciação entre os horizontes, torna a distinção pouco nítida devido à baixa variação das propriedades morfológicas e às transições amplas entre as mesmas. De maneira geral ocorrem nas áreas de relevo suave ondulado a praticamente plano, nas declividades que variam de 1 a 8 % favorecendo a mecanização. São solos mais resistentes à erosão pois possuem boas condições físicas e com poucos problemas de retenção de água, no entanto apresentam baixa fertilidade natural, mas isto não impede em ser considerado de uso adequado para a agricultura, face as técnicas que propiciam a correção dos elementos químicos necessários para a melhoria de sua fertilidade.

Este solo ocorre principalmente no baixo curso da bacia, onde foi definido o setor C, aparecendo também no médio curso, em áreas menores no setor B.

O Argissolo Vermelho-amarelo é constituído por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou E. Em geral ocorre nas encostas côncavas e plano-inclinadas das superfícies onduladas e forte onduladas, tem alta suscetibilidade à erosão devido a diferença textural entre os horizontes A e E (que são mais arenosos) e Bt (que é mais argiloso). A textura, atividade da argila e fertilidade natural são muito variáveis. As classes que ocorrem em ambientes mais secos e menos úmidos, em geral, apresentam solos com boas reservas de nutrientes e argila de atividade alta. É mais representativo no médio curso da bacia, nas áreas que abrangem o setor B, mas também pode ser visto no baixo curso da bacia, ocupando as áreas ao norte do setor C.

O Organossolo é constituído de materiais orgânicos produzidos pela vegetação hidrófila, a qual tem sua decomposição bioquímica retardada, devido às condições de encharcamento permanente e à conseqüente deficiência de oxigênio.

Este solo apresenta um horizonte superficial turfoso bastante espesso, de cor preta devido ao alto teor de carbono orgânico, com espessura superior a 40 cm e as camadas subseqüentes podem ser constituídas de restos de vegetais em vários graus de decomposição, ou de camadas arenosas e/ou argilosas gleisadas. Sempre é encontrado em áreas planas, normalmente em fundo de vales, possui baixa fertilidade e grandes limitações ao uso agrícola, devido ao excesso de água que impede a aeração e não permite o uso de máquinas e implementos agrícolas.

O Gleissolo é um solo mal ou muito mal drenado, no qual as características zonais determinadas pela ação do clima e vegetação não se desenvolvem integralmente, face a restrição imposta pela grande influência da água no solo; é caracterizado pelo acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superiores e fortes gleizações nos horizontes inferiores em decorrência do regime de umidade. Este tipo de solo compreende os solos minerais cujas características devem-se à grande influência do lençol freático na superfície ou próximo dela por longo período de tempo.

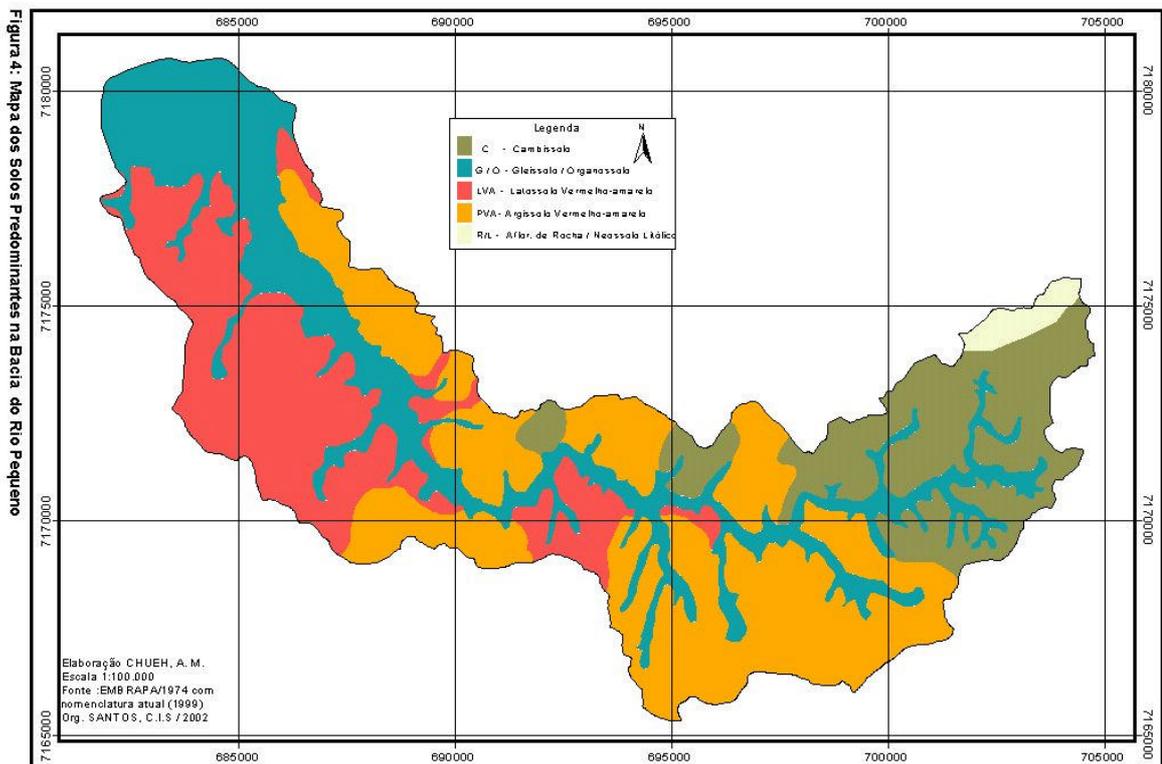
Os organossolo e gleissolo na bacia do rio Pequeno encontram-se espacialmente contíguos e apresentam semelhante grau de erodibilidade, sendo agrupados no mapa pedológico.

Estes solos ocorrem em toda a extensão da bacia, nos fundos de vales ao longo dos canais fluviais. São mais representativos no baixo curso da bacia, onde foi delimitado o setor C, especialmente na foz do rio Pequeno, diminuindo sua ocorrência, na medida que se ruma à montante do rio principal, mas presentes e também nos setores A e B.

O Neossolo Litólico é o solo com horizonte A ou O hístico com menos de 40 cm de espessura, assentado diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rochas em diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresenta um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo. Admite um horizonte B, em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

O Afloramento de Rocha é qualquer exposição natural de rochas na superfície. O neossolo lítólico e o afloramento de rocha na bacia do rio Pequeno foram agrupados no mapa pedológico por apresentarem semelhante grau de erodibilidade.

Estes solos ocorrem nas áreas de maiores altitudes, no alto curso da bacia, onde foi delimitado o setor A.



2.2.4 Aspectos da Cobertura Vegetal Atual

A cobertura vegetal da bacia do rio Pequeno, ao longo do tempo, tem apresentado variações da sua formação original, pois as alterações do uso do solo impresso nesta bacia, sobretudo nas três últimas décadas, são resultados das necessidades impostas ao ambiente em função de seu uso.

Nas margens do rio Pequeno e afluentes ocorre a formação Floresta Ombrófila Mista Aluvial, também conhecida como mata de galeria, ciliar ou ripária. Ocupa as áreas da formação geológica dos Aluviões atuais, podendo ser vista ao longo dos cursos de água que formam vales sujeitos a inundações periódicas, em

todo baixo curso e no médio curso nos fundos de vales planos, "em áreas de melhor drenagem, há maior diversidade e mistura de espécies que ocorrem na formação Montana" (SEMA/2002).

Essas florestas são formadas por agrupamentos de algumas espécies de árvores, adaptadas às condições edáficas especiais (solos freqüentemente cobertos pela água e com escoamento lento) sendo dominante o Branquilha (*Sebastiania klotzschiana*) que forma aproximadamente 60% a 80% da composição da vegetação, a Cortiqueira-do-brejo (*Erythrina crista-galli*) e o Açoita-cavalo (*Luechea divaricata*). Este tipo de formação é composta "por um pequeno número de árvores características de porte médio e que imprimem às mesmas um aspecto de grande homogeneidade" (p.20), com dossel de altura uniforme em torno de cinco metros e sub-bosque praticamente inexistente (KLEIN & HASTSCHBACH, 1962, p.8; 13).

As formações de maior porte predominam nas encostas que limitam com a Serra do Mar no alto curso da bacia até o curso médio. Embora no alto curso, nas porções mais elevadas com altitude média acima de 1,200 metros s. n. m., pode ser encontrada a Floresta Ombrófila Densa Altomontana que "é constituída por associações arbóreas simplificadas e de porte reduzido (3 a 7 metros de altura), regidas por condicionantes climáticas e pedológicas mais restritas ao desenvolvimento das árvores" (RODERJAN et al., 2000).

Na porção sudeste da bacia há a presença de uma área contínua de Floresta Ombrófila Mista Montana, que segundo GUIMARÃES (2000), quando observada em fotografias aéreas apresenta aspecto homogêneo, no entanto quando se verifica em campo, são vistos diferentes estágios de evolução ao longo da mesma e "são raros os fragmentos remanescentes de florestas primárias" (p.80).

Na porção nordeste, em direção às vertentes ocidentais da Serra do Mar, as formações presentes têm características da Floresta Ombrófila Mista Montana e da Floresta Ombrófila Densa Montana, "sendo possível observar uma zona de contato com miscigenação de espécies das duas formações, mas a predominância é das espécies da Ombrófila Mista" (GUIMARÃES, 2000, p.80).

Esta variação marca o "Ecótono Floresta Ombrófila Mista/Floresta Ombrófila Densa que é representado pelo contato ou transição entre essas duas unidades fitogeográficas, é observada ao longo da borda do primeiro planalto, em contato com a vertente oeste da Serra do Mar (entre 850 e 1000 m s. n. m)" (SEMA /2002).

À medida que se avança rumando de leste para oeste, entre o terço médio do alto curso seguindo para o médio curso da bacia, nota-se o desenvolvimento da Floresta Ombrófila Mista Montana ou Mata das Araucárias, mas os remanescentes desta formação vem diminuindo, face as alterações no uso do solo. A partir do terço inferior do alto curso e do médio curso em diante, seguindo em direção à foz do rio Pequeno, encontram-se capões isolados ou fragmentos destas formações em diversos estágios de desenvolvimento, apontando para as alterações ocorridas na cobertura vegetal. As fases da sucessão vegetal se intercalam entre a Fase Inicial da Sucessão e a Fase Intermediária da Sucessão, sendo que a primeira fase equivale à capoeira, onde o estrato arbóreo varia de 3 a 5 metros de altura, com baixa diversidade de espécies; a segunda, também pode ser denominada capoeirão, pois à medida que as plantas do sub-bosque se desenvolvem, a diversidade aumenta e se forma um segundo estrato arbóreo mais alto do que o primeiro (SEMA/2002).

Os capões não se diferenciam muito entre si, ou seja, entre os capões em formação e os mais desenvolvidos a diferença é que estes últimos apresentam em seu centro um desenvolvimento bem complexo, semelhante aos observados nos sub-bosques das matas de Araucária mais adiantadas. Destes capões, os que não sofreram forte interferência humana, apresentam densos agrupamentos de Pinheiro-do-Paraná (*Araucária angustifolia*), formando um dossel quase contínuo sobre as demais espécies (KLEIN & HASTSCHBACH, 1962, p.23).

À medida que se aproxima da foz, do terço inferior do médio curso em diante, as características originais da floresta ombrófila mista estão totalmente alteradas, prevalecendo as variações das fases de sucessão vegetal mencionadas anteriormente. Normalmente ladeados por campos, os capões apresentam composições distintas, variando em conformidade com o estágio de desenvolvimento e as condições edáficas. Nos capões em formação, a espécie mais importante é o Pinheiro-brabo (*Podocarpus lamberti*), principalmente nos capões localizados nas suaves ondulações do relevo ou em pequenas colinas, onde exemplares médios de Pinheiro-do-Paraná começam a disputar um espaço no dossel. Nas bordas destes capões, nota-se quase sempre o Pinheiro-brabo e a Aroeira (*Schinus terebinthifolius*). Nos capões situados nas baixadas e lugares úmidos encontram-se o Cambuí (*Myrceugenia euosma*), a Aroeira e a Cataia

(*Drimys brasiliensis*). As extensões dos capões mais próximos aos cursos de água, possuem em suas bordas o Cambará (*Moquinia polymorpha*) e o Carvalho Nacional (*Roupala brasiliensis*), ao lado de outras espécies características (KLEIN & HASTSCHBACH, 1962, p. 24).

As várzeas ou Formações Pioneiras com influência Fluvial (herbácea/arbustiva), em torno das florestas aluviais ao largo dos rios, são áreas planas e permanentemente alagadas, que funcionam como reguladoras do fluxo das águas dos rios para as terras contíguas no período das cheias. Desta forma, as várzeas são como reservatórios de contenção, sendo muito importantes à manutenção do equilíbrio hidrológico. Esta formação ocorre no baixo e médio curso, no alto curso abrange pequenas áreas dos fundos de vales em que a declividade favorece.

Nessas áreas, onde o solo encontra-se permanentemente saturado pela água, formam-se campos edáficos, constituídos principalmente por espécies seletivas e exclusivas dessas formações. Os campos edáficos ocorrem tanto nas planícies de inundação do rio Pequeno quanto nos lugares baixos e sujeitos à inundação periódica. As Ciperáceas e Gramíneas são as famílias mais comuns nesses locais, "conferindo uma grande uniformidade fitofisionômica, que se estendem por sobre uma larga área plana do Holoceno, cujos solos são formados por depósitos de várzeas" (p.13). As Ciperáceas são dominantes principalmente nos locais encharcados e com solos ácidos, normalmente as depressões, nascentes ou lugares brejosos. Nos baixios, onde águas estagnadas permanecem por mais tempo, notam-se agrupamentos de Caraguatá (KLEIN & HASTSCHBACH, 1962).

Entrando nos domínios do baixo curso da bacia, a cobertura vegetal toma outra feição, pois originalmente onde predominavam os Campos ou Estepes Gramíneo- Lenhosa, com relevo suave-ondulado, há atualmente a ocupação pelo uso agrícola e pela pecuária, entre outros.

Nas áreas em que as inundações são raras ou não ocorrem, estão presentes os campos naturais. Estes Campos ou Estepes Gramíneo - Lenhosa apresentam uma vegetação profundamente alterada, com um tapete gramináceo bastante ralo, que nos locais limpos, constantemente expostos a pastagens, o domínio é quase sempre da espécie *Paspalum notatum*, entremeadas por Carquejas (*Baccharis spp.*), se não houver pastoreio, é possível encontrar arbustos dispersos da família das Compostas. A pequena vegetação arbustiva que muitas vezes

acompanha os pequenos córregos incipientes é formada principalmente pela Congonha, também conhecida por Erva do Índio (*Citronella congonha*), que geralmente é a mais abundante nos campos próximos de Curitiba. Nos locais onde as águas fluem mais rapidamente, predominam as Gramíneas *Andropogon virgatus* e *Paspalum notatum* (KLEIN & HASTSCHBACH, 1962, p.12-15).

2.2.5 Uso do Solo

De maneira geral, observando o mapa de uso e ocupação do solo (Figura 5) pode-se dizer que houve uma intensificação do seu uso com equipamentos urbanos e loteamentos praticamente em todo terço inferior ou baixo curso da bacia, que configuram um padrão urbano, mesmo que por vezes em descontinuidade.

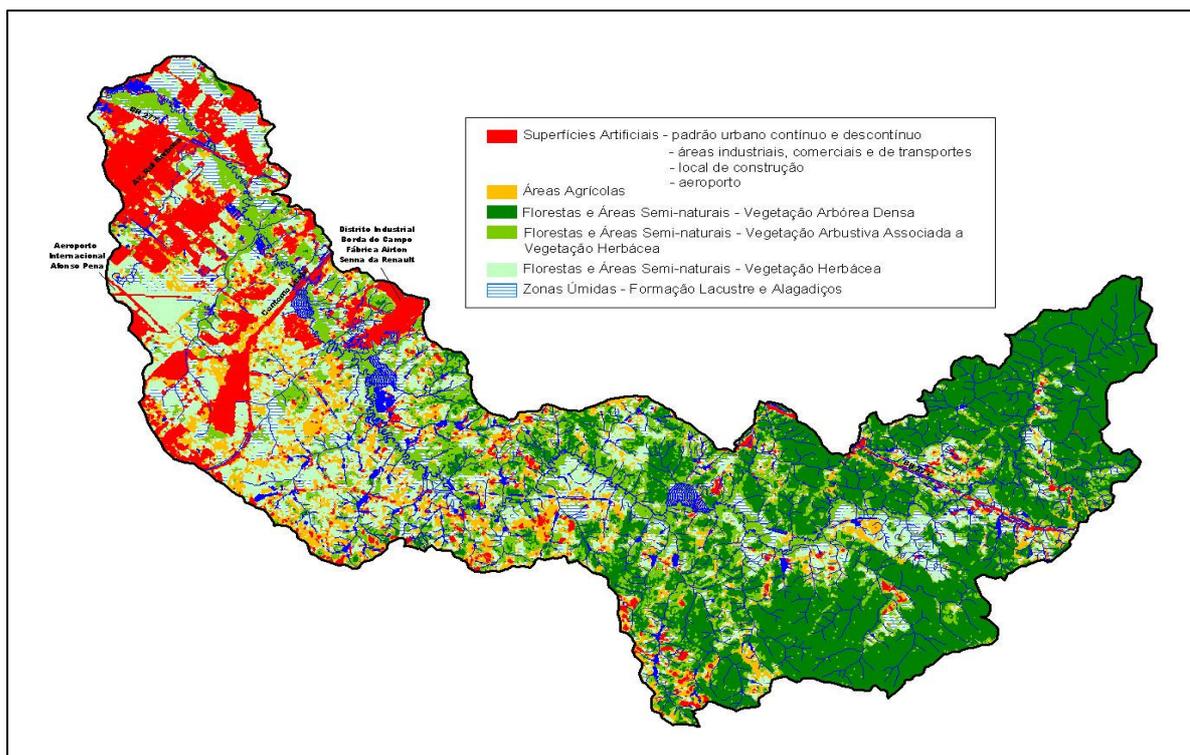


Figura 5: Uso do Solo na Bacia do Rio Pequeno - maio/2000 (AMARAL/2002)

Estas características são mais nítidas nas áreas próximas ao Aeroporto Afonso Pena e margeando as rodovias BR 277 e Contorno Leste, onde nota-se a presença mais acentuada de edificações e vias com características de um desenho da malha urbana, intensificando ainda mais o processo de urbanização na bacia.

As áreas de uso agrícola ou atividades agropecuárias estão espalhadas por boa parte da bacia, predominando em todo baixo curso da bacia, onde, embora apresente uma densidade de drenagem menor que em outros setores, este tipo de uso, em que o cultivo de lavouras e roçados predominam, pode trazer impactos negativos significativos ao ambiente, dada a intensividade da produção agrícola. A maioria da produção está voltada a culturas perenes, com ciclos curtos, em que destacam-se as produções de hortaliças.

As várzeas estão presentes ao longo do curso do rio principal da bacia, na maioria das vezes consorciada com a vegetação de pequeno porte ou arbustiva, associada à vegetação herbácea.

A vegetação de porte arbóreo e denso ocorre no leste, nas áreas mais próximas a Serra do Mar, nas cabeceiras de drenagem da bacia e também com uma mancha significativa a sudeste da mesma, apresentando-se mais ralhada na medida em que se desloca para o oeste, praticamente inexistente no terço inferior da bacia.

O uso do solo como área de preservação dos mananciais nesta bacia foi instituída pelo Decreto n.º. 1752 de 06 de maio de 1996, que em seu Artigo 1º está disposto da seguinte forma: "Fica instituída a Área de Proteção Ambiental na área de manancial da bacia hidrográfica do rio Pequeno, denominada APA Estadual do Pequeno, localizada no município de São José dos Pinhais, Estado do Paraná, com área aproximada de 6.200,00 ha (seis mil e duzentos hectares)". Esta preservação limita o uso do solo, estabelecendo um novo plano de manejo com um zoneamento ecológico - econômico.

Esta área abrange parte do médio curso até o alto curso da bacia, limitando a exploração dos recursos naturais e mantendo os recursos hídricos como reserva para o abastecimento de água. No entanto, na prática o que se nota, são alterações no uso do solo desta área que deveria ser mantida como de preservação, principalmente pelo uso agrícola e pecuária.

2.3 O ESPAÇO CONSTRUÍDO

As propostas para o desenvolvimento econômico do Brasil, por meio de programas de governos fomentando a industrialização e a agricultura intensiva no início da década de 70, motivaram e intensificaram o deslocamento populacional de determinadas áreas, pelas alterações no modo de produção, ou seja, os grandes centros urbanos se tornaram pólos de atração populacional, nos quais "as pessoas buscam melhores condições de vida" (DURHAN, 1973, p. 114).

A Cidade de Curitiba e Região Metropolitana - RMC¹ não ficaram alheias a esse evento. "Na década de 70, a Região Metropolitana de Curitiba se destacava por apresentar a mais alta taxa de crescimento da população, quando comparada às outras RM's do País, seja considerada apenas o pólo, seja tomando todo o conjunto de municípios. Essas taxas são explicadas pelo grande êxodo rural observado no Estado, à época" (ULTRAMARI & MOURA, 1994, p.23).

Entretanto, o processo de concentração populacional no entorno dos grandes centros urbanos caracterizou, principalmente na década de 1980, o fenômeno da metropolização do Brasil. Mas, é a partir da década de 90 que ocorreu a intensa expansão da Capital paranaense sobre os municípios vizinhos, originando uma estreita vinculação entre a dinâmica sócio-espacial desses municípios com o pólo. Porém, esta dinâmica sócio-espacial não é considerada pelas ações do planejamento urbano de Curitiba, ficando restrita somente ao plano territorial do Município de Curitiba (TREMARIN, 2001, p.149).

A desconsideração no planejamento da RMC como um todo, afeta diretamente os municípios do seu entorno, isto pode ser constatado em São José dos Pinhais, por exemplo no caso da instalação da fábrica de automóveis Renault do Brasil, cuja localização industrial pode gerar conflitos ambientais, em razão da escolha feita pelos grandes grupos econômicos e a aceitação por parte dos governos locais e estaduais em atenderem às demandas impostas, sob o risco do capital migrar para outras áreas (FIRKOWSKI, 1998).

¹ **N.E.:** A Região Metropolitana de Curitiba foi instituída pelo governo federal em 1973, pela Lei Complementar n.º 14, e era composta inicialmente por quatorze municípios. Atualmente é composta por vinte e cinco municípios.

O município de São José dos Pinhais, de acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal, originou-se a partir de um pequeno povoamento criado em função das notícias da descoberta de ouro em Paranaguá, em meados do século XVII. Em 27 de dezembro de 1897, pela Lei 259, foi elevado à categoria de cidade.

São José dos Pinhais está localizado na parte sul - sudeste da RMC, seu território com 952,8 Km² equivale a 10,6% da Região Metropolitana, e estende-se desde o rio Iguaçu, fronteira com Curitiba, até a vertente atlântica da Serra do Mar. "Atualmente é o segundo município em população dentro da RMC, atrás apenas do município-pólo. É a cidade que mantém ligações mais sólidas com a Capital, principalmente pela proximidade de ambas. A expansão urbana de Curitiba em direção à planície sul ultrapassou suas fronteiras e, estendendo-se sobre São José, acabou por interligar as duas malhas urbanas, num processo típico de conurbação" (PLANO DIRETOR DE DESENV. MUNICIPAL DE S. J. dos PINHAIS, 1990, p. 12).

É neste município da RMC que o processo de industrialização é mais intenso, pois, segundo FIRKOWSKI (1998, p. 100), os investimentos na RMC não se distribuem de forma equilibrada entre os 25 municípios. De modo geral, a grande concentração de capital se dá em apenas cinco deles, com São José dos Pinhais absorvendo 47,1% dos investimentos e 41% do total de empregos gerados na RMC, sendo o maior beneficiado com o processo de concentração industrial.

São José dos Pinhais passou por uma grande transformação nas últimas décadas, crescendo economicamente por causa da industrialização e acelerando a urbanização do município como um todo, resultando num aumento populacional significativo, principalmente da população concentrada na sede.

O crescimento industrial atraiu mais trabalhadores do que todo aparato da própria indústria, do comércio e do setor de prestação de serviços podiam absorver, gerando desemprego ou impulsionando muitos à economia informal ou ao subemprego. No bojo deste processo de transformação, também inúmeros problemas sociais afloraram, tais como a geração de um estado de miséria das pessoas atraídas que ficaram à margem desta transformação, levando a ocupações irregulares na periferia da cidade às margens dos rios Pequeno e Iguaçu, entre outros. As conseqüências deste processo de transformação se manifestam por meio das alterações sentidas diretamente no ambiente, seja pela alteração da cobertura

vegetal, caracterizado pelo desmatamento e pelo uso agrícola em áreas impróprias, seja pela poluição dos rios (LOBO & SCHIMIDT, 1996 apud AMARAL, 2002).

No período dos anos 80, grande parte da população da periferia vivia em casas alugadas e uma parcela cada vez mais significativa passou a ocupar terrenos próximos aos rios Pequeno e Iguazu, expondo-se ao risco de inundações. As moradias precárias e sub-habitações multiplicaram-se originando as primeiras favelas, os problemas decorrentes da falta de saneamento básico e falta de coleta de lixo começaram a ser sentidos tanto pela população local, quanto no ambiente. As regiões que mais cresceram neste período foram do bairro Afonso Pena e a região norte, próxima da BR 277, por onde passa o rio Pequeno. Estas regiões constituíram-se em uma nova cidade dentro da cidade, haja vista que o crescimento populacional e a instalação de equipamentos urbanos foram superiores nestas que em outras áreas do município, com ocupações irregulares que resultaram na degradação ambiental tais como desmatamento e a poluição gerada nas margens dos rios (LOBO & SCHIMIDT, 1996 apud AMARAL, 2002).

A década de 90, segundo AMARAL (2002), teve uma passagem marcante para São José dos Pinhais, particularmente no ano de 1996, pois foram concluídas as obras que transformaram o Aeroporto Afonso Pena, conferindo-lhe *status* de aeroporto internacional. Também ocorreu a escolha do município para sediar a Fábrica Montadora de Carros Renault, que foi instalada na região da Borda do Campo, sendo que estas duas obras estão localizadas na bacia do rio Pequeno.

Esta condição de pólo atrativo de investimento tem seus reflexos negativos na gestão ambiental dos recursos naturais deste município, em particular na bacia hidrográfica do rio Pequeno, haja vista que esta bacia, segundo o Plano Diretor de Abastecimento Público da RMC de 1992, é tido como um importante manancial para o abastecimento público de água, com previsão de uso a partir de 2004 (AMARAL, 2002, p. 63). Portanto, o equilíbrio ambiental é condição *sine qua non* na manutenção da higidez destes mananciais, fazendo-se necessária uma visão holística das relações existentes entre o ambiente e a maneira de explorá-lo, para que as transformações impostas pelo homem não propiciem impactos sócioambientais negativos.

Estes impactos são expressões das desigualdades inerentes à estrutura social imposta pelo modo de produção capitalista vigente que gera alterações físicas

ao ambiente. Quando vistas sob a ótica sistêmica, estas alterações podem desequilibrar o fluxo de energia, desregulando a entrada ou saída de matéria, desestruturando os elementos e impondo uma nova dinâmica nas suas relações, levando a um novo arranjo de seus componentes, que muitas vezes é consequência do uso do solo *in situ*, ou em áreas que atingem indiretamente aquele ambiente, quando integrado a um sistema ainda mais amplo.

Assim, um ambiente alterado pelo homem sofrerá impactos positivos ou negativos, e, naturalmente buscará o restabelecimento do equilíbrio no seu funcionamento sistêmico. Quando os impactos são negativos, acarretam consequências ao próprio agente transformador que se apropriou e alterou o ambiente, agregando valores aos recursos naturais, os quais, agora, não mais pertencem a um ambiente natural, mas é um espaço transformado, construído conforme os valores que lhe são impostos histórica e socialmente, apresentando estrutura e funcionalidade que variam de acordo com os interesses daquele momento histórico.

Esta estrutura é resultado de diretrizes e ações de planejamento, de acordo com SANTOS (1996), que direcionam os fluxos de capitais ora num sentido, ora noutro em um dado momento histórico, aliado ao conhecimento dos sistemas técnicos dão o entendimento do fato geográfico, que "em cada momento histórico os modos de fazer são diferentes, o trabalho humano vai tornando-se cada vez mais complexo exigindo mudanças correspondentes às inovações, as quais, por meio de técnicas substituem uma forma de trabalho por outra, de uma configuração territorial por outra, num estado permanente de mudança" (p.67).

As relações emaranhadas das partes se confundindo com o todo, se concretizam no espaço construído, abrangendo os aspectos sociais na análise espacial, entendendo que "o espaço seria um conjunto de objetos e de relações que se realizam sobre estes objetos; não entre estes especificamente, mas para as quais eles servem de intermediários. Os objetos ajudam a concretizar uma série de relações. O espaço é resultado da ação dos homens sobre o próprio espaço, intermediados pelos objetos, naturais e artificiais" (SANTOS, 1996, p.71).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A ABORDAGEM SISTÊMICA

A Teoria dos Sistemas aplicados à geografia em grande escala começou nos Estados Unidos nos anos de 1950 e 1960. Na década de 50, a Teoria dos sistemas foi aliada ao Método Quantitativo dentro da geografia. Isso só foi possível graças à aplicação também da Teoria dos Modelos, que resultou na aplicação de modelos matemáticos na análise dos componentes físicos do ambiente. Dando uma nova configuração aos estudos geográficos, completamente diferente da desenvolvida até então. Os resultados das aplicações dos estudos sistêmicos decorrentes em parte daquele movimento, hoje constituem-se como métodos de estudos aplicados à geografia (MENDONÇA 1989, p. 45-46).

A abordagem metodológica aplicada nesta pesquisa é norteada pela análise sistêmica, que segundo MENDONÇA (1989), pode ser definida como um conjunto de objetos ou atributos e suas relações, organizada de forma a executar uma função particular. Os sistemas podem ser classificados em isolados ou não isolados: os isolados são os que fecham em si mesmos um ciclo de atividades, por exemplo o ciclo de erosão apresentado por Davis no começo do século XX. Os sistemas não isolados são todos aqueles que mantêm relações com os demais, podendo ser fechados (p. ex. o ciclo hidrológico) e abertos (p. ex. morfológicos, em seqüência, processos - respostas, controlados, etc.).

Desta forma, a área de estudo foi considerada um sistema, cuja elaboração do diagnóstico ambiental integrado do meio físico aqui proposto permite esta análise, haja vista que a gênese do recorte espacial da área de estudo - uma bacia hidrográfica, a qual por si mesma pode ser considerada um sistema natural aberto ou um sistema ambiental.

Para CHRISTOFOLETTI (1999), os sistemas ambientais representam entidades organizadas na superfície terrestre, assim a espacialidade torna-se uma das suas características intrínsecas. A organização desses sistemas está ligada diretamente com a estruturação e funcionamento de seus elementos.

Nas citações de CHRISTOFOLETTI (1979), um sistema pode ser definido como o conjunto dos elementos e das relações e interações entre si e seus atributos, entretanto quando se define um sistema particular para se estudar, é importante lembrar que este não está isolado, mas funciona dentro de um ambiente e faz parte de um conjunto maior, o qual se encontra organizado em virtude das inter-relações entre as unidades, e o grau de organização destas permite que o conjunto assuma a função de um todo que é maior que a soma de suas partes.

Nessas definições deve-se considerar que os sistemas devem ter:

- elementos ou unidades - são as suas partes componentes;
- relações - os elementos integrantes dos sistemas encontram-se inter-relacionados, um dependendo do outro, por meio de ligações que denunciam os fluxos;
- atributos - são as qualidades que se atribuem aos elementos ou ao sistema, a fim de caracterizá-los. Conforme o sistema podemos selecionar algumas qualidades para melhor descrever as suas partes. Os atributos podem se referir ao comprimento, área, volume, características da composição, densidade dos fenômenos observados em outros;
- entrada (*input*) - é constituída por aquilo que o sistema recebe. Um rio recebe água e sedimentos fornecidos pelas vertentes, etc.;
- saída (*output*) - as entradas recebidas pelo sistema sofrem transformações em seu interior e, depois, são encaminhadas.

Afirma ainda este autor que na composição dos sistemas há outros aspectos importantes que devem ser abordados tais como a entrada e saída de matéria, a energia e a estrutura. Sendo que a matéria corresponde ao material a ser mobilizado por meio do sistema; a energia é representada pela força que desencadeia o seu funcionamento; e a estrutura é constituída pelos elementos e suas relações, expressa no arranjo de seus componentes.

3.2 DEGRADAÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS

Dois termos correntes nas discussões deste trabalho são degradação ambiental e impacto ambiental. Portanto, faz-se necessário esclarecer o contexto em que os mesmos são empregados, de maneira que admitiram-se as definições propostas por GUERRA e GUERRA (1997), em que:

Degradação ambiental: É a degradação do meio ambiente causada pela ação do homem, que na maioria das vezes, não respeita os limites impostos pela natureza. A degradação ambiental é mais ampla que a degradação dos solos, pois envolve não só a erosão dos solos, mas a extinção de espécies vegetais e animais, a poluição de nascentes, rios, lagos e bacias, o assoreamento e outros impactos prejudiciais ao meio ambiente e ao próprio homem (p.184).

Impacto ambiental: Expressão utilizada para caracterizar uma série de modificações causadas ao meio ambiente, influenciando na estabilidade dos ecossistemas. Os impactos ambientais podem ser negativos ou positivos, mas, nos dias de hoje, quando a expressão é empregada, já está implícito que os impactos são negativos. Os impactos podem comprometer a flora, fauna, rios, lagos, solos e a qualidade de vida do ser humano (p. 350).

Muitos processos naturais ocorrem no ambiente sem a intervenção humana, tais como formação dos solos, lixiviação, erosão, deslizamentos, modificações do regime hidrológico e da cobertura vegetal, etc., sendo que estas transformações não são reflexos da degradação ambiental, mas transformações decorrentes da dinâmica natural destes processos (GUERRA e CUNHA, 1996).

Agora, quando há a interferência do homem, em que ele é o principal agente transformador do ambiente, desmatando, plantando, construindo, ou seja, transformando o ambiente de maneira significativa, "estes processos, ditos naturais, tendem a ocorrer com maior intensidade, e nesse caso as conseqüências para a sociedade são quase desastrosas" (GUERRA e CUNHA, 1996, p. 344).

Exemplos disto puderam ser constatados nos deslizamentos ocorridos em Petrópolis (RJ) em 1988 e mais recentemente em Belo Horizonte (MG) no início de 2003, devido às fortes chuvas, em que várias pessoas morreram e a destruição das edificações e ruas próximas às áreas dos eventos foram completas, resultando em impactos sócioambientais negativos de grande expressão.

Também nas áreas rurais, onde atividades agropecuárias são desenvolvidas, os manejos com técnicas inadequadas neste tipo de uso do solo podem trazer alterações e degradações ambientais, haja vista que as limitações

impostas pelas características naturais muitas vezes não são consideradas na exploração destes sistemas ambientais, gerando conseqüências como o desenvolvimento de processos erosivos e assoreamento dos cursos de água.

A exploração dos recursos naturais ofertados pela natureza e presentes no ambiente, decorre da valoração a eles atribuídos. Assim, o conceito de recursos naturais é sensível ao contexto no qual está inserido e é utilizado. Os componentes existentes na superfície terrestre não surgem como recursos naturais apenas porque se encontram em um sistema natural. Passam a esta categoria quando ganham relevância em função da intervenção humana, pelo conhecimento de sua existência, pelo conhecimento de como pode ser tecnicamente explorado e pela sua integração a determinadas necessidades da sociedade (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 158).

A degradação ambiental ocorre em toda parte nos mais variados ambientes, com maior ou menor grau de intensidade, dependendo das técnicas utilizadas na exploração dos recursos naturais, e, da preocupação local na manutenção e conservação desses recursos (LIMA-E-SILVA; GUERRA; DUTRA; 1999, p.324).

As ações humanas que degradam o ambiente, muitas vezes são aceleradas pelas imposições inerentes ao modelo socioeconômico atual, que se apropria dos recursos naturais e vai expandindo e ampliando espacialmente as áreas de exploração destes recursos, gerando conseqüências negativas para o ambiente e para a sociedade.

Estes impactos sócioambientais, segundo GUERRA e CUNHA (1996), se apresentam em duas situações: na primeira, além do desmatamento para ocupação de novas terras, as áreas abandonadas dificilmente conseguirão recuperar por si mesmas as características e a biodiversidade que possuíam antes de serem exploradas; na segunda, fica sempre a possibilidade de ocorrer a poluição atmosférica, das águas superficiais, dos solos e do lençol freático, face o uso de produtos químicos, que além de contaminar o ambiente, contaminam os próprios alimentos produzidos. "Em ambas as situações é preciso enfatizar que, além do custo social e ecológico, nos próprios locais onde a degradação ocorre, existem também, os custos para pessoas e ambientes, que podem estar afastados das áreas atingidas, diretamente pela degradação" (p. 343).

De modo que as modificações na superfície de uma área podem trazer alterações nos processos do ciclo hidrológico terrestre, as quais são mais 'sentidas'

nas bacias com maior índice de urbanização, devido a concentração populacional exposta aos impactos negativos causados pelo desequilíbrio do ambiente, que se manifestará com outra forma no contexto sócioambiental. Por exemplo, as enchentes que atingem diretamente as populações ribeirinhas que residem em áreas impróprias para edificarem suas moradias, isto é consequência da falta de oportunidades proporcionada pelo modelo socioeconômico a que estão submetidas.

Assim, quando se contextualiza a problemática do desequilíbrio ambiental no âmbito social, a essência do seu tema se revela ser o mesmo já muitas vezes questionado, mas, vista por ângulos diferentes. Isto é, são abordadas na sua contingência, pois ela (a problemática) reside no fator cultural, na saúde (no sentido mais amplo), na educação, ou seja, é consequência do modelo de exploração econômico em voga, apresentando suas contradições.

Contudo, esta questão tomou proporções maiores após a consolidação do regime democrático no Brasil, em que as mazelas sofridas pelo ambiente puderam ser expostas e reclamadas pelas populações diretamente atingidas, em um primeiro momento pela organização das comunidades locais, posteriormente por outros segmentos da sociedade civil como as Organizações Não Governamentais (ONG's), firmando-se como conquista da sociedade, expressa na atual Constituição Federal do Brasil, resumida como 'essencial à sadia qualidade de vida' e se confirma numa problemática social que deve ser discutida por todos os segmentos da sociedade civil, e não restrita aos ambientalistas exclusivamente (CHUEH, 2000).

3.2.1 Alterações no Uso do Solo

Os estudos realizados para estabelecer ou restabelecer o equilíbrio em um ambiente natural estão diretamente ligados às ações antrópicas que promovem modificações em função do uso do solo, portanto, estas ações devem ser desempenhadas sempre buscando os menores efeitos dos impactos sócioambientais.

Para tanto, os planejamentos e os manejos ambientais podem ser entendidos como a execução de atividades ou ações para dirigir e controlar a coleta,

a transformação, a distribuição e a disposição dos recursos naturais de maneira capaz de sustentar as atividades humanas com um mínimo de distúrbios nos processos sócioambientais (BALDWIN apud CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 162).

O tipo de uso do solo vai determinar as alterações na superfície de uma área, apontando os efeitos impactantes que podem causar desequilíbrios ambientais sob o ponto de vista hidrológico. TUCCI e CLARKE (1998, p.39) propõem características e classificações dos tipos de alterações que podem ocorrer na superfície de uma bacia hidrográfica. "As alterações sobre uso e manejo do solo da bacia podem ser classificadas quanto: (i) ao tipo de mudança; (ii) ao tipo de uso da superfície ou; (iii) a forma de alteração da superfície".

Na tabela 2 estão apresentadas as principais classificações.

Tabela 2 - Classificação Sobre Mudança e Uso do Solo

Classificação	Tipo
Mudança da superfície	<ul style="list-style-type: none"> • Desmatamento • Reflorestamento
O uso da superfície	<ul style="list-style-type: none"> • Urbanização • Reflorestamento para exploração sistemática • Culturas agrícolas: de subsistência; anuais; permanentes
Método de alteração	<ul style="list-style-type: none"> • Queimada • Manual • Equipamentos

FONTE: (TUCCI ; CLARKE (1998, p.39)

A urbanização e a impermeabilização da bacia têm vários efeitos sobre o ciclo hidrológico. Alguns deles podem ser vistos no aumento do escoamento médio superficial, aumentando as enchentes; na redução da evaporação e do escoamento subterrâneo; na maior produção de sedimentos; na degradação da qualidade da água dos rios e contaminações dos aquíferos (TUCCI ; CLARKE, 1998, p.39).

Todavia, os impactos negativos decorrentes das alterações nas bacias hidrográficas com características agrícolas ou de preservação (p. ex. áreas de mananciais) mais distantes das cidades, ou menos urbanizadas não são menores quando estão em desequilíbrio, muitas vezes estão mascaradas pela distância e/ou pela inacessibilidade em função de outros fatores. Porém, mais cedo ou mais tarde o sistema natural responde às ações que o degradam expondo suas contaminações, seja por produtos tóxicos nos cursos dos rios por meio de agrotóxicos e/ou resíduos industriais, seja na degradação física manifestada pela aceleração dos processos

erosivos e assoreamento dos cursos de água, devido aos desmatamentos e/ou as práticas agrícolas com técnicas incorretas.

O desmatamento é um termo geral para diferentes mudanças de cobertura em relação à mata natural. Este tipo de modificação na cobertura do solo altera as condições de equilíbrio do ambiente, pois a retirada da floresta altera os fluxos envolvidos no ciclo hidrológico, ocorrendo o seguinte:

- aumento do albedo. A floresta absorve maior onda curta e reflete menos;
- maiores flutuações da temperatura e *déficit* de tensão de vapor das superfícies das áreas desmatadas;
- volume evaporado é menor devido a redução da interceptação vegetal pela retirada da vegetação;
- menor variabilidade da umidade das camadas profundas do solo, a floresta pode retirar umidade de profundidades superiores a 3,6 m enquanto que a vegetação rasteira como pasto age sobre profundidades de cerca de 20 cm. (BRUJINZEEL, 1990; SAHIN; HALL, 1996 apud TUCCI; CLARKE, 1998, p.42).

Das alterações provocadas no ambiente, pode-se estabelecer uma relação de equilíbrio ambiental local com uma problemática ainda maior, pois os procedimentos técnicos do modo de produção no atual contexto socioeconômico podem ser nocivos ou sustentar-se harmoniosamente com o ambiente, o qual comporta-se nesta relação conforme o trato e manejo que lhe é dispensado.

Segundo HIBBERT, 1961 apud ODUM, 1988, o desmatamento das vertentes aumentará a disponibilidade de água nos vales, mas deteriorando a qualidade da água, limitando a exploração dos recursos naturais e diminuindo a capacidade de regeneração atmosférica da bacia hidrográfica. "As perdas de nutrientes das bacias hidrográficas florestadas não-perturbadas, nas cabeceiras dos rios, são pequenas e, geralmente, repostas pela chuva e pelo intemperismo " (p.125).

As alterações decorrentes das transformações dos tipos de uso do solo são essenciais na manutenção do equilíbrio ambiental, principalmente na preservação dos recursos hídricos e dos solos, que muitas vezes podem ser planejadas minimizando os impactos negativos, por meio de ações relativamente simples e de uma exploração menos agressiva. Por exemplo, preservar as áreas de mananciais, dos entornos dos rios e nascentes, deixando suas matas ciliares intactas, o que diminuirá a erosão dos solos nessas áreas e também possibilitará refúgio à fauna.

3.3 BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DE ESTUDOS REALIZADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO

As práticas danosas ao ambiente que outrora não despertavam interesses no âmbito social, agora diante da limitação quanto à exploração dos recursos naturais, especialmente a água, torna-se assunto emergente em vários segmentos da sociedade civil, e a Universidade Federal do Paraná traz sua contribuição por meio de estudos e pesquisas acadêmicas que podem dar suporte ao entendimento e planejamento no manejo da exploração destes recursos.

Em uma breve síntese, cabe ressaltar que a bacia do rio Pequeno já foi palco de estudos de alguns trabalhos e pesquisas acadêmicas desenvolvidas na Universidade Federal do Paraná. Dentre estes, tem-se:

ROCHA² (1996), em que a autora analisa o potencial de exploração das águas subterrâneas desta bacia hidrográfica, considerando as características hidrogeológicas e geoquímicas dos depósitos aluvionares lá existentes.

Segundo a autora, embora os depósitos aluvionares desta bacia hidrográfica se apresentem bastante alterados pela extração de material arenoso, "a existência de trechos relativamente extensos da planície, ainda não atingidos pela mineração, reforçou a idéia de que a mesma poderia ter utilidade como reserva estratégica de água para a região de Curitiba" (p. 54).

Nas suas conclusões, além das considerações técnicas, a autora afirma que: "Esta discussão acerca do grau de degradação do aquífero aluvionar e a proposição de um projeto alternativo de recuperação será a grande contribuição deste estudo" (p.152), objetivando a melhoria das condições sociais e a qualidade de vida da população.

De maneira geral, o estudo revelou que apesar da degradação ambiental presente ocasionada pela extração de material arenoso originando as cavas e limitando a exploração das águas subterrâneas, as cavas, por suas características hidrogeológicas e geoquímicas, podem servir como reservatório de água complementar ao abastecimento público da cidade de Curitiba (ROCHA, 1996).

² **N.E.:** Consultar ROCHA, A. L. - Caracterização Ambiental, Hidrológica e Geoquímica dos Depósitos Aluvionares da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno - Região Metropolitana de Curitiba, 1996. Dissertação de Mestrado - Área de Concentração Geologia Ambiental da Universidade Federal do Paraná.

Outro trabalho desenvolvido por CHUEH³ (2000), aborda o uso e ocupação do solo sob a ótica da legislação ambiental nas Áreas de Preservação Permanente, usando os parâmetros legais especificados nos Art. 2º e 10º da Lei 4.771/65 - Código Florestal Brasileiro.

O autor fez uma análise integrada, por meio de mapas e tabelas, entre as APP's. - Áreas de Preservação Permanentes determinadas pela lei e o uso e ocupação efetivo do solo. Comparando as áreas que representavam o ideal preconizado legalmente e as áreas que representavam o uso/ocupação do solo nesta bacia hidrográfica, concluindo que, embora existindo um alto índice de preservação (95,19%) das Áreas de Preservação Permanente, isso não significou que era em função da conscientização dos proprietários da necessidade de se manter as áreas de preservação. "Esta situação mascara a realidade do elevado índice de preservação das APP's., pois este elevado grau de áreas de preservação não reflete necessariamente a preocupação de preservação ambiental ou uma consciência adequada no cumprimento das normas ambientais legais. Mas, reproduz a condição geral da bacia, a qual pode ser explicada por diversos fatores, que não são os legais" (CHUEH, 2000, p. 43).

O autor exemplifica com a hipótese da funcionalidade da área em que está inserida a bacia hidrográfica, que no contexto socioeconômico não tinha importância para o acúmulo e reprodução do capital, assim não demandava alterações significativas no uso e parcelamento do solo para suprir as necessidades deste capital. Entretanto, com a saturação das áreas que instrumentalizavam a dinâmica do capital e, portanto, passíveis de serem exploradas, esta bacia assume uma nova função no desenvolvimento da configuração espacial da RMC, sentindo os efeitos das alterações decorrentes das ações antrópicas desordenadas.

A pesquisa realizada por GUIMARÃES⁴ (2000) teve por objetivo determinar a magnitude das mudanças ocorridas no regime hidrológico, principalmente sobre a vazão do rio principal, o balanço hídrico e seus componentes num período de tempo entre 1952 e 1997 na bacia hidrográfica do rio Pequeno.

³ **N.E.:** Consultar CHUEH, A. M. - Legislação Ambiental e Meio Ambiente na Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno: situação atual e possibilidades. Curitiba, 2000. Monografia (Conclusão de Curso) - Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

⁴ **N.E.:** Consultar GUIMARÃES, J. L. B. - Estudo da Relação entre a Ocupação do Solo e Comportamento Hidrológico na Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno - São José dos Pinhais - PR. Curitiba, 2000. Dissertação de Mestrado - Área de Concentração Conservação da Natureza - Setor de Ciências Agrárias, UFPR.

A análise identificou as principais alterações de uso do solo, as quais foram mapeadas e que poderiam estar relacionadas a um possível incremento nas vazões máximas do rio Pequeno e determinadas por meio de análises temporais de vazão e precipitações, estas correlações foram apoiadas em dados estatísticos.

"A análise da evolução do uso do solo no período 1953 - 1996 apontou um aumento significativo na área urbana, se levarmos em conta que em 1953 a ocupação urbana era inexpressiva na bacia (0,05 % da área total) e em 1996 ela corresponde a 8,59 da área total da mesma. A isto soma-se o agravante das áreas urbanas nesta bacia do Pequeno encontrarem-se principalmente no terço inferior, área sujeita à ocorrência de enchentes" (GUIMARÃES, 2000, p. 173).

Outro trabalho realizado na bacia do rio Pequeno, foi o de BOIKO⁵ (2000), que tratou da análise de fragilidade ambiental por meio da determinação da fragilidade potencial, proposta por ROSS (1991), cuja metodologia relaciona o relevo com o quadro natural, baseado na geomorfologia, considerando as componentes naturais interdependentes (clima, solo, vegetação), buscando o entendimento da dinâmica dessas componentes na paisagem que estão em equilíbrio, portanto a fragilidade potencial representa a possibilidade deste equilíbrio ser rompido. Assim, a autora elaborou um mapeamento preliminar da fragilidade potencial e emergente nesta bacia, integrando a análise dos elementos do meio físico e das ações antrópicas quanto ao uso do solo, por meio de ferramentas de geoprocessamento com vistas a melhorar o ordenamento territorial e o manejo dos recursos naturais.

Segundo a autora, os resultados da pesquisa quanto ao emprego desta metodologia foram satisfatórios para análise e planejamento territorial da bacia hidrográfica, pois fornece subsídios que favorecem a interpretação dos fatores naturais - fragilidade potencial - e dos problemas ambientais - fragilidade emergente. Assim, a autora classificou 76% da área da bacia com fragilidade potencial entre média e muito alta, indicando uma área potencialmente muito frágil. O índice de fragilidade emergente média aparece em 54,8% da área da bacia, principalmente no baixo e alto curso, isto denota que já vem ocorrendo alterações significativas em alguns setores desta bacia.

⁵ **N.E.:** Consultar BOIKO, J. D. - Mapeamento Preliminar da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno, RMC de Curitiba. Curitiba, 2000. Monografia (Conclusão de Curso) Dep. de Geografia, Setor Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

A metodologia aplicada mostrou-se um instrumento de análise ambiental satisfatório " podendo ser utilizado para planejar e diagnosticar os problemas atuais e futuros, bem como promover condições ambientalmente corretas de uso e ocupação da bacia" (BOIKO, 2000, p.62).

Em outra pesquisa feita por SANTOS⁶ (2001), o autor apresentou alternativas para subsidiar o zoneamento e o planejamento ambiental baseado na modelagem de alguns processos geobiohidrológicos na bacia hidrográfica do rio Pequeno. Segundo o autor, foram empregados dois modelos distribuídos de base física, um hidrológico e outro geomorfológico.

Sendo que o primeiro pressupõe que a dinâmica da água é influenciada pelas características do solo e do relevo de toda bacia contribuinte, fornecendo como resultado, além da vazão do rio, a distribuição espacial da umidade no sistema (zonas saturadas e áreas secas) ao longo do tempo. O modelo geomorfológico pressupõe que a evolução do relevo está intimamente ligada à dinâmica da água na bacia, sendo que a determinação de onde e quando acontecem os diferentes processos erosivos depende do conhecimento das propriedades hidráulicas e mecânicas do solo, das características do relevo e dos processos hidrológicos. A partir destes dois modelos foram gerados mapas das áreas saturadas e dos processos erosivos, que foram analisados considerando o uso do solo e as áreas de preservação permanente de mata ciliar.

"Os modelos utilizados mostram grande potencial de aplicabilidade no planejamento ambiental, pois permitem discutir e orientar as ações antrópicas sobre o meio físico com base no entendimento dos processos naturais. Portanto são ferramentas de grande utilidade prática para o diagnóstico e análise ambiental, bem como para subsidiar projetos de ordenamento territorial" (SANTOS, 2001, p.82).

No trabalho realizado por SANTOS⁷ (2002), esta autora buscou demonstrar a perda de solo por erosão hídrica na bacia do rio Pequeno, considerando as características do meio físico (clima, relevo, tipos de solos), associada ao uso e ocupação do solo e das práticas conservacionistas desta área. Para isto, a autora

⁶ **N.E.:** Consultar SANTOS, Irani dos - Modelagem Geobiohidrológica como ferramenta no planejamento Ambiental: Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno - São José dos Pinhais/Pr. Curitiba, 2001. Dissertação de Mestrado - Área de Concentração Ciência do Solo - Setor de Ciências Agrárias, UFPR.

⁷ **N.E.:** Consultar SANTOS, C. I. S. dos - Avaliação de Perdas de Solo por Erosão Hídrica na Bacia do Rio Pequeno - São José dos Pinhais/Pr. Curitiba, 2002. Monografia (Conclusão de Curso) - Dep. de Geografia, Setor de Ciências da Terra, UFPR.

aplicou o método USLE (Equação Universal de Perdas de Solo), que é um modelo matemático que possibilita quantificar a perda de solo por erosão hídrica.

Este modelo é compatível com a ferramenta computacional SIG - Sistema de Informações Geográficas, o que facilita simulações," visto que ele oferece dados quantitativos e permite a comparação dos resultados com outras pesquisas, aplicando dados estatísticos com variáveis e produtos" (SANTOS, 2002, p.12).

Conforme a autora, esta bacia hidrográfica apresenta um potencial de perdas de solo entre baixo (12,92 %) e muito baixo (67,05 %), ou seja, estas duas classes representam 79,97 % da área total. Os maiores índices de perdas de solos apresentam-se nas porções do curso superior e médio da bacia.

A facilidade apresentada pelo método aplicado foi proporcionado pelo uso de um SIG, pois assim foi possível "a análise integrada e detalhada de um grande volume de dados, a criação de um banco de dados espaciais da área de estudo e a facilidade de futura atualização e revisão do estudo a partir da incorporação de novas informações ou avanços metodológicos" (SANTOS, 2002, p. 65).

O trabalho apresentado por AMARAL⁸ (2002) analisou a relação entre o uso e ocupação do solo e a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Pequeno.

Sob a ótica da análise sistêmica e apoiada em técnicas computacionais de geoprocessamento, a autora considerou os tipos de poluição que afetam os rios desta bacia, relacionando-os com os tipos de uso-ocupação do solo (espacial) em uma análise sócio-espacial evolutiva (temporal) e suas interferências na qualidade da água. Segundo a autora, houve grandes alterações no uso - ocupação do solo ao longo de sua análise têmporo - espacial, com alteração da atividade predominante que era a agrícola, a qual somada a outras atividades tem refletido na qualidade da água da bacia.

Nas suas conclusões, a autora aponta o processo de urbanização desordenada como o fator mais prejudicial a esta bacia hidrográfica, pois sem infra estrutura adequada as ações decorrentes deste processo vão se desenvolvendo e contaminando o ambiente como um todo, em que os impactos negativos são observados com maior intensidade nos cursos hídricos.

⁸ **N.E.:** Consultar AMARAL, S. B. do - Aspectos da Relação entre Uso - Ocupação do Solo e Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno - São José dos Pinhais/Pr. Curitiba, 2002. Dissertação de Mestrado - Área de Concentração Análise e Gestão Ambiental - Dep. de Geografia, Setor de Ciências da Terra, UFPR.

"A poluição encontrada na bacia do rio Pequeno, ao longo de quatorze anos (1986/2000) está intimamente relacionada ao lançamento de esgoto doméstico, despejos industriais e pelo escoamento difuso em áreas agrícolas, sempre registrando sua presença nos cursos hídricos da bacia, resultado das atividades urbanas, rurais e industriais identificadas através do uso - ocupação do solo" (AMARAL, 2002, p. 108).

Cabe ressaltar que os trabalhos aqui citados foram apenas uma pequena amostra das pesquisas realizadas nesta bacia, não encerrando neles todas as realizações efetuadas nesta área.

A síntese das pesquisas apresentadas mostra que os vários trabalhos realizados nesta bacia tiveram seu enfoque ou seus resultados, normalmente em alguns parâmetros. Desta forma, a contribuição que se deseja nesta pesquisa, é aproveitar os estudos já realizados e agregá-los em uma metodologia que contemple todos os parâmetros estudados separadamente.

4 METODOLOGIA

4.1 APRESENTAÇÃO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA - DFC

O diagnóstico físico-conservacionista - DFC tem como objetivo determinar o potencial de degradação ambiental de uma bacia hidrográfica. Para isto, segundo BELTRAME (1994, p.13), foram estabelecidos indicadores (parâmetros) potenciais de proteção ou degradação dos recursos naturais renováveis de uma bacia hidrográfica. Os parâmetros foram selecionados devido a "sua capacidade potencial intrínseca de contribuírem para a degradação dos recursos naturais renováveis, de uma bacia hidrográfica, ou refletirem essa degradação."

Estes parâmetros foram expressos numericamente, por meio de uma fórmula descritiva, os quais resultaram no índice de risco de degradação física de uma bacia hidrográfica. Para cada parâmetro encontrado, foi definido um índice de classificação previamente estabelecido. "Os parâmetros com os respectivos índices na fórmula descritiva sugerem uma análise qualitativa quanto à preservação dos recursos naturais da bacia que se está estudando" BELTRAME (1994, p.15).

Na busca de um valor numérico representativo, foi estabelecido como padrão de melhores condições, quanto ao processo erosivo, a somatória dos índices mínimos de cada parâmetro. Da mesma forma, como padrão de piores condições quanto ao processo erosivo, também foi estabelecido a somatória dos índices máximos de cada parâmetro. Conclui a autora: "A metodologia apresenta, assim, o valor crítico do processo erosivo encontrado para uma dada bacia. Quanto maiores os valores dos índices de cada parâmetro, maior o potencial de risco de degradação dos recursos e vice-versa" (BELTRAME 1994, p.16).

Desta forma, consideraram-se quatro grandes fatores potenciais naturais de degradação física e, a partir deles, foram definidos sete parâmetros componentes da fórmula descritiva do estado físico conservacionista da bacia. São eles:

I - Vegetação - considerada sob dois aspectos:

- a) pelo grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura vegetal original dos setores da bacia (CO);
- b) pelo grau de proteção da cobertura vegetal fornecido ao solo (CA) (tipo de uso do solo atual).

II - Clima - foi considerado:

- a) pela erosividade da chuva (E);
- b) pelo balanço hídrico da bacia (BH).

III - Características geológicas e pedológicas - sob dois aspectos:

- a) pela suscetibilidade da textura à erosão, associada à declividade (PE);
- b) pela densidade de drenagem (DD).

IV - Características do relevo - considerado em termos de declividade média (parâmetro DM).

Esta proposta metodológica é embasada teoricamente em trabalhos desenvolvidos pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT) com sede na Venezuela, e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) deste mesmo País. Esta metodologia, de acordo com BELTRAME (1994, p.16), "é bastante ampla abrangendo não apenas o Diagnóstico Físico Conservacionista, mas um conjunto de vários outros diagnósticos (sócioeconômico, água, fauna, solo, etc.) que se interrelacionam, compondo o DIBH (Diagnóstico Integral da Bacia Hidrográfica)".

Em um primeiro momento foi setorizada a bacia, pois esta divisão é um procedimento metodológico em que a bacia hidrográfica é subdividida em setores menores, visando o planejamento integral da mesma. Segundo BELTRAME (1990, p. 63), estas unidades de planejamento, deverão seguir critérios hidrológicos, ou seja, a delimitação se fará de acordo com a linha do divisor de águas, setorizando assim a bacia em sub-bacias e/ou microbacias.

A metodologia do DFC, de acordo com BELTRAME (1994), é um diagnóstico preliminar, necessário para o embasamento de todos os demais. Mesmo sendo genérico, é abrangente e prático na obtenção de valores objetivos que avaliem o estado físico conservacionista de uma bacia hidrográfica, de modo que serviu de base à análise da degradação física do ambiente na bacia do rio Pequeno, pois foram feitas algumas adaptações na obtenção de alguns índices dos parâmetros, conforme exposição no quadro 1.

Quadro 1: Adaptações Feitas na Metodologia do DFC, proposta por BELTRAME (1990)

METODOLOGIA PROPOSTA POR BELTRAME (1990):	ADAPTAÇÕES FEITAS
Cobertura Vegetal Original (CO), por descrições de KLEIN (1960, 1978 e 1980)	Cobertura Vegetal Original (CO), por descrições de publicações científicas, e levantamentos fitogeográficos de órgãos governamentais
Cobertura Vegetal Atual (CA), por imagens de satélites LANDSAT-TM5	Uso do solo atual por imagem de satélite LANDSAT-ETM-7+, considerando áreas urbanas
Erosividade da Chuva (E) por equações de LOMBARDI & MOLDENHAUER (1980)	Erosividade da Chuva (E) por equação desenvolvida por RUFINO et al. (1993)
Declividade Média (DM)	Declividade Média (DM)
Potencial Erosivo do Solo (PE), por associação da suscetibilidade da textura do solo à erosão e declividade	Potencial Erosivo do Solo (PE), pelas características morfológicas e comportamento geral dos solos, associadas a suscetibilidade à erosão e declividade
Balanço Hídrico	Balanço Hídrico, com base nos cálculos das normais de estações meteorológicas e índices de precipitação de período disponível
Densidade de Drenagem (DD)	Densidade de Drenagem (DD)

A fórmula descritiva utilizada foi a seguinte:

$$E(f) = CO_a CA_b DM_c Ed PE_c DD_f BH_g$$

Onde:

E(f) - estado físico ambiental do setor que é proporcional aos parâmetros:

CO_a - grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a cobertura atual;
a é o índice específico.

CA_b - Cobertura vegetal atual relacionado com a proteção fornecida; b é o índice específico.

DM_c- declividade média; c é o índice específico.

Ed - erosividade da chuva; d é o índice específico.

PE_e - potencial erosivo do solo; e é o índice específico.

DD_f - densidade de drenagem; f é o índice específico.

BH_g balanço hídrico; g é o índice específico.

4.1.1 Determinação dos Parâmetros Propostos na Fórmula Descritiva

a) Parâmetro CO - cobertura vegetal original: define o tipo de vegetação que deveria existir originalmente, de acordo com determinadas condições de edáficas e/ou fitogeográficas. Ao se obter as informações necessárias das características da cobertura vegetal original, deve-se elaborar um mapa correspondente, e correlacioná-lo com o uso do solo, verificando o grau de semelhança entre a vegetação que existe atualmente e a original. O resultado é associado a um índice que indicará o grau de semelhança que comporá a fórmula descritiva final.

b) Parâmetro CA - a cobertura vegetal atual: define o grau de proteção do solo proporcionado pelo tipo de cobertura existente. Também deve-se elaborar um mapa dos tipos de uso do solo da bacia, e calcular as áreas ocupadas conforme os tipos de uso das mesmas. É uma classificação qualitativa, em que o grau de proteção proporcionado pelo tipos de cobertura será relacionado com índices numéricos específicos, que posteriormente serão acrescentados na fórmula descritiva final.

c) Parâmetro DM - declividade média: este parâmetro é utilizado para caracterizar o relevo dos setores de uma bacia hidrográfica. O valor numérico resultante também comporá a fórmula descritiva de cada setor da bacia.

d) Parâmetro (E) - erosividade da chuva: corresponde à quantidade de solo que se perde pela erosão causada pelas chuvas.

e) Parâmetro (PE) - potencial erosivo do solo: é a erodibilidade dos solos, ou seja, a suscetibilidade que apresentam de erodirem em diferentes taxas, devido às diferenças em suas propriedades e seus diversos usos. Assim, são componentes importantes neste parâmetro a geologia, em um contexto mais amplo, pois oferece informações sobre a gênese, formação e transformações ocorridas no substrato rochoso da área estudada. A geomorfologia, que orienta as características do relevo, deve ser relacionada com a litologia. As características morfológicas e o comportamento geral dos solos também são fatores que associados a suscetibilidade à erosão, podem estabelecer um índice referente ao grau de suscetibilidade à erosão. Esta característica, integrada à declividade do solo, comporá o parâmetro potencial de erosividade.

f) Parâmetro (DD) - densidade de drenagem: é o potencial da bacia e de seus setores em permitir maior ou menor escoamento superficial da água, o que por sua

vez conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação dos canais.

g) Parâmetro (BH) - balanço hídrico: é a relação da entrada e saída de água no solo. Desequilíbrios no balanço hídrico poderão causar danos irreversíveis sobre os recursos naturais renováveis da área de estudo, sendo considerado um indicador potencial natural de degradação e/ou conservação física da bacia hidrográfica.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RESULTADOS

5.1 SETORIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO

Para a setorização da bacia hidrográfica do rio Pequeno, utilizaram-se os critérios hidrográficos (linha do divisor de águas), a hipsometria (figura 7), a declividade (figura 8) e também a elaboração do perfil longitudinal do rio Pequeno (figura 6), o qual permitiu a identificação das alterações significativas na declividade do leito do rio principal. Em seguida foi definida a linha divisória entre os setores A e B pelos divisores de águas.

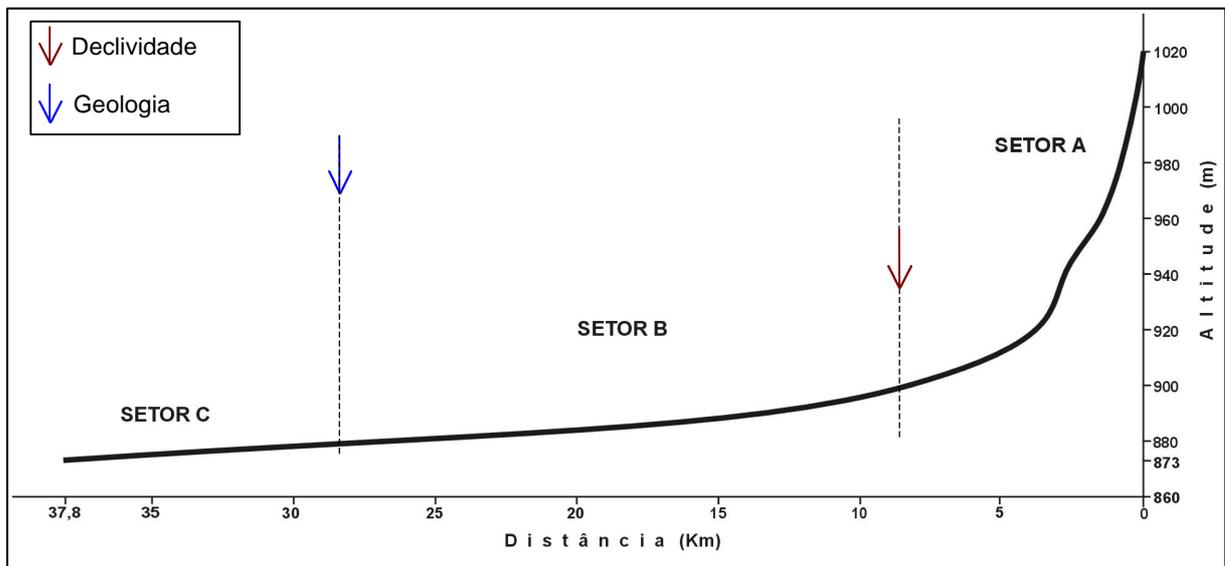


Figura 6: Perfil Longitudinal do Rio Pequeno

Para os demais setores a declividade não foi fator determinante, haja vista que a sua variação não apresentou rupturas significativas, admitindo-se como critério a formação geológica predominante, ou seja, nas áreas onde ocorrem as mudanças de substrato rochoso delimitaram-se os setores B e C, tomando por base a linha do divisor de águas mais próximo.

A setorização da bacia hidrográfica resultou em três setores, que estão demonstrados na figura 9.

Figura 7: Mapa Altimétrico da Bacia do Rio Pequeno

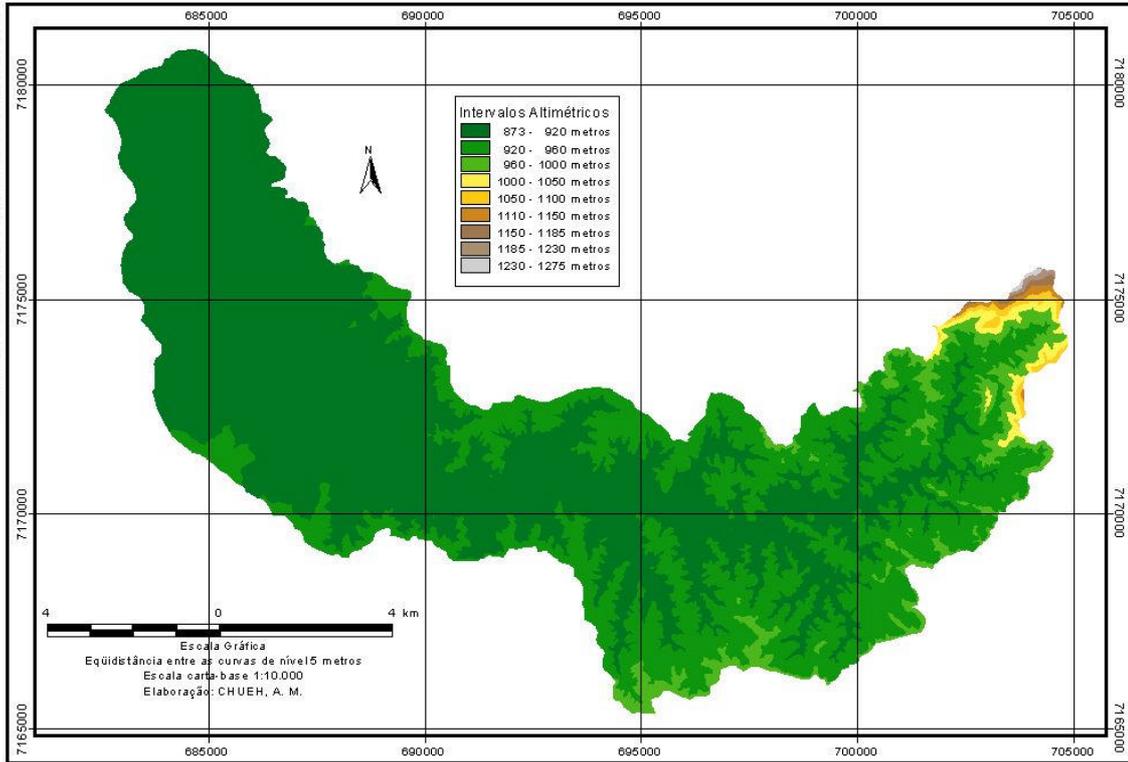
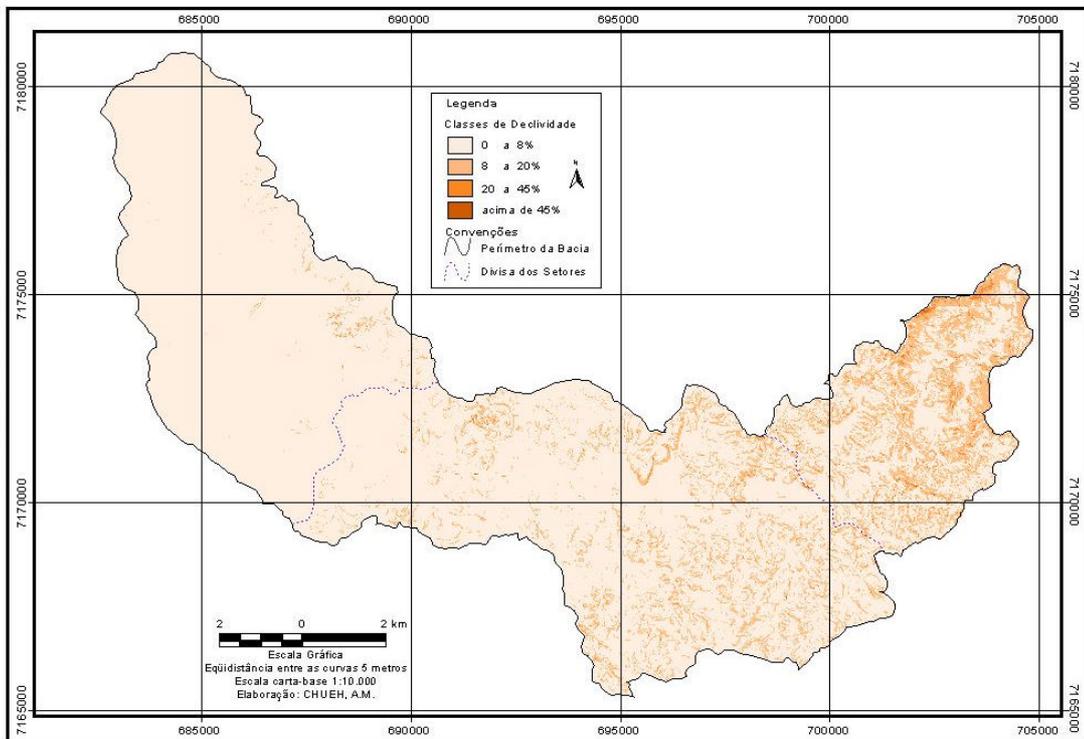
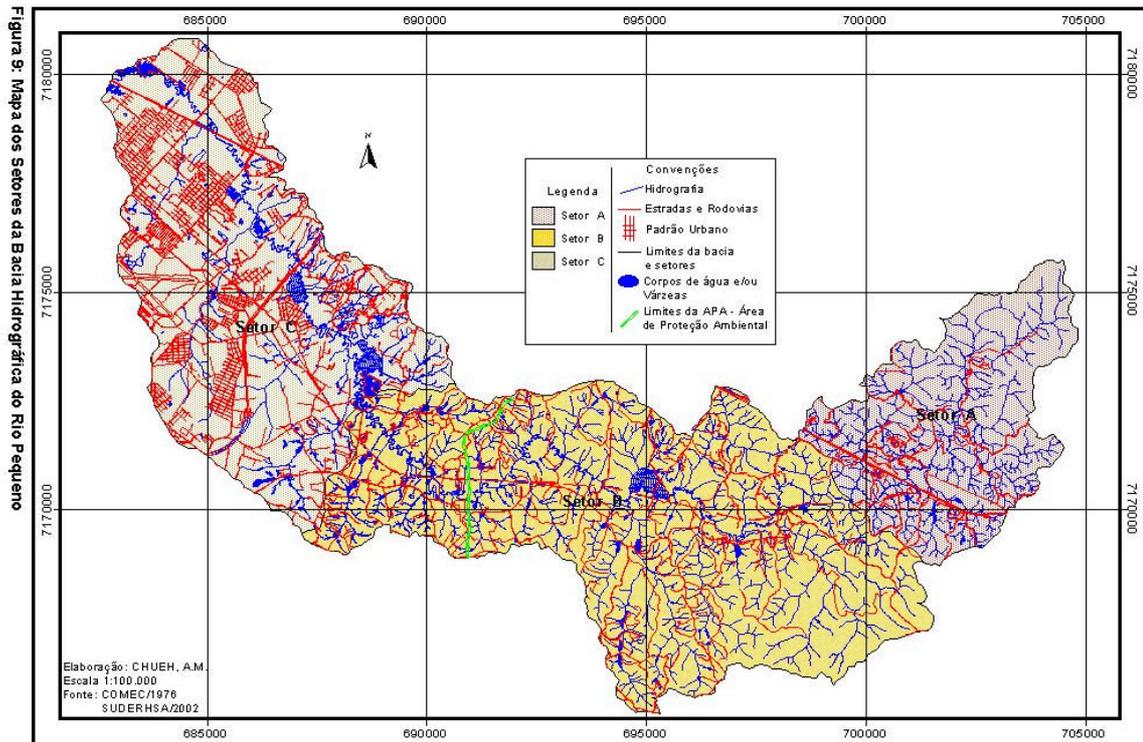


Figura 8: Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno



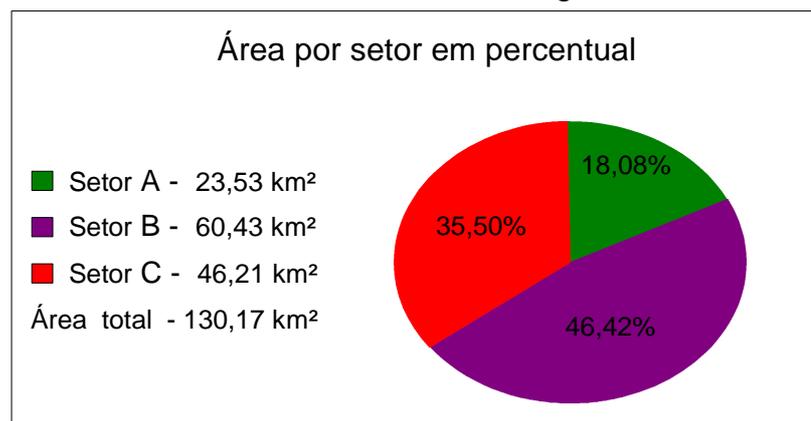


O setor A corresponde à parte mais alta da bacia, abrangendo as nascentes do rio Pequeno: rio Purgatório e Charqueado, com altitudes variando em torno de 1,260 metros nas cabeceiras dos rios Purgatório e 1,080 metros no Charqueado, descendo aproximadamente até a cota de 900 metros, que é a linha divisória entre os setores A e B que representa a menor altitude deste setor. Este setor foi definido em razão da declividade (figura 8) e da hipsometria (figura 7), considerando que não há variação expressiva do substrato rochoso, pois de maneira geral predomina o complexo gnáissico-migmatito, proporcionando uma homogeneidade dos substratos rochosos entre este e o setor B. Nestes setores o padrão e a densidade dos canais fluviais não se alteram significativamente, o que não possibilitou uma associação destes fatores no auxílio à setorização, sendo determinante portanto, a ruptura de declive do perfil longitudinal do rio principal, a qual apresentou uma amplitude hipsométrica maior e declividade predominante entre 20 a 45%, que abrange uma área de 1,129 ha correspondente a 48% do setor. A declividade e a hipsometria foram os fatores condicionantes na delimitação do setor A, o qual ocupa uma área de 2,353 ha e representa 18,08% do total da área da bacia do rio Pequeno.

O setor B corresponde à parte central da bacia e é o de maior área, ou seja, 6,043 ha, ocupando 46,42% do total da bacia; possui altitudes em torno de 880 a 980 metros, com classes de declividades predominantes variando entre 0 a 8% e 8 a 20%, respectivamente com áreas em aproximadamente 2,230 e 2,123 hectares. Sendo que a linha divisória entre os setores B e C corta transversalmente o rio Pequeno na cota 880 metros seguindo o divisor de águas. Esta linha foi definida em função do substrato rochoso, haja vista que nesta parte da bacia é onde ocorre a transição entre a Formação Guabirotuba e o embasamento cristalino do Complexo Gnáissico-Migmatito formado no Proterozóico Inferior.

O setor C, nas áreas próximas a foz do rio Pequeno, corresponde às áreas mais baixas e planas da bacia, com altitudes médias em torno de 875 metros; as altitudes máximas são em torno de 920 metros, e se localizam ao longo dos divisores de águas ao norte e ao sul do rio principal. Neste setor a densidade de drenagem e o padrão dos canais fluviais são distintos dos demais setores, com os rios em número menor e características diferentes dos outros setores (Figura 8), apresentando a menor densidade de drenagem (1,95 km/km²). A classe de declividade predominante é entre 0 a 8%, abrangendo uma área em torno 4,090 ha, o que significa 88% deste setor, que apresenta uma área total de 4,621 ha, correspondente a 35,53% da bacia. A formação geológica predominante é a Formação Guabirotuba originada à época do Pleistoceno no Quaternário, apresentando sedimentos da Bacia de Curitiba, incluindo argila, arcósios, areias e cascalhos depositados em ambiente semi-árido. Ao longo do rio Pequeno e alguns de seus afluentes, especialmente na área de menor competência dos rios, tem-se a presença de Aluviões originados no Quaternário, com sedimentos areno-síltico-argilosos intercalados com camadas de areias finas a grossa e cascalhos (MINEROPAR, 1994).

Gráfico 1: Áreas dos Setores da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno



5.2 OBTENÇÃO DOS ÍNDICES DOS PARÂMETROS PROPOSTOS NA FÓRMULA DESCRITIVA PARA A BACIA DO RIO PEQUENO

5.2.1 Determinação do Parâmetro Cobertura Vegetal Original (CO)

Os resultados obtidos neste parâmetro são interpretações hipotéticas baseadas em referências bibliográficas da formação da cobertura vegetal original do rio Pequeno, que teoricamente existia, tendo sua gênese nas condições geológicas, do solo, relevo e clima, a partir do quaternário recente. A respeito da elaboração deste tipo de mapa de cobertura vegetal, DOMINGUES (2004) observa que tal mapa é uma abstração teórica, pois contempla as associações vegetais que ocorreriam neste espaço geográfico caso não houvesse acontecido intervenções antrópicas significativas.

Segundo MAACK (1981, p.221), as associações florísticas naturais existentes até meados do século XX, desenvolveram-se a partir do pleistoceno. Dos estudos geológicos dos depósitos do quaternário antigo e dos perfis de solos, conclui-se que a mata se alastrou sobre os solos semi-áridos de estepes, partindo dos vales dos rios, de suas cabeceiras e dos declives escarpados. Nesta bacia não foi diferente, as estepes de gramíneas baixas e de arbustos constituíram a cobertura primária e mais antiga, sendo a mata a formação secundária mais recente.

Para a elaboração do mapa da cobertura original, no qual foram relacionados fatores físicos às associações florísticas que especificamente se desenvolveriam nas condições favorecidas por aquele ambiente, foram utilizadas informações levantadas junto à pesquisa bibliográfica; também utilizou-se a base cartográfica do Programa Proteção da Floresta Atlântica - Paraná/Mapeamento da Floresta Atlântica do Estado do Paraná (SEMA, 2002), escala 1:50.000, folhas: São José dos Pinhais (MI - 2857-2) e Mundo Novo (MI - 2858 -1), em que delimitou-se o perímetro da bacia em estudo, obtendo-se o mapa de cobertura vegetal e uso do solo atual.

Para as pequenas áreas que não foram contempladas no mapeamento da cobertura vegetal, por apresentarem dimensões que aquela escala não abrangia, tomou-se por base o mapa de uso do solo atual, em que foram considerados os remanescentes das formações, as quais aparecem em pequenos capões isolados

da floresta ombrófila mista montana sobre os campos. Para as formações pioneiras e floresta ombrófila mista aluvial, usou-se a base cartográfica geológica, tomando-se as formações dos Aluviões Atuais e Terraços Aluvionares para delimitar estes tipos de cobertura vegetal (DOMINGUES, 2004). A formação altomontana foi definida delimitando-se as áreas acima de 1,200 metros s.n.m. (RODERJAN et al., 2002) por meio do mapa hipsométrico da bacia (figura 7), no qual a altitude foi o fator determinante.

Estas associações vegetais foram sobrepostas ao mapa de cobertura vegetal, produzindo um mosaico das formações que ali existiam, possibilitando desta maneira, a elaboração do mapa de cobertura vegetal original e os cálculos de suas respectivas áreas, que foram gerados por meio do programa computacional ArcView 3.2, e, ajustados na planilha eletrônica Excel.

Diante destas informações, foi possível chegar mais próximo do que era a cobertura vegetal original, representada na figura 10, que correlacionado com o mapa de uso do solo atual (figura 11), possibilitou-se verificar o grau de semelhança (Tabela 3) entre a vegetação atual e a original.

Tabela 3: Classificação Quanto ao Grau de Semelhança Existente entre a Vegetação Atual e a Original

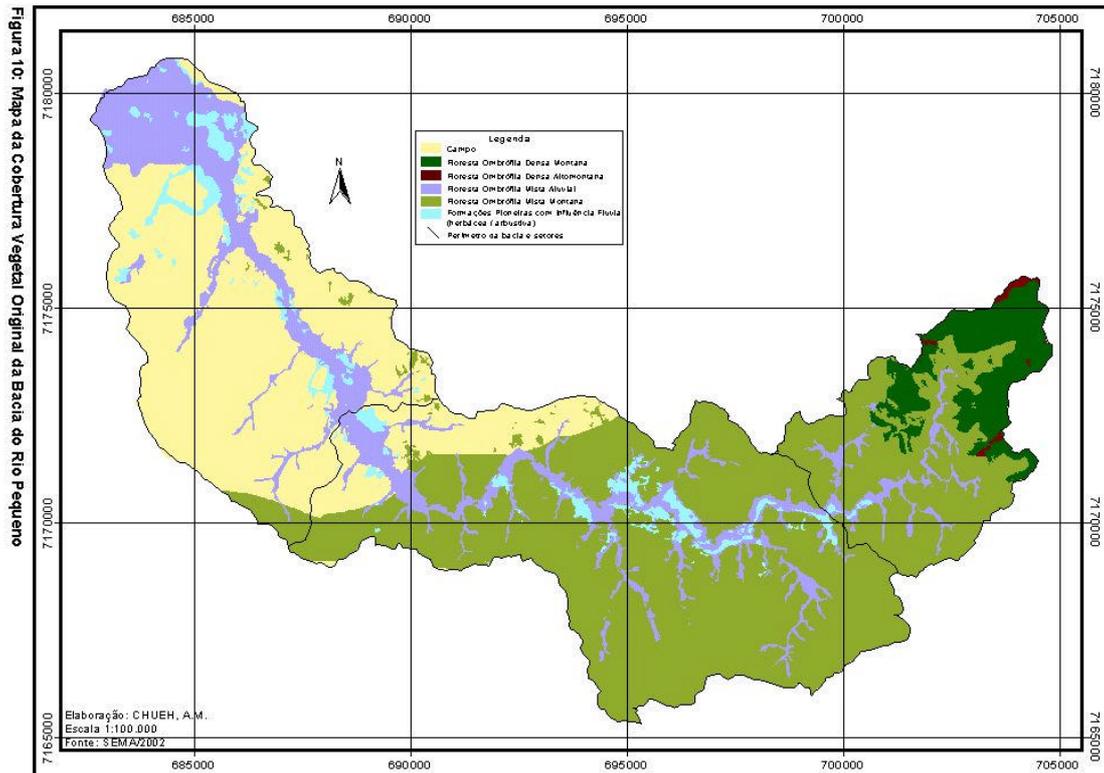
GRAU DE SEMELHANÇA	ÍNDICE	NÍVEIS
81 a 100%	(CO) ₁	altamente semelhante
61 a 80%	(CO) ₂	semelhante
41 a 60%	(CO) ₃	medianamente semelhante
21 a 40%	(CO) ₄	baixa semelhança
1 a 20%	(CO) ₅	nenhuma semelhança

FONTE: MARNR (1978) APUD BELTRAME (1994).

Os resultados da quantificação da semelhança cobertura vegetal por setores da bacia estão representados na tabela 4.

Tabela 4: Semelhanças Entre a Cobertura Vegetal Atual e a Cobertura Original, nos Setores A, B e C.

SETOR	ÁREA (ha)	% (no setor)	ÍNDICE	NÍVEL DE SEMELHANÇA
A	1.037,19	44,08	(CO) ₃	medianamente semelhante
B	1.369,90	22,67	(CO) ₄	baixa semelhança
C	563,90	12,20	(CO) ₅	nenhuma semelhança
TOTAL	2.970,99			



O mapa da cobertura vegetal original da bacia do rio Pequeno apresentou as seguintes formações:

1- Floresta Ombrófila Densa Montana; 2- Floresta Ombrófila Densa Altomontana; 3- Floresta Ombrófila Mista Montana; 4- Floresta Ombrófila Mista Aluvial; 5 - Formações Pioneiras com Influência Fluvial - herbácea / arbustiva e 6- Os Campos Secos ou Estepe Gramíneo - Lenhosa.

A bacia do rio Pequeno limita-se com a barreira geográfica natural da Serra do Mar no seu curso superior e, "é influenciada diretamente pelas massas de ar quentes e úmidas do oceano Atlântico e pelas chuvas relativamente intensas e bem distribuídas ao longo do ano (RODERJAN et al., 2002). Nesta porção da bacia, nas encostas limitantes a oeste da Serra do Mar, predomina a Floresta Ombrófila Densa Montana, com altitudes variando entre 900 a 1200 metros. Embora fisionomicamente semelhante à formação submontana, estende-se pelas áreas mais íngremes, mas sua florística se diferencia com a diminuição até a ausência de espécies de caráter tropical, devido à diminuição das médias térmicas anuais, em função da elevação da altitude, incluindo a ocorrência regular de geadas e a menor profundidade efetiva dos solos.

Também neste curso da bacia ocorre a Floresta Ombrófila Densa Altomontana, onde ocupa pequenas áreas nas encostas das linhas dos divisores de água, representada por associações arbóreas simplificadas e de porte reduzido, entre 3 a 7 metros de altura (RODERJAN et al., 2002).

A Floresta Ombrófila Mista Montana compreende as formações florestais típicas dos planaltos da região Sul do Brasil, abrangendo parte da região Sudeste e países vizinhos (Paraguai e Argentina), ocorre predominantemente entre 800 e 1,200 m s.n.m., nesta formação a coexistência de representantes das floras tropical (afro-brasileira) e temperada (austro-brasileira), com marcada relevância fisionômica de elementos Coniferales e Laurales, onde domina a Araucária angustifolia, a qual forma um estrato dominante e contínuo normalmente acima de 30 metros de altura. (RODERJAN et al., 2002). Floresta com araucária propriamente dita, pode ocorrer em forma de capões ou então contínua e em grande extensão (SEMA/2002).

A Floresta Ombrófila Mista Montana é originária em parte do curso superior se estendendo por quase todo o curso médio. O contato entre esta formação vegetal e a Floresta Ombrófila Densa Montana propiciou uma interação entre as espécies destas formações, ora predominando de uma formação, ora de outra, resultando em uma área de transição que se estende até o médio curso da bacia. Esta formação se estendia até os domínios dos Campos no baixo curso da bacia, onde ocorria em pequenos capões isolados.

A Floresta Ombrófila Mista Aluvial também denominada de mata ciliar, ripária ou de galeria, está presente nas áreas dos depósitos aluvionares, é uma formação que ocorre em áreas restritas, com solos úmidos sujeitos a inundações periódicas, e não é raro limitar as várzeas (formações pioneiras). Segundo RODERJAN et al., (2002, p.07). "Podem apresentar diferentes graus de desenvolvimento, desde comunidade simplificadas pelo grau de hidromorfia dos solos, (...) até associações mais complexas, em que a Araucária angustifolia tem participação expressiva na fisionomia".

As Formações Pioneiras com Influência Fluvial (herbácea/arbustiva) na bacia do rio Pequeno, praticamente são uma extensão dos limites da Floresta Ombrófila Mista Aluvial. As Formações Pioneiras só aparecem no baixo e médio curso da bacia, nas áreas de fundo de vales onde ocorreram as deposições de sedimentos ao longo dos cursos de água, são ambientes revestidos por vegetação

de primeira ocupação, que se instalaram sobre áreas pedologicamente instáveis. Estas áreas abrangem tipos distintos de vegetação, que em diferentes níveis ou intensidades, são influenciadas pela ação das águas dos rios (RODERJAN et al., 2002).

Os Campos Secos ou Estepe Gramíneo - Lenhosa ocorrem nas áreas de menores altitudes da bacia; apresentam uma vegetação rasteira (gramíneas) e também aparecem arbustos de pequeno porte, entre outros a *Baccharis sp* (carqueja). As vezes há ocorrência de agrupamentos arbóreos que margeiam os rios ou em capões isolados sobre o campo, de forma e dimensões variáveis. Esta formação predominava em todo o baixo curso e se estendia até uma parte do médio curso da bacia hidrográfica, que de acordo com MAACK (1981), podem ser consideradas relíquias de um antigo clima semi-árido do Pleistoceno.

Para RODERJAN et al. (2002), sua origem remonta ao início do atual período pós-glacial, como colonizadora da superfície estéril resultante do clima anterior, sendo sua manutenção garantida pela ação regular do fogo, tanto de causa natural, quanto pela ação antrópica.

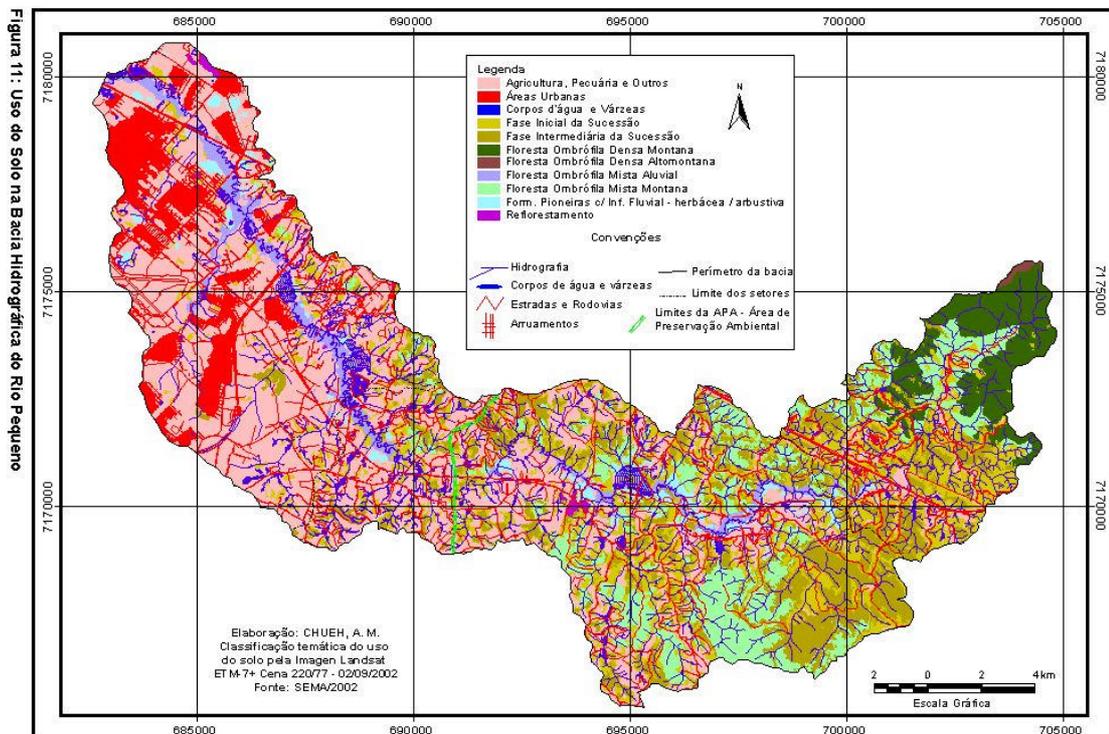
5.2.2 Determinação do Parâmetro Cobertura Vegetal Atual (CA)

Para a definição das áreas e de seus respectivos graus de proteção ao solo proporcionado pela cobertura vegetal, foi usado o mapa de uso do solo do Programa Proteção da Floresta Atlântica - Paraná / Mapeamento da Floresta Atlântica do Estado do Paraná (SEMA,2002), em escala 1:50.000, sendo reclassificadas algumas áreas quanto ao tipo de uso, tendo como base para a reclassificação o auxílio da imagem de satélite Landsat ETM-7+, bandas 3; 4; 5 e 8, cena 220/77, de 02/09/2002, pela técnica de classificação não supervisionada⁹, usando-se o programa computacional ENVI 3.4, em que foram definidos os tipos de uso apresentados na tabela 5, e também foi elaborado o mapa de uso do solo atual (figura 11).

⁹ N.E.: Consultar NOVO, E., M. L de M., Sensoriamento remoto: princípios e aplicações, capítulo 7.

Tabela 5: Uso do Solo Atual da Bacia do Rio Pequeno

TIPO DE USO DO SOLO	ÁREA (ha)	%
Agricultura, Pecuária e outros	4999,06	38,40
Áreas Urbanas	754,44	5,80
Campos ou Estepes Gramíneo - Lenhosa	179,24	1,38
Corpos de água	5,42	0,04
Fase Inicial da Sucessão ou Capoeira	2444,25	18,77
Fase Intermediária da Sucessão ou Capoeirão	1804,56	13,87
Floresta Ombrófila Densa	667,40	5,13
Floresta Ombrófila Densa Alto - Montana	13,88	0,11
Floresta Ombrófila Mista Montana	1349,77	10,35
Floresta Ombrófila Mista Alto - Montana	3,62	0,03
Floresta Ombrófila Mista Aluvial	441,37	3,40
Formações Pioneiras com influência Fluvial ou Várzeas	311,71	2,40
Reflorestamento	42,28	0,32
TOTAL	13017,00	100



Considerando-se que o índice de proteção não está relacionado com a semelhança botânica entre as espécies originais e atuais, mas refere-se às características de densidade da cobertura vegetal (BELTRAME,1994, p.30), foram agrupadas as formações florísticas que apresentaram o mesmo índice de proteção ao solo para um mesmo tipo de uso, conforme a tabela 6.

Tabela 6: Uso do Solo nos Setores A, B e C, e Dados Totais da Bacia do Rio Pequeno

TIPO DE USO	SETORES						BACIA	
	A		B		C		ha	%
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Floresta Ombrófila Densa / Mista / Aluvial ou Fase Avançada	1027,9	43,68	1132,14	18,69	316	6,83	2476,04	19,0
Capoeirão ou Fase Intermediária da Sucessão/ Reflorestamento	406,51	17,28	1340,23	22,15	100,1	2,17	1846,84	14,0
Capoeira ou Fase Inicial da Sucessão	723,39	30,74	1445,86	23,9	275	5,95	2444,25	19
Formações Pioneiras com influência Fluvial ou Várzeas	9,29	0,4	202,42	3,35	100	2,16	311,71	2,38
Campo ou Estepes Gramíneo - Lenhosa	–	–	35,34	0,58	143,9	3,11	179,24	1,38
Agricultura, pecuária	185,91	7,9	1880,15	31	2933	63,48	4999,06	38,4
Áreas urbanas	–	–	1,44	0,24	753	16,30	754,44	5,8
Corpos de água	–	–	5,42	0,09	–	–	5,42	0,04
TOTAL	2353	100	6043	100	4621	100	130,17	100

Para a obtenção dos resultados da tabela 6, foi feita uma adaptação dos tipos de cobertura vegetal propostos na metodologia usada por BELTRAME (1994), sendo necessário redefinir os tipos de cobertura, os quais foram adaptados para tipos de uso do solo, sendo incluídas as classes reflorestamento e áreas urbanas.

Os exemplos ilustrativos dos tipos de uso para os setores A, B e C estão representados, respectivamente, nas Pranchas de fotos 1, 2 e 3.

PRANCHA 1 - FOTOS DO SETOR A



Em primeiro plano destaca-se a *Araucaria Angustifolia*; ao fundo Floresta Ombrófila Densa Montana.



Floresta Ombrófila Densa Montana, próximo às cabeceiras do rio Pequeno.



Da base até a meia encosta: cobertura vegetal alterada em fase inicial da sucessão (capoeira).



Área desmatada para reflorestamento de pinus e posteriormente abandonada.



Observa-se ao centro a *Araucaria Angustifolia*, caracterizando a transição entre as formações: Florestas Ombrófilas Mista e Densa, nas áreas das nascentes do rio Pequeno.



A frente grupamento de Pinheiro-do-Paraná (*Araucaria Angustifolia*); ao fundo relevo montanhoso da Serra do Mar, onde estão localizadas as nascentes do rio Pequeno.

Fotos: SANTOS, L. J. C.; CHUEH, A. M. Setembro/2004. 6 fot.: color; 7,5 x 6 cm.

PRANCHA 2 - FOTOS DO SETOR B



Áreas urbanas - vista geral do distrito Mergulhão, no médio curso da bacia.



Uso Agropecuário, em primeiro plano pasto, ao fundo roçado e solo preparado para plantio.



Áreas de uso agrícola intensivo: em primeiro plano, solo preparado para o cultivo; ao fundo, cultivo de hortaliças e edificações.



Em primeiro plano: áreas de pastagem; ao fundo destaca-se reflorestamento de pinus.



Áreas de várzeas ou de Formação Pioneira com Influência Fluvial (herbácea / arbustiva), ao largo do rio Pequeno.



Floresta Ombrófila Mista Montana, com destaque às araucárias no dossel.

Fotos: SANTOS, L. J. C.; CHUEH, A. M. Setembro/2004. 6 fot.: color; 7,5 x 6 cm.

PRANCHA 3 - FOTOS DO SETOR C



Expansão da urbanização: a frente, áreas urbanas com vias pavimentadas; ao fundo, áreas agrícolas e mata alterada em fase intermediária da sucessão.



Áreas que originalmente eram campos; atualmente com pastagem e avanço das áreas urbanas.



Relevo suave-ondulado. Onde predominavam os campos naturais, o uso atual é de pastagem.



Aeroporto Internacional Afonso Pena, localizado no baixo curso da bacia do rio Pequeno.



Ao fundo e a esquerda reflorestamento de eucaliptus. Depois, capão com remanescentes da Floresta Ombrófila Mista Montana; à frente, uso agropecuário, destacando-se cultivo de hortaliças.



Floresta Ombrófila Mista aluvial às margens do rio Pequeno, no baixo curso da bacia - estação da Sanepar.

Fotos: SANTOS, L. J. C.; CHUEH, A. M. Setembro/2004. 6 fot.: color; 7,5 x 6 cm.

A classe Floresta Ombrófila Densa / Mista / Aluvial ou Fase Avançada corresponde ao remanescente da vegetação original nas áreas em que ocorreram alterações parciais, mas houve reconstituição, caso em que considerou-se como fase avançada. São áreas em que a vegetação é de maior porte e densidade, onde o estrato arbóreo normalmente está acima dos 12 metros (SEMA/2002); são predominantes nos setores A e B, não ocorrendo de maneira expressiva a partir do terço inferior do médio curso, com 43,68% e 18,69% respectivamente, nos setores A e B. Com apenas 6,84% no setor C, em todo baixo curso da bacia.

Capoeirão ou fase intermediária da Sucessão / Reflorestamento: o capoeirão ou fase intermediária da sucessão é a formação que apresenta dois estratos arbóreos, em que as plantas do sub-bosque se desenvolvem, a diversidade aumenta e forma-se um segundo estrato arbóreo mais alto do que o primeiro, com altura em torno dos 6 metros e com agrupamentos densos, propiciando um microclima sombreado e úmido em seu interior (SEMA/2002). Esta formações ocorrem em todos os setores; com 17,28% no setor A, 21,78% no B e 1,75% no C. O Reflorestamento foi considerado nesta classe pelo padrão regular e homogêneo do estrato arbóreo, que mesmo proporcionando uma boa proteção ao solo depois de um certo estágio de desenvolvimento, com as práticas de manejo a ele dispensadas (desbastes, limpeza dos talhões, etc.), acarretam em uma proteção ao solo menor que as florestas ou matas naturais. Este tipo de uso é incipiente no cômputo da área total da bacia, e é visto só nos setores B e C, respectivamente, com apenas 0,38% e 0,41% destas áreas.

Capoeira ou Fase Inicial da Sucessão: quando se forma um estrato arbóreo contínuo em torno de 3 metros de altura, com árvores de pequeno porte substituindo a vegetação arbustiva, no entanto a diversidade de espécies é baixa (SEMA/2002). Esta formação ocupa 30,74%; 23,9 e 5,95%, respectivamente dos setores A, B e C.

Campos ou Estepes Gramíneo - Lenhosa: esta classe representa as áreas que originalmente eram campos ou foram alteradas pela ação do homem e se encontram com estas características. De constituição essencialmente graminóide e normalmente em terrenos suave-ondulados a ondulados, eventualmente podem ocorrer agrupamentos arbóreos ao longo dos rios ou em capões isolados sobre o campo (RODERJAN et al., 2000). Esta formação que era dominante em toda área

do setor C, hoje ocupa apenas 143,9 ha ou 3,11% de sua área. No setor B tem 35,34 ha, o que representa 0,58% de sua área

Agricultura, Pecuária e outros: o tipo de uso do solo desta classe representa as áreas usadas em culturas com ciclos curtos ou temporários, terra arada ou solo exposto, áreas desmatadas e/ou queimadas recentemente, pastagens sem pousio ou rotatividade.

Este tipo de uso é freqüente em todos os setores, ocorrendo no setor A em 7,9% de sua área, no setor B em 31%, e com maior intensidade no setor C, em 63,48%.

Áreas urbanas: são representadas pelo tipo de uso das áreas ocupadas por edificações e arruamentos, com maior concentração populacional, denotando características de áreas urbanas. Num primeiro momento, as alterações da cobertura proporcionadas pela urbanização levam a uma aparente proteção do solo, face a impermeabilização, haja vista que a água não vai atuar diretamente na desagregação física do solo. Entretanto, esta classe de tipo de uso foi incluída como fator degradante do solo, pois a ação da água é importante no desenvolvimento das alterações das características morfológicas do solo, e a impermeabilização não favorece o desenvolvimento pedológico, tanto pela ausência direta do calor, quanto da água (temperatura e umidade), deixando de incorporar matéria orgânica, além de causar o rebaixamento do lençol freático. E, nas áreas em que as ruas não estão impermeabilizadas, com o aumento do escoamento superficial, ocorre a erosão e maior carga de sedimentos nos cursos de água. As áreas desta classe ocorrem só nos setores A e B, ocupando respectivamente 0,24% e 16,3% de suas áreas.

O valor apresentado para este tipo de uso é uma estimativa aproximada do índice de proteção, devem ser feitos estudos prévios do valor do índice de proteção para áreas que apresentam características urbanas na aplicação deste índice para outras pesquisas.

A classe Corpos de água são áreas ocupadas com lagos, lagoas ou tanques e ocupam 0,09% do setor B.

Os valores do quadro 2 foram estabelecidos como referência para avaliar a proteção fornecida ao solo de acordo com seu uso, sendo estes valores multiplicados pela área correspondente a um determinado tipo de uso, resultando na superfície reduzida nas tabelas 7a, 7b e 7c (coluna 3).

Quadro 2: Classificação do Tipo de Uso quanto à Proteção Fornecida ao Solo

TIPO DE USO DO SOLO	ÍNDICE DE PROTEÇÃO
Floresta Ombrófila ou Fase Avançada	1,0
Capoeirão ou Fase Intermediária da Sucessão/ Reflorestamento	0,8
Capoeira ou Fase Inicial da Sucessão	0,7
Formações Pioneiras com influência Fluvial ou Várzeas	0,6
Campo ou Estepes Gramíneo - Lenhosa	0,5
Agricultura, pecuária e outros	0,4
Áreas urbanas	*0,2
FONTE: MARNR (1978), SEGOVIA e PALMA APUD BELTRAME (1994, p.40), com adaptações	

* O valor apresentado para este tipo de uso é uma estimativa do índice de proteção, devem ser feitos estudos prévios deste valor na aplicação deste índice para outras pesquisas que apresentem áreas com características urbanas,

Para se obter cada índice de proteção fornecido ao solo pelo tipo de uso, foi adotado o seguinte procedimento:

- Foi calculada a área para cada tipo de uso do solo, por meio do programa computacional ArcView 3.2, coluna (1) das tabelas 7 (a, b e c).
- Na coluna (2), foram colocados os respectivos índices de proteção de cada tipo de uso do solo no setor, conforme quadro 2.
- A coluna (3) é produto da coluna (1) pela (2).
- Foram somados os valores da coluna (3).
- O índice de proteção total por setores é o resultado da divisão do valor da somatória da coluna (3) pela somatória da coluna (1) das tabelas 7 (a, b e c).

As classes dos tipos de uso do solo com seus respectivos índices foram agrupadas de acordo com a proteção fornecida ao solo. Desta forma, foram obtidos os índices de proteção do solo por área em cada setor, demonstrados nas tabelas 7a , 7b e 7c.

Tabela 7a: Tipo de Uso do Solo e o Respetivo Índice de Proteção do Solo, por Área de cada Classe Agrupada do Setor A

SETOR	TIPO DE USO	ÁREA (ha) (1)	ÍNDICE DE PROTEÇÃO (2)	SUPERFÍCIE REDUZIDA (3)	ÍNDICE DE PROTEÇÃO TOTAL DO SETOR
A	Floresta Ombrófila Densa / Mista / Aluvial ou Fase Avançada	1027,90	1,0	1027,90	
	Capoeirão ou Fase Intermediária da Sucessão	406,51	0,8	325,21	
	Capoeira ou Fase Inicial da Sucessão	723,39	0,7	506,76	
	Form. Pioneiras c/ influ. Fluvial - arb. / herb. ou Várzeas	9,29	0,6	5,57	
	Campo ou Estepes Gramíneo - Lenhosa	–	0,5	–	
	Agricultura, Pecuária e outros	185,91	0,4	74,36	
	Áreas Urbanas	–	0,2	–	
	TOTAL	2353		1940	0,82

Tabela 7b: Tipo de Uso do Solo e o Respetivo Índice de Proteção do Solo, por Área de cada Classe Agrupada do Setor B.

SETOR	TIPO DE USO	ÁREA (ha) (1)	ÍNDICE DE PROTEÇÃO (2)	SUPERFÍCIE REDUZIDA (3)	ÍNDICE DE PROTEÇÃO TOTAL DO SETOR
B	Floresta Ombrófila Densa / Mista / Aluvial ou Fase Avançada	1132,14	1,0	1132,14	
	Capoeirão ou Fase Intermediária da Sucessão	1340,23	0,8	1072,18	
	Capoeira ou Fase Inicial da Sucessão	1445,86	0,7	1012,10	
	Form. Pioneiras c/ influ. Fluvial - arb. / herb. ou Várzeas	202,42	0,6	121,45	
	Campo ou Estepes Gramíneo - Lenhosa	35,34	0,5	17,67	
	Agricultura, Pecuária e outros	1880,15	0,4	752,06	
	Áreas Urbanas	1,44	0,2	0,29	
	TOTAL	6038		4108	0,68

Tabela 7c: Tipo de Uso do Solo e o Respetivo Índice de Proteção do Solo, por Área de cada Classe Agrupada do Setor C.

SETOR	TIPO DE USO	ÁREA (ha) (1)	ÍNDICE DE PROTEÇÃO (2)	SUPERFÍCIE REDUZIDA (3)	ÍNDICE DE PROTEÇÃO TOTAL DO SETOR
C	Floresta Ombrófila Densa / Mista / Aluvial ou Fase Avançada	316	1,0	316	
	Capoeirão ou Fase Intermediária da Sucessão	100,10	0,8	80,08	
	Capoeira ou Fase Inicial da Sucessão	275	0,7	192,50	
	Form. Pioneiras c/ influ. Fluvial - arb. / herb. ou Várzeas	100	0,6	60	
	Campo ou Estepes Gramíneo - Lenhosa	143,90	0,5	71,95	
	Agricultura, Pecuária e outros	2933	0,4	1173,20	
	Áreas Urbanas	753	0,2	150,60	
	TOTAL	4621		2044	0,44

Os índices de proteção total de cada setor foram associados ao valor de um símbolo, de acordo com a tabela 8.

Tabela 8: Índices e Símbolos de Proteção Total do Uso

ÍNDICE DE PROTEÇÃO TOTAL (escalonamento dos índices)	SÍMBOLO
1	CA1
0,8 - 0,99	CA2
0,6 - 0,79	CA3
0,4 - 0,59	CA4
0,2 - 0,39	CA5
0,0 - 0,19	CA6
0,0	CA7

FONTE: BELTRAME (1994, p.42).

Assim, foram obtidos os respectivos índices e símbolos da proteção da cobertura vegetal atual por setor da bacia do rio Pequeno, apresentados na tabela 9.

Tabela 9: Índices e Símbolos Respetivos da Proteção Oferecido pelo Tipo de Uso do Solo, dos Setores A, B e C

SETOR	ÍNDICE	SÍMBOLO
A	0,82	CA2
B	0,68	CA3
C	0,44	CA2

5.2.3 Determinação do Parâmetro Declividade Média (DM)

Para se obter a declividade média dos setores A, B e C, foi necessário aplicar a seguinte expressão:

$$DM = \frac{L. C. N. \times E}{A}$$

Onde:

DM é declividade média;

L. C. N. é a longitude das curvas de nível (por setores);

E é a eqüidistância entre curvas de nível; e

A é a área do setor

Setor A:

$$DM = (12,45 \text{ km} \times 5 \text{ m}) / 23,53 \text{ km}^2 \quad \Rightarrow \quad DM = 26,45 \%$$

Setor B:

$$DM = (19,29 \text{ km} \times 5 \text{ m}) / 60,43 \text{ km}^2 \quad \Rightarrow \quad DM = 16,00 \%$$

Setor C:

$$DM = (4,48 \text{ km} \times 5 \text{ m}) / 46,21 \text{ km}^2 \quad \Rightarrow \quad DM = 4,85 \%$$

Após o levantamento dos valores como a longitude das curvas de nível e as áreas dos setores por meio computacional, em que foi utilizado o programa ArcView 3.2, foram definidas as classes de declividades conforme no quadro 03.

Quadro 3: Classes de Declividade, com Respective Índices e Símbolos Utilizados para a Bacia do Rio Pequeno

DECLIVIDADE	RELEVO	SÍMBOLO E SUBÍNDICE
até 8%	suave ondulado	DM ₁
8 a 20%	ondulado	DM ₂
20 a 45%	forte ondulado	DM ₃
Acima de 45%	montanhoso a escarpado	DM ₄

FONTE: Baseado em LEMOS e SANTOS (1982) apud BELTRAME (1994)

Associando os resultados da declividade média por setor, obtidos na fórmula anteriormente citada, com as classes de declividade do quadro 3, obteve-se a classificação da declividade média dos três setores, apresentados na tabela 10.

Tabela 10: Classificação da Declividade Média dos Setores A, B e C

SETOR	L. C. N. (km)	E (m)	A (km ²)	DM (%)	RELEVO	SÍMBOLO
A	12,45	5	23,53	26,45	forte ondulado	DM ₃
B	18,29	5	60,43	16,00	ondulado	DM ₂
C	4,48	5	46,21	4,85	suave ondulado	DM ₁

5.2.4 Determinação do Parâmetro Erosividade da Chuva (E)

A erosividade da chuva corresponde à quantidade de solo que se perde pela erosão causada pela ação das chuvas.

Os índices de erosividade da bacia hidrográfica do rio Pequeno utilizados foram levantados por SANTOS (2002), para os quais, foi realizado um levantamento dos valores de precipitação no Banco de Dados Hidrometeorológicos do Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza - BDH/CEHPAR das estações selecionadas de um período comum de 20 anos dos dados pluviométricos (1981 a 2000), e feita a importação desses dados para a planilha eletrônica Excel, em que se calculou a média mensal de cada uma das estações, obtendo-se o índice de precipitação referente a cada estação.

Após os cálculos das médias mensais e anuais, SANTOS (2002) aplicou a equação abaixo desenvolvida por RUFINO et al. (1993) para o Estado do Paraná, que relaciona a precipitação média mensal e anual, em que:

$$E = a + b \cdot (p^2/P)$$

Onde:

E = fator de erosividade da chuva (MJ. mm/ha. h. ano);

a, b = coeficiente ajustados para nove regiões do Estado do Paraná, para a área de estudo em questão a = 33,26 e b = 40,71;

p = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm).

Obtendo-se os resultados demonstrados no quadro 4:

Quadro 04: Índices de Erosividade das Estações Pluviométricas de Influência para a Bacia do Rio Pequeno

N.º	Código	Nome	Lat.	Long.	Erosividade (MJ.mm/ha.h.ano)
01	2548000	Morretes	25.28	48.50	8.858,739
02	2548027	Marumbi	25.30	48.52	7.935,366
03	2548038	Morretes (Est. Exp. Frutas)	25.30	48.49	7.901,139
04	2548047	São João da Graciosa	25.23	48.52	10.887,78
05	2549006	Curitiba	25.26	49.16	5.608,726
06	2549007	U. H. Guaricana	25.44	49.00	8.756,895

FONTE: Banco de Dados Hidrometeorológicos - BDH/CEHPAR (2001); Org. :SANTOS (2002)

Com base nos resultados do quadro 4, foram hierarquizados os índices de erosividade para a bacia hidrográfica do rio Pequeno, cuja nomenclatura foi adaptada para esta pesquisa, conforme está demonstrado na tabela 11.

Tabela 11: Índices de Erosividade da Chuva (E) para a Bacia do Rio Pequeno

Índice E = (MJ.mm/ha.h.ano)	Qualificação	Símbolo e Subíndice
Erosividade débil	2500 < E < 5000	E1
Erosividade média	5000 < E < 7500	E2
Erosividade forte	7500 < E < 10000	E3
Erosividade muito forte	E > 10000	E4

Baseado em SANTOS (1997)

De posse destes dados, foi elaborada uma carta de erosividade da chuva para a bacia hidrográfica do rio Pequeno (figura 12) por SANTOS (2002), que posteriormente foi dividida em setores, propiciando a obtenção dos índices de erosividade demonstrados na tabela 12.

Tabela 12: Índices de Erosividade da Chuva (E) para os Setores A, B e C com os Respectivos Símbolos e Subíndices.

SETOR	ÍNDICE (MJ.mm/ha.h.ano)	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO e SUBÍNDICE
A	8000	erosividade forte	E3
B	7500 a 8000	erosividade forte	E3
C	6500 a 7500	erosividade média	E2

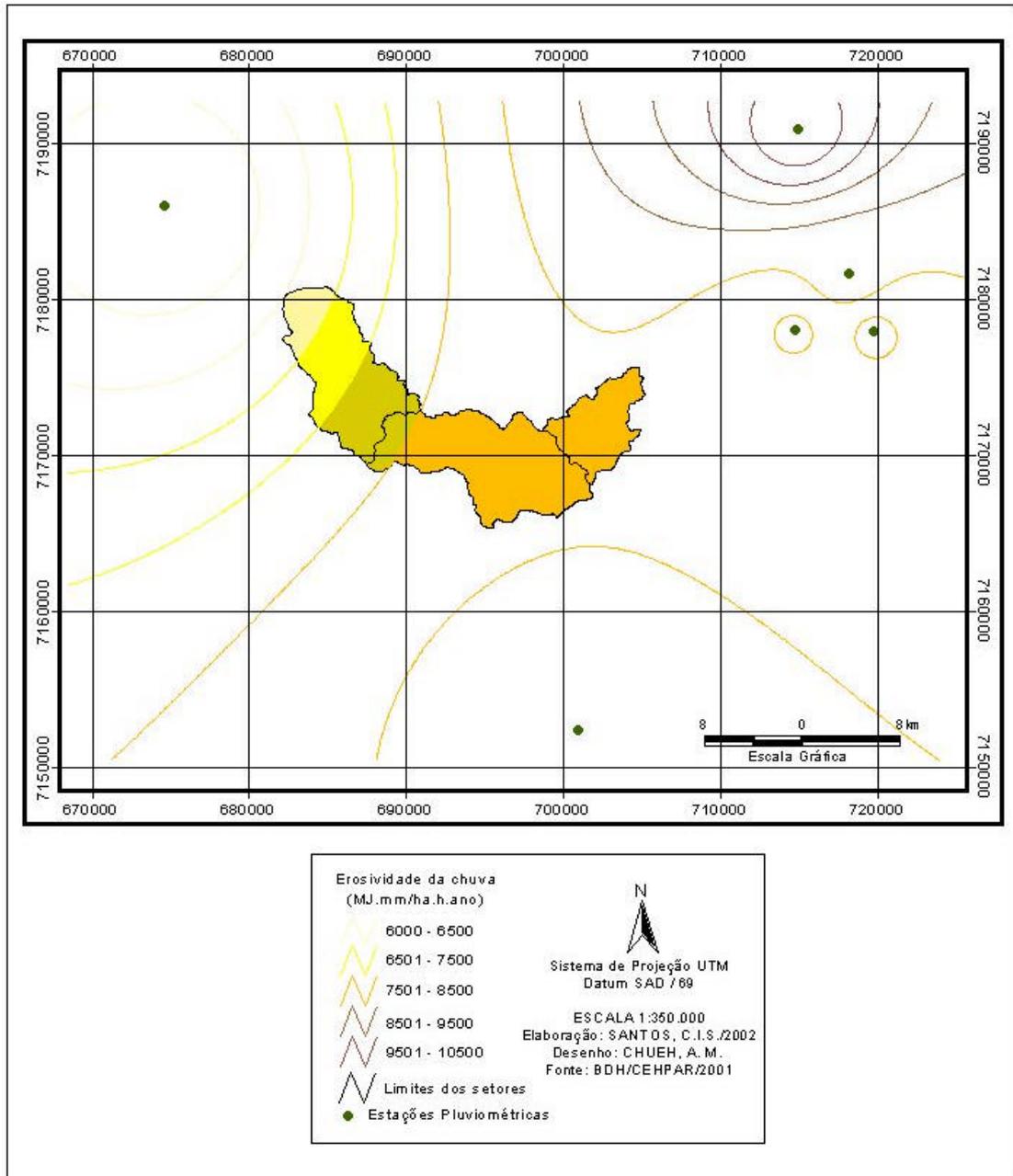


Figura 12: Carta de Erosividade da Chuva do Rio Pequeno

5.2.5 Determinação do Parâmetro Potencial Erosivo do Solo (PE)

A superfície terrestre sofre com as mais diversas intempéries, e as feições do relevo são os resultados destas ações climáticas. Os tipos de solos que

compõem o relevo estão se desenvolvendo e se transformando em maior ou menor intensidade constantemente, tanto pelas ações químicas quanto físicas a que estão expostos diante das adversidades climáticas. Dentre as quais, destaca-se a ação das águas, que vai determinar o grau de suscetibilidade à erosão hídrica (erodibilidade) a que estão sujeitos, variando conforme sua gênese e posição no relevo, caracterizando suas propriedades morfológicas, de modo que os solos apresentam erodibilidade diferentes.

Nesta pesquisa admitiram-se os parâmetros desenvolvidos por PUNDEK (1994), em que foi desenvolvido um fator de erodibilidade do solo (k). "O fator de erodibilidade do solo (K) é expresso como perda de solo (A) por unidade de índice de erosão (EI), cuja unidade é t/ha/ano dividido por MJ/ha x mm/h" (p. 104).

Para a classificação do potencial erosivo dos solos da bacia do rio Pequeno, representado no mapa de potencial erosivo do solo (figura 13), utilizou-se a base cartográfica gerada por BOIKO, SANTOS, CHUEH (2000), adaptado por SANTOS (2002), do mapeamento realizado pela EMBRAPA (1974), que por meio do programa computacional ArcView 3.2, resultou no mapa de solos (figura 4) da bacia do rio Pequeno, o qual foi correlacionado com as informações relativas às características morfológicas gerais dos solos descritos e obteve-se o fator de erodibilidade dos solos - fator K (tabela 13), desenvolvido com base nas observações feitas por PUNDEK (1994), que segundo SANTOS (2002, p.35), é "a única fonte que possuía os valores referentes aos diferentes tipos de solos que compõem a bacia em estudo".

Tabela 13: Fator de Erodibilidade dos Solos da Bacia do Rio Pequeno

Tipo- logia	Descrição dos tipos de solos	Erodibilidade (ton.ha.h/ha.MJ.mm/h)	Suscetibilidade à erosão
C	Cambissolo	0,0356	Alta
LVA	Latossolo Vermelho-amarelo	0,0182	Baixa
PVA	Argissolo Vermelho-amarelo	0,0375	Alta
G / O	Gleissolos / Organossolos	* 0,0001	Baixa
R / L	Neossolo Litólico / Afloramento de Rocha	0,04	Alta

FONTE: Baseado em PUNDEK (1994) apud SANTOS (2002), adaptado à nomenclatura atual da EMBRAPA (1999).

* Não há valor para este tipo de solo na classificação proposta por PUNDEK (1994), sendo atribuído o valor acima em função da gênese e de suas características.

Tomando-se os valores da tabela 13, foi feito um cruzamento com a declividade, resultando em uma matriz (tabela 14), em que foram combinadas as diferentes classes de cada parâmetro. Os valores obtidos foram expressos em classes de potencial erosivo do solo.

Tabela 14: Matriz de Integração entre os Subíndices de Declividade e Suscetibilidade à Erosão para a Bacia do Rio Pequeno

SUBÍNDICES DE DECLIVIDADE	SUBÍNDICES DE SUSCETIBILIDADE À EROSIÃO	
	baixa 1	alta 2
1	*11 A	12 B
2	21 C	22 D
3	31 E	32 F
4	41 G	42 H

Adaptado de BELTRAME (1994, p. 75)

* Primeiro dígito: declividade; segundo dígito: índice de suscetibilidade à erosão.

A baixo potencial erosivo;

B baixo a moderado potencial erosivo;

C moderado a baixo potencial erosivo;

D moderado a alto potencial erosivo;

E alto a moderado potencial erosivo;

F alto a muito alto potencial erosivo;

G muito alto a alto potencial erosivo;

H muito alto potencial erosivo.

Para a obtenção dos índices do potencial erosivo total dos solos por setor, tomou-se como referência os valores apresentados na tabela 15, na qual os índices foram adaptados para os parâmetros desenvolvidos por PUNDEK (1994), variando entre 0 e 1 inversamente aos apresentados por BELTRAME (1994).

Tabela 15: Escalonamento dos Índices do Potencial Erosivo

QUALIFICAÇÃO QUANTO AO POTENCIAL EROSIVO	SÍMBOLO	ESCALONAMENTO DOS ÍNDICES DO POTENCIAL EROSIVO DO SOLO - (FATOR k)
baixo potencial erosivo	PE1	0,0 - 0,0125
baixo a moderado potencial erosivo	PE2	0,0126 - 0,0250
moderado a baixo potencial erosivo	PE3	0,0251 - 0,0375
moderado a alto potencial erosivo	PE4	0,0376 - 0,0500
alto a moderado potencial erosivo	PE5	0,0501 - 0,0625
alto a muito alto potencial erosivo	PE6	0,0626 - 0,0750
muito alto a alto potencial erosivo	PE7	0,0751 - 0,0875
Muito alto potencial erosivo	PE8	0,0876 - 0,1

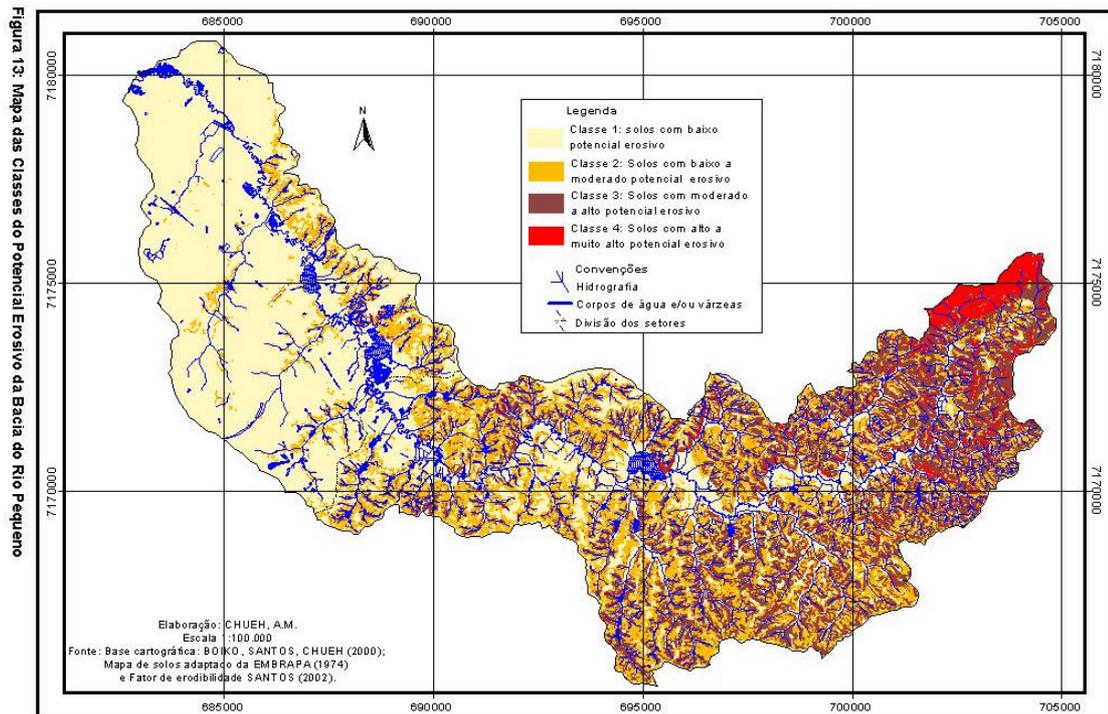
Baseado em BELTRAME (1994)

Os valores da matriz que correspondem ao potencial erosivo dos solos estão representados na Tabela 16.

Tabela 16: Classes de Potencial Erosivo dos Solos da Bacia do Rio Pequeno

CLASSES	POTENCIAL EROSIVO	SÍMB.	ÁREA (km ²)	%
11A	baixo potencial erosivo	PE1	67,20	51,70
12B	baixo a moderado potencial erosivo	PE2	0,06	0,05
21C	moderado a baixo potencial erosivo	PE3	30,60	23,50
22D	moderado a alto potencial erosivo	PE4	0,19	0,14
31E	alto a moderado potencial erosivo	PE5	26,59	20,41
32 F	alto a muito alto potencial erosivo	PE6	1,29	0,99
41G	muito alto a alto potencial erosivo	PE7	3,71	2,80
42H	muito alto potencial erosivo	PE8	0,53	0,41

A representação espacial do potencial erosivo do solo da bacia do rio Pequeno está demonstrado na figura 13.



Para calcular o índice do potencial erosivo de cada setor da bacia expresso na tabela 17, foi adotado o seguinte método: a coluna (1) é o total das áreas das classes de potencial erosivo presentes em cada setor; na coluna (2) foram colocados os respectivos valores superiores dos índices de potencial erosivo (tabela 15); a coluna (3) é o produto dos valores das colunas (1) e (2); sendo que para cada setor

foi obtido o índice do potencial erosivo dividindo-se o valor da somatória das colunas (3) e (1).

Os resultados dos índices totais e seus respectivos símbolos do potencial erosivo dos solos para cada setor, estão demonstrados na tabela 17.

Tabela 17: Cálculo do Potencial Erosivo dos Solos por Setor

SETOR	POTENCIAL EROSIVO	ÁREA (ha)	ÍNDICE DO POT. EROS. DO SOLO (valor sup.)	SUP. REDUZIDA	ÍNDICE DO POT. EROSIVO DO SOLO POR SETOR
		(1)	(2)	(3)	
A	Baixo	420	0,0125	5,25	
	baixo a moderado	6	0,0250	0,15	
	moderado a baixo	495	0,0375	18,56	
	moderado a alto	19	0,0500	0,95	
	alto a moderado	1022	0,0625	63,88	
	alto a muito alto	128	0,0750	9,60	
	muito alto a alto	210	0,0875	18,38	
	muito alto	53	0,1	5,30	
TOTAL		2353		122,07	0,0519
B	baixo	2214	0,0125	27,67	
	baixo a moderado	-	0,0250	-	
	moderado a baixo	2129	0,0375	79,84	
	moderado a alto	-	0,0500	-	
	alto a moderado	1550	0,0625	96,87	
	alto a muito alto	-	0,0750	-	
	muito alto a alto	150	0,0875	13,12	
	muito alto	-	0,1	-	
TOTAL		6043		217,50	0,0359
C	baixo	4089	0,0125	51,11	
	baixo a moderado	-	0,0250	-	
	moderado a baixo	435	0,0375	16,31	
	moderado a alto	-	0,0500	-	
	alto a moderado	86	0,0625	5,37	
	alto a muito alto	-	0,0750	-	
	muito alto a alto	11	0,0875	0,96	
	muito alto	-	0,1	-	
TOTAL		4621		73,75	0,0159

O potencial erosivo do solo por setor e seus respectivos símbolos estão resumidos na tabela 18.

Tabela 18: Potencial Erosivo dos Solos por Setores e Respective SÍmbolos

SETOR	POTENCIAL EROSIVO	ÍNDICE	SÍMBOLO
A	alto a moderado potencial erosivo	0,0519	PE ₅
B	moderado a alto potencial erosivo	0,0359	PE ₄
C	baixo a moderado potencial erosivo	0,0159	PE ₂

Para a descrição das classes do potencial erosivo da bacia, em que estão incluídas informações dos resultados obtidos a partir da elaboração da matriz e também de considerações quanto à geomorfologia, geologia, hipsometria e recomendações de uso geral, as classes intermediárias foram agrupadas considerando-se uma variação para cima na coluna do potencial erosivo, com ênfase na declividade, conforme está demonstrado na figura 13.

Classe 1 - Solos com baixo potencial erosivo: áreas com relevo suave ondulado, declividade nunca superior a 8%, estão presentes principalmente no setor C, onde as altitudes da bacia hidrográfica são menores. Estas áreas aparecem nos fundos de vales e se estendem seguindo o leito do rio Pequeno por quase toda sua extensão e de alguns de seus afluentes de maior expressão. Ocorrem nas áreas dos pequenos Terraços aluvionares e dos Aluviões recentes ou atuais, sobrepostos à Formação Guabirota no terço inferior da bacia e ao Complexo Gnáissico-Migmatítico nos terços médio e superior.

As áreas desta classe equivalem a 6,720 ha ou 51,7% da área total da bacia, presentes quase que em toda extensão do setor C, ocupando 4,110 ha ou 88,54% de sua área. Também com presença significativa no setor B, com 36,64% de sua área. No setor A de maneira menos expressiva, esta classe representa 17,86% de sua área.

Os tipos de solos predominantes nesta classe são os latossolo vermelho-amarelo, gleissolo e organossolo, estes dois últimos se encontram espacialmente contíguos e por apresentarem grau de erodibilidade semelhante foram agrupados nas considerações desta análise. Embora estes solos ocorram em áreas de baixa declividade, muitas vezes não são recomendáveis às culturas agrícolas, pois são solos mal drenados com a presença de várzeas e banhados, impedindo o uso de equipamentos. Nas áreas onde ocorre o latossolo vermelho-amarelo as áreas são adequadas à agricultura, e se eventualmente ocorrer erosão pelo uso intensivo, a

mesma pode ser controlada com práticas simples no manejo (cultivo em curvas de nível, rotação de culturas, etc.).

Classe 2 - Solos com baixo a moderado potencial erosivo: áreas com relevo ondulado, declividade variando entre 8 a 20%, ocorrem com maior frequência nas bases e nas meias encostas, mas apresentam pequenas áreas em topos de morros mais suaves. O embasamento geológico predominante é o Complexo Gnáissico-Migmatítico.

Esta classe corresponde a 3,066 ha ou 23,55% da área total da bacia. Tem maior expressão nos setores B e C, ocupando respectivamente 21,29 ha ou 35,23% e 435 ha ou 9,37%, e, com 495 ha ou 21,04% do setor A. O embasamento geológico é constituído pela Formação Guabirotuba, principalmente no setor C e pelo Complexo Gnáissico-Migmatítico nos demais setores.

Os tipos de solos predominantes nesta classe são o latossolo vermelho-amarelo, o argissolo vermelho-amarelo e, em pequena extensão, presente no setor A, o cambissolo. O latossolo e o argissolo são solos profundos e bem desenvolvidos, no entanto, há de se atentar para o manejo das áreas onde ocorre o argissolo, pois a diferença textural entre os horizontes A e E (que são mais arenosos) e Bt (que é mais argiloso) aliado a outras características morfológicas próprias deste tipo de solo, o tornam muito suscetível à erosão. O cambissolo predominante nos relevos fortemente ondulados e montanhosos é pouco desenvolvido ou raso, com horizonte B incipiente, variando de moderado a bem drenado, sendo este predominante no setor A, no qual não se recomenda nenhuma prática agrícola.

De modo geral, áreas com estas características, ainda que com limitações, podem ser exploradas, pode-se utilizá-las para culturas anuais, desde que sejam aplicadas práticas e manejos de intensiva conservação do solo (plantio em nível, terraceamento, plantio direto, etc.). Contudo, aqui não se recomenda o uso agrícola nas áreas em que aparecem estas classes, sobretudo a partir da porção oriental do médio curso da bacia até o seu alto curso, tanto pela declividade de suas encostas, quanto pelas características do tipo de solo presente (cambissolo), ou seja, pela natureza destas áreas que devem ser destinadas à preservação ambiental permanente.

Classe 3 - Solos com moderado a alto potencial erosivo: áreas com relevo ondulado a forte ondulado, presentes nos topos mais declivosos e comumente no

terço superior das encostas, com declividade bem diversificada, mas superior a 20%. Em sua grande maioria estão sobrepostos ao embasamento geológico do Complexo Gnáissico-Migmatítico.

Esta classe ocupa 2,678 ha ou 20,55% da área total da bacia, ocorre mais significativamente no setor B e A, ocupando respectivamente 1,550 ha ou 25,65% e 10,41 ha ou 44,22%, e com apenas 1,85% ou 435 ha do setor C.

Os tipos de solos desta classe são o argissolo vermelho-amarelo e o cambissolo. Pelas suas características, são áreas não recomendadas ao uso agrícola devido à alta suscetibilidade à erosão, com fortes restrições ao uso de maneira geral, podendo ser utilizadas para reflorestamento com exploração seletiva no médio curso da bacia; no alto curso, entretanto, estas áreas devem ser destinadas à preservação ambiental permanente.

Classe 4 - Solos com alto a muito alto potencial erosivo: áreas com relevo montanhoso a escarpado, com declividade sempre acima de 20% e na encostas mais íngremes da bacia hidrográfica é comum superar a 45%, resultando em 553 ha ou 4,2% do seu total.

O setor A é que melhor retrata esta classe, com 2,63 ha ou 2% da área total da bacia. Neste setor, especialmente na pequena área embasada pelo Complexo Granítico-Gnáissico que aflora na superfície ou onde ocorre o neossolo litólico, nas partes mais altas da bacia, em que as vertentes são muito íngremes e sob os domínios dos 'Mares de Morros' (AB'SABER, 1977) da Serra do Mar, predominam os declives acima de 45%. Esta feição do relevo estende-se até as cabeceiras do rio Pequeno, nas quais predomina o cambissolo até a linha divisória entre os setores A e B, sobre o embasamento geológico do complexo Gnáissico-Migmatítico.

Rumando a oeste, acompanhando o sentido do curso do rio principal, o relevo vai abrandando sua declividade, mas ainda com relevo muito movimentado até a porção oriental do médio curso da bacia hidrográfica. No setor B, o embasamento geológico é o Complexo Gnáissico-Migmatítico e a área ocupada por esta classe é de 150 ha ou 2,48% da área total da bacia; o relevo desta classe se apresenta montanhoso e com forte declividade, principalmente nas encostas das linhas que tangenciam os divisores de água da bacia ao sul e sudeste, e a nordeste deste setor.

No setor C, esta classe praticamente não existe, com apenas 11 ha ou 0,24%, aparecendo nas áreas de transição dos substratos rochosos entre a Formação Guabirota e o Complexo Gnáissico-Migmatítico, em especial nas áreas que predomina este último embasamento geológico, nas encostas dos divisores de água a leste deste setor.

5.2.6 Determinação do Parâmetro Densidade de Drenagem (DD)

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia. Segundo CRISTOFOLETTI (1980, p. 115), esta relação foi definida por Horton (1945) e pode ser expressa pela equação:

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

Onde:
 Dd = Densidade de drenagem (km/km²);
 L_t = Comprimento total dos canais (km); e
 A = Área da bacia (km²).

Conforme VILLELA; MATOS (1975, p.16), a densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial, indicando a eficiência da drenagem da bacia. A densidade de drenagem varia o índice entre 0,5 km/km² para bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km² ou mais para bacias muito bem drenadas.

O quadro 5 representa uma referência à classificação dos valores de densidade drenagem e simbologia utilizada para definição deste parâmetro.

Quadro 5: Classificação dos Valores de Densidade de Drenagem e Respective Símbolos

VALORES DA DD (km/km ²)	QUALIFICAÇÃO DA DD	SÍMBOLO
Menor que 0,5	Baixa	DD1
de 0,5 a 2,00	Mediana	DD2
de 2,00 a 3,50	Alta	DD3
Maior que 3,50	Muito alta	DD4

FONTE: BELTRAME (1994, p. 84)

Para a determinação do parâmetro densidade de drenagem foram calculados os comprimentos dos canais fluviais e as respectivas áreas dos setores da bacia hidrográfica em meio digital, auxiliado pelo programa computacional ArcView 3.2, e posteriormente, aplicada a fórmula descrita anteriormente, cujos resultados são apresentados na tabela 19.

Tabela 19: Valores da Densidade de Drenagem dos Setores A, B, e C

SETOR	Lt (km)	ÁREA (km ²)	DD (km/km ²)	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO
A	118,80	23,53	5,02	muito alta	DD ₄
B	261,60	60,43	4,33	muito alta	DD ₄
C	90,20	46,21	1,95	mediana	DD ₂

5.2.7 Determinação do Parâmetro Balanço Hídrico (BH)

Segundo BELTRAME (1994, p.85), o balanço hídrico é muito importante nesta análise, pois é considerado como mais um indicador potencial natural de degradação ou conservação física da bacia, se houver desequilíbrios na relação de entrada e saída da água, podem ocorrer danos irreversíveis aos recursos naturais renováveis da área de estudo.

Para a determinação deste parâmetro foram utilizadas séries de precipitação e vazão de observações diárias do período de 1965 a 2000 da estação pluviométrica Fazendinha, localizada no curso inferior da bacia do rio Pequeno e o cálculo com base nas normais climatológicas da Estação meteorológica de Piraquara. Estes dados foram obtidos junto ao CEHPAR - Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza, sendo: Precipitação média anual: 1471 mm/ano; Evaporação potencial: 1194 mm/ano e Vazão média diária de 2,79 m³/s.

Segundo SANTOS et al. (2001), entre os modelos mais simples em hidrologia, destaca-se a chamada equação do balanço hídrico, na qual tem-se um determinado intervalo de tempo, em uma bacia hidrográfica qualquer. Desconsiderando a contribuição subterrânea de fora da bacia e a recarga de aquíferos profundos, a equação resulta em: $P - E_{Tr} = D + \Delta S$

Onde:

P = Precipitação;

E_{Tr} = evapotranspiração real;

D = deflúvio; e

ΔS = variação do armazenamento (superficial e/ou subterrâneo).

Para SANTOS et al. (2001), essa equação é conhecida como equação da continuidade, que coloca em evidência as variáveis hidrológicas e meteorológicas

mais importantes. Segundo os autores, "para longos períodos de tempo é usual considerar essa variação do armazenamento como sendo nulo, desconsiderando assim, essa variável da equação" (p.25).

O deflúvio (D) foi obtido dividindo-se a vazão pela área da bacia (em m²) até a estação da Fazendinha, que é de 102 km² e multiplicando-se pelo número de segundos do ano, obtendo-se assim um deflúvio médio anual de 862,6 mm.

Com esses valores e desconsiderando a variação do armazenamento é possível obter a evapotranspiração real anual, completando-se assim o balanço hídrico, portanto: $ETr = P - D$

$$ETr = 1471 - 862,6 = 608,4 \text{ mm/ano.}$$

A evapotranspiração real (ETr) mensal foi obtida corrigindo-se a evapotranspiração potencial (ETp) mensal, a partir do coeficiente de correção (Cf ϕ) com base no balanço hídrico de longo período, ou seja: $Cf\phi = ETr / ETp$

$$Cf\phi = 608,4 \text{ mm/ano} \div 1194 \text{ mm/ano} = 0,5095477$$

Logo:

$$ETr = Cf\phi \cdot ETp$$

Para o cálculo do excedente hídrico (Q), subtraiu-se o total da precipitação (P) da evapotranspiração real (ETr); $Q = P - ETr$, conforme os resultados da tabela 20.

Tabela 20: Balanço Hídrico da Bacia do Rio Pequeno - Período 1965/2000

Meses	Evap. Pot..- ETp (mm)	Evap. Real - ETr (mm)	Precip. - P (mm)	Excedente Hídrico -Q (mm)
Janeiro	140	71,34	193	121,66
Fevereiro	115	58,60	155	96,40
Março	113	57,58	135	77,42
Abril	85	43,31	87	43,69
Mai	68	34,65	99	64,35
Junho	56	28,53	97	68,47
Julho	66	33,63	97	63,37
Agosto	86	43,82	77	33,18
Setembro	87	44,33	120	75,67
Outubro	109	55,54	137	81,46
Novembro	126	64,20	114	49,80
Dezembro	143	72,87	160	87,13
Total	1194	608,40	1471	862,60

Segundo FERRETI (1998), no Estado do Paraná não existe uma classificação qualitativa dos valores dos balanços hídricos; há uma ocorrência de estudos isolados, mas sem a finalidade de estruturar uma classificação estadual.

Portanto, admitiu-se a classificação utilizada por BELTRAME (1994, p. 86), para esta bacia, qualificado como alto, ou seja, sem deficiência hídrica e excedente hídrico entre 780,5 mm/ano e 1561,0 mm/ano, cuja classificação é referência para o Estado de Santa Catarina, haja vista que as condições climáticas são semelhantes.

Considerando-se a área de influência da estação pluviométrica da Fazendinha, situada na bacia do rio Pequeno, os três setores foram classificados com mesmo índice, apresentados na tabela 21.

Tabela 21: Classificação do Balanço Hídrico por Setores e Respective Símbolos

SETOR	EXCEDENTE HÍDRICO	ÍNDICE	SÍMBOLO
A	862,60 mm/ano	Alto	BH ₂
B	862,60 mm/ano	Alto	BH ₂
C	862,60 mm/ano	Alto	BH ₂

6 FÓRMULA DESCRITIVA FINAL

Os parâmetros com os respectivos índices na fórmula descritiva permitem uma análise qualitativa quanto ao índice de preservação dos recursos naturais da bacia.

A fórmula descritiva genérica que foi obtida em cada setor da bacia hidrográfica do rio Pequeno é a seguinte:

$$E(f) = COa + CAb + DMc + Ed + PEe + DDf + BHg$$

Sendo que:

$E(f)$ - representa as condições físicas-ambientais de conservação do setor, que é proporcional aos resultados dos parâmetros.

COa - grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e o uso atual, 'a' é o índice específico do parâmetro, que varia entre 1 - altamente semelhante e 5 - nenhuma semelhança.

CAb - proteção do solo de acordo com o tipo de uso, 'b' é o índice específico do parâmetro, que varia entre 1 - máxima proteção e 7 - nenhuma proteção.

DMc - declividade média, 'c' é o índice específico do parâmetro, que varia entre 1 - plano a suave ondulado e 5 - escarpado.

Ed - erosividade da chuva, 'd' é o índice específico do parâmetro, que varia entre 1 - erosão débil a 4 - erosão muito forte.

PEe - potencial erosivo dos solos, 'e' é o índice específico do parâmetro, que varia entre 1 - baixa e 4 - muito alta.

DDf - densidade de drenagem, 'g' é o índice específico do parâmetro, que varia entre 1 - baixa densidade a 4 - muito alta densidade.

BHg - balanço hídrico, 'g' é o índice específico do parâmetro, que varia entre 1 - balanço hídrico muito alto a 4 - balanço hídrico baixo.

Com base na metodologia utilizada por BELTRAME (1994), e algumas adaptações, o resultado da síntese dos parâmetros dos fatores potenciais de degradação dos recursos naturais, estão expressos de forma numérica por meio da fórmula descritiva final no quadro 6.

Quadro 6: Síntese dos Índices Obtidos em cada Parâmetro por Setor

PARÂMETRO	SETOR A	SETOR B	SETOR C
Cobertura vegetal original	CO3	CO4	CO5
Erosividade da chuva	E3	E3	E2
Declividade média	DM3	DM2	DM1
Potencial erosivo do solo	PE5	PE4	PE2
Cobertura vegetal atual	CA2	CA3	CA4
Densidade de drenagem	DD4	DD4	DD2
Balanço hídrico	BH2	BH2	BH2
SOMATÓRIA DOS ÍNDICES	22	22	18

7 CÁLCULO DO VALOR DO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DA BACIA DO RIO PEQUENO

O resultado das classificações da síntese dos parâmetros, em que o mínimo é 7 (soma de todos os índices iguais a 1), o que representa o melhor índice do estado físico conservacionista que o setor pode apresentar. O valor máximo a ser obtido é 39 (soma de todos os índices com valores máximos), o que representa o pior estado físico que o setor pode apresentar. Com estes valores, mínimo de 7 e máximo de 39, tem-se o ângulo de inclinação da reta (figura 12), para isto foi utilizada a equação da reta (1), cujos resultados estão resumidos na tabela 22, e representam as unidades de risco de erosão por setores na bacia.

$$y = ax + b \quad (1)$$

Se $y = 0$	Se $y = 100$	
$x = 7$	$x = 39$	
$7a + b = 0$	$39a + b - 100 = 0$	$39a + b - 100 = 0$
		$7a + b = 0 \quad (-1)$
		$32a - 100 = 0$
	$a = 3,125$	e $b = 21,875$

Logo a equação da reta é : $y = 3,125x - 21,875$ e $x = 21,875$, que resultará em:

Setor A : $y = 3,125 \cdot 22 - 21,875 = 46,875$ $y = 46,875$

Setor B : $y = 3,125 \cdot 22 - 21,875 = 46,875$ $y = 46,875$

Setor C : $y = 3,125 \cdot 18 - 21,875 = 34,375$ $y = 34,375$

Tabela 22: Unidades de Risco de Erosão por Setores da Bacia do Rio Pequeno

SETORES	UNIDADES DE RISCO (0 - 100)
A	46,875
B	46,875
C	34,375

Alocando-se os valores obtidos sobre um plano cartesiano, cujo valor de cada unidade de risco de degradação física vale 3,125, tem-se a representação do ângulo de inclinação da reta demonstrada na figura 14.

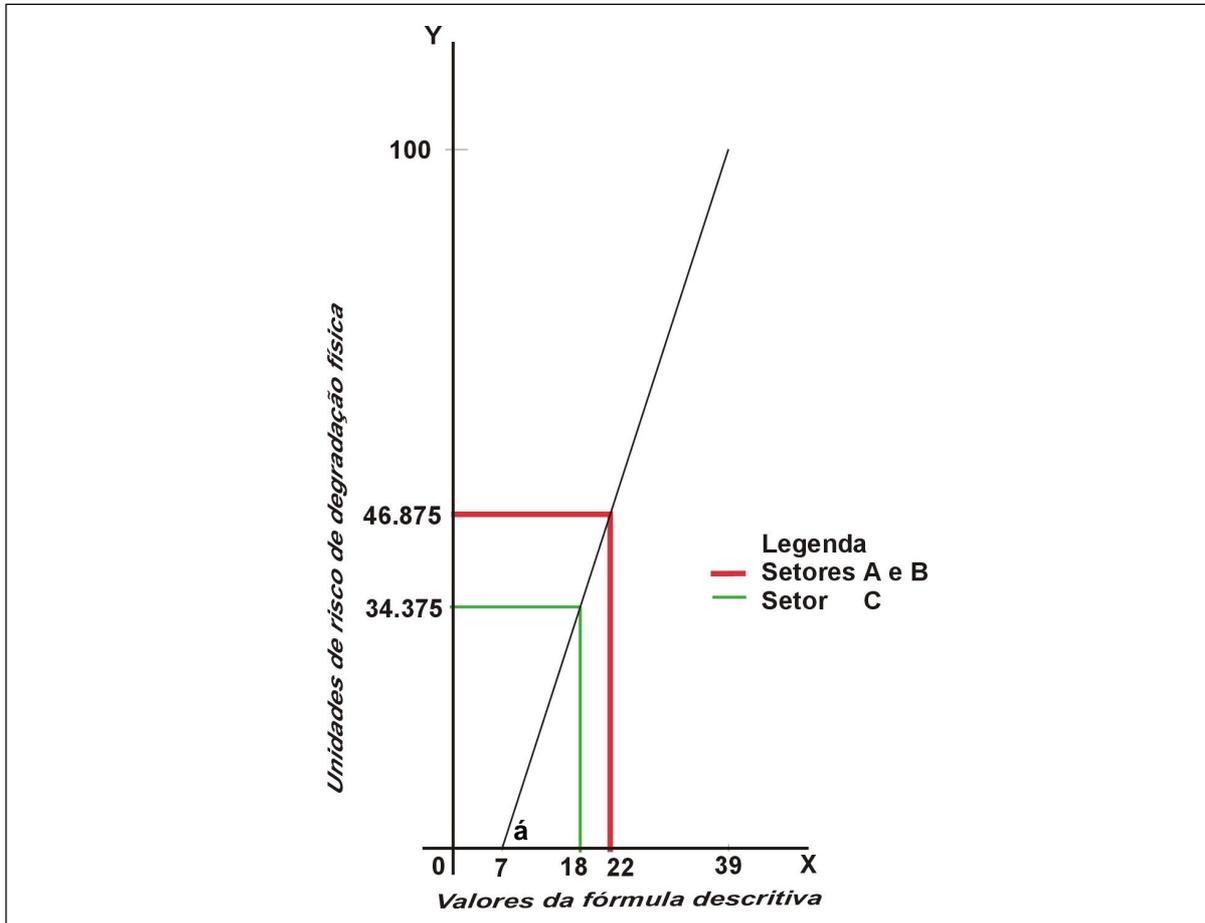


Figura 14: Representação da Equação da Reta dos Valores da Fórmula Descritiva, por Unidades de Risco de Erosão dos Setores da Bacia do Rio Pequeno

Para a representação do estado original da bacia na figura acima, admitindo-se as coordenadas ($x = 7$ e $y = 0$), a reta deveria estar paralela ao eixo das ordenadas, formando um ângulo reto com as abcissas. Desta forma, conclui-se que as condições físico-conservacionistas dos setores é inversamente proporcional ao ângulo (\acute{a}) de inclinação da reta com o eixo das abcissas, ou seja, quanto menor o ângulo de inclinação, piores são as condições dos recursos naturais nos setores da bacia, e por sua vez, maior o risco de degradação física.

8 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA

Comparando-se os resultados dos índices dos parâmetros da fórmula descritiva dos setores, verificou-se que:

a) a cobertura vegetal original (CO) do setor C, dentre os demais, é a que apresentou menor semelhança com a atual, demonstrando que as alterações ocorridas na cobertura original foram mais intensas. Haja vista que as áreas próximas da foz do rio Pequeno estão no limite de expansão urbana da RMC de Curitiba, e também originalmente estas áreas eram cobertas por campos, onde o relevo com baixas declividades favoreceu ainda mais a sua urbanização, que representa 16,3% da área total deste setor. Nas áreas mais a montante os campos foram tomados pelo uso de práticas agropecuárias intensivas, com 63,48% da área total do setor.

b) a cobertura vegetal atual (CA) oferece menos proteção ao solo nos setores B e C, onde podem ser observadas as maiores alterações nas coberturas originais. Enquanto que o setor A é o que menos sofreu alterações em sua cobertura, predominando o uso como áreas de florestas ou fases inicial ou intermediária da sucessão, principalmente pela dificuldade de acesso decorrente da natureza do relevo.

c) para a declividade média (DM) utilizou-se a base cartográfica em escala 1:10.000 e equidistância de cinco metros entre as curvas de nível, o que confirmou a elevada amplitude do gradiente do canal principal entre os setores A e B, apresentado no perfil longitudinal do rio principal (figura 6). Também, comparando-se este índice entre os setores A, B e C, torna-se compreensível as diferentes feições do relevo na bacia (figura 8).

d) a erosividade da chuva (E) nos setores A e B apresentou o mesmo índice, em razão da influência orográfica da Serra do Mar, enquanto que no setor C o índice foi menor.

e) o potencial erosivo dos solos (E) apresentou-se menor no setor C, tendo em vista que os fatores determinantes neste parâmetro são a declividade e a suscetibilidade do solo à erosão. É neste setor que o relevo apresenta-se plano a suave-ondulado e os tipos de solos predominantes (latossolo, gleissolo e

organossolo) não favorecem o desenvolvimento de processos erosivos. Enquanto que os setores A e B, respectivamente, apresentaram índices maiores do potencial erosivo dos solos, com solos mais suscetíveis à erosão, combinados com a declividade mais acentuada.

De maneira geral, a bacia hidrográfica do rio Pequeno apresentou uma cobertura vegetal com baixa semelhança da original, com forte erosividade da chuva e potencial erosivo dos solos altos.

Os resultados obtidos propiciaram uma análise quantitativa do potencial de degradação de cada setor. Como resultados finais, os setores A e B apresentaram igual valor quanto ao risco de degradação física - 46,875 unidades de risco de degradação física (figura 14), demonstrando que estão sob as mesmas condições em termos de conservação física do ambiente, tendo em comum os índices de erosividade da chuva (E3), densidade de drenagem (DD4) e balanço hídrico (BH2).

Estes setores apresentaram os maiores índices do potencial erosivo dos solos, respectivamente (PE5) e (PE4), com solos mais suscetíveis à erosão, combinados com a declividade mais acentuada, particularmente no setor A. No setor B, deve-se ter uma atenção especial nas medidas conservacionistas, pois o uso do solo atual mostra que há intensificação do uso agropecuário, o qual vem avançando sobre os demais tipos de uso que poderiam propiciar maior proteção ao solo.

No setor C os resultados dos índices dos parâmetros demonstraram características distintas dos outros, a exceção do balanço hídrico (BH), nenhum outro foi semelhante aos demais setores. Embora com índice menor - 34,375 unidades de riscos de erosão, que os demais, foi o que teve alterações mais significativas na sua cobertura vegetal original, a qual foi substituída pelos tipos de usos agropecuário e por áreas urbanas, o que pode intensificar os impactos ambientais negativos, devendo estas alterações serem consideradas no planejamento e nas medidas conservacionistas a serem adotadas.

8.1 CONFLITOS NO USO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO

Para uma melhor avaliação dos tipos de usos do solo na bacia foram estabelecidas situações conflitantes nos tipos de usos que resultam em sobreutilização ou subutilização de determinadas áreas, que podem acarretar a degradação dos recursos naturais, principalmente nas áreas em que o tipo de uso ultrapassa a capacidade física do ambiente em absorver os impactos ambientais, inerentes às atividades que estão sendo desenvolvidas naquela área. Isto gera desequilíbrios que podem se manifestar nas próprias áreas da sobreutilização, ou ainda nas áreas subutilizadas, como por exemplo no assoreamento dos rios pelo transporte de material erodido em consequência do desmatamento ou pela ocupação urbana desordenada às margens dos rios, que pode atingir outras áreas indiretamente.

Desta forma, para uma melhor avaliação quanto ao uso do solo na bacia do rio Pequeno, foi elaborado um mapa dos conflitos do uso do solo na bacia em estudo (figura 15), que é resultado da correlação entre o mapa de potencial erosivo dos solos (figura 13), com o mapa de uso do solo atual (figura 11). Este cruzamento das informações foi efetivado por meio do programa computacional ArcView 3.2, possibilitando a espacialização e a quantificação (tabela 23) das áreas das classes definidas em:

Áreas subutilizadas: esta classe representa as áreas que pelas suas características físicas não estão com seu uso adequado, estão aquém do limite de sua capacidade

No setor C, estas áreas abrangem as matas de galerias e os capões dos remanescentes da floresta ombrófila mista e do capoeirão e/ou capoeira, exceto as áreas de preservação permanente.

Nos demais setores devem ser mantidas como área de preservação ambiental, pois foram consideradas nas áreas em que predomina a cobertura vegetal classificada em capoeirão ou fase da sucessão intermediária, haja vista que estas áreas estão em recuperação. Esta classe corresponde, respectivamente, a 33,9; 42,3 e 14,16% das áreas dos setores A, B e C.

Áreas correspondentes: são áreas que estão sendo utilizadas conforme sua capacidade de uso, pelas características físicas apresentadas.

No setor A, as áreas desta classe estão localizadas nas cabeceiras do rio Pequeno que abrangem as florestas ombrófilas densa e mista montana, mais as áreas em que a cobertura vegetal é o capoeirão ou está na fase intermediária da sucessão, seguindo à jusante do rio principal, até a linha divisória com o setor B. Estas áreas representam 45,55% do setor A.

No setor B, esta classe equivale a 32,75% de sua área total, representando as áreas a oeste deste setor, onde o relevo favorece ao uso agrícola com práticas de conservação e a sudeste se estendendo até a parte central, em que ocorrem as áreas dos remanescentes da floresta ombrófila mista montana ou capoeirão, onde a cobertura vegetal está na fase de sucessão intermediária.

Para o setor C, foram consideradas as áreas em que os tipos de uso são as áreas urbanizadas e agrícola, admitindo-se que são aplicadas técnicas adequadas no manejo do solo para este último. Estas áreas representam 77,13% deste setor.

As áreas sobreutilizadas: são as áreas que deveriam ser destinadas à manutenção da cobertura vegetal de maior porte arbóreo, mas estão com outro uso.

No setor A esta classe representa 20,55% de sua área, é mais expressiva nas áreas localizadas a sul e sudeste deste setor e corresponde a capoeira ou a cobertura vegetal em fase inicial da sucessão e áreas com uso agrícola.

Esta classe está presente em toda extensão do setor B, representando 24,86% de sua área, a qual tem no seu uso as práticas agropecuárias, principalmente a oeste, mas com áreas significativas na parte central e próximo a linha divisória com o setor A. Também está caracterizado nesta classe, o tipo de uso em que predomina a capoeira ou a fase inicial da sucessão vegetal a sudeste do setor.

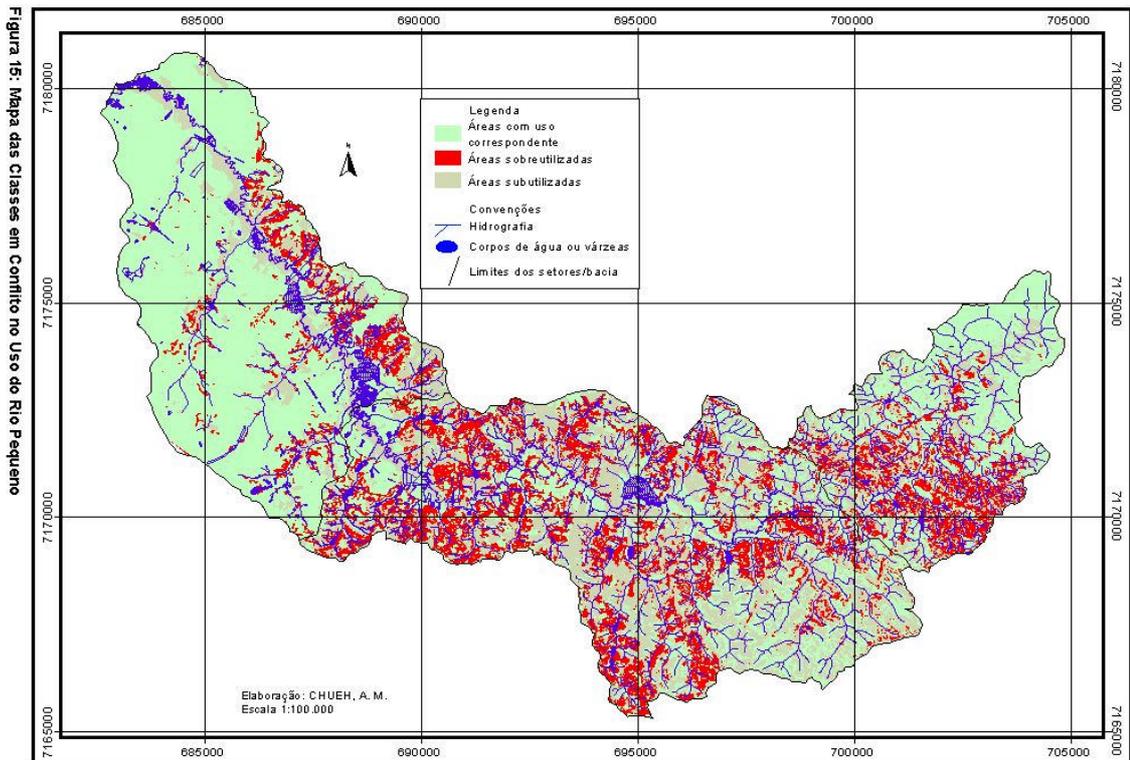
Dentre os demais, o setor C é o que tem a menor ocorrência desta classe, com 8,71% de sua área. Onde a sobreutilização é representada nas áreas em que predominam o uso agropecuário.

Cabe ressaltar que as classes que representam as áreas correspondentes ao tipo de uso, foram consideradas admitindo-se que, para o seu uso, são aplicadas técnicas de manejo e de controle da erosão para conservação do solo nas práticas agrícolas e de saneamento básico nas áreas urbanas.

O total das classes conflitantes e seus respectivos usos por setores estão demonstradas na tabela 23.

Tabela 23: Classes conflitantes Totais e por Setores na bacia do Rio Pequeno

CLASSES	SETORES						TOTAL DA BACIA	
	SETOR A		SETOR B		SETOR C		área (ha)	%
	área(ha)	%	área (ha)	%	área (ha)	%		
Áreas subutilizadas	797,7	33,9	2559,9	42,38	654,5	14,16	4012,0	30,82
Áreas com usos correspondentes	1071,8	45,55	1980,5	32,75	3564,1	77,13	6616,5	50,83
Áreas sobreutilizadas	483,5	20,55	1502,6	24,87	402,4	8,72	2388,5	18,35
TOTAL	2353	100	6043	100	4621	100	13017	100



8.2 PROPOSTA DE USO RACIONAL DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO

Considerando os resultados obtidos da classificação dos conflitos do uso do solo na bacia do rio Pequeno, foi elaborada uma proposta para o uso racional do solo, representado pela figura 15, em que foram definidas as classes como:

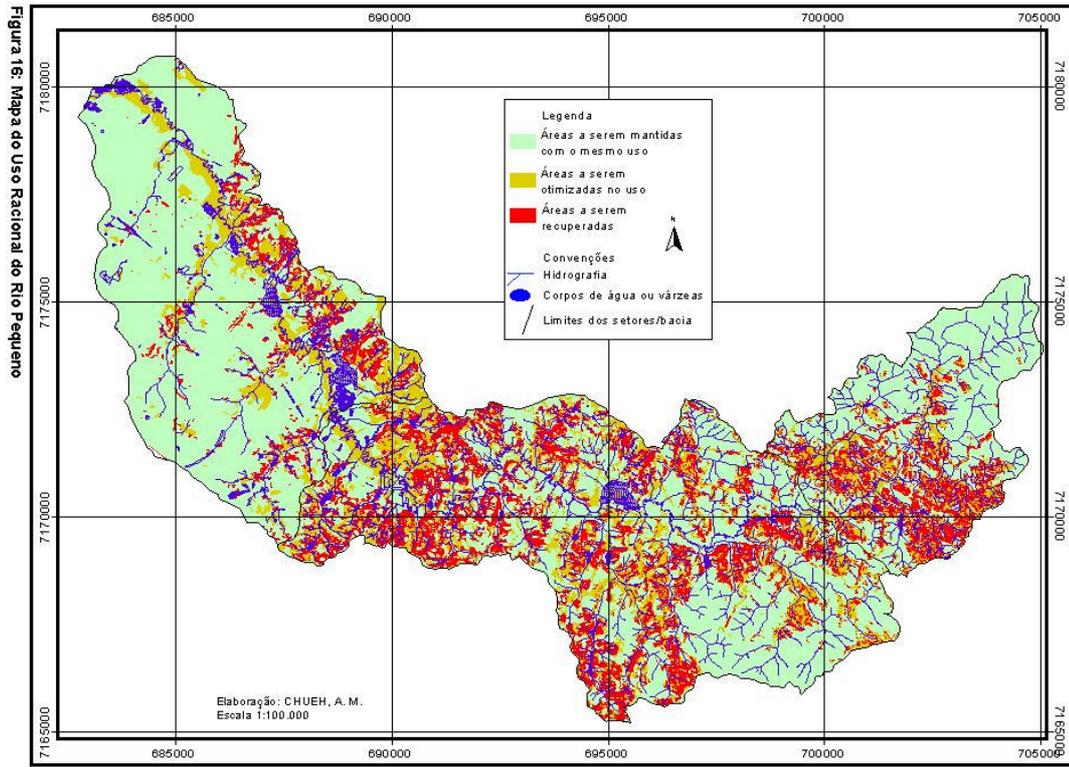
Áreas a serem otimizadas no uso: são as áreas que devem ter melhores condições à manutenção da cobertura vegetal. Haja vista que esta classe, de maneira geral é predominante nas áreas de preservação ambiental nos setores A e B, ou de preservação permanente em todos os setores, representando 16,8% da área total da bacia.

Áreas a serem recuperadas: são as áreas que estão sobreutilizadas por uso inadequado e também estão localizadas em áreas de preservação ambiental ou preservação permanente e necessitam de ações mitigadoras que favoreçam o desenvolvimento da cobertura vegetal, principalmente nos setores A e B, considerando-se a função destas áreas, e no setor C, nas áreas mais declivosas ao longo dos canais fluviais. Representa 18,4% da área total da bacia.

Áreas a serem mantidas o mesmo uso: são as áreas que estão adequadas ao uso atual, mas considerando-se que práticas conservacionistas sejam aplicadas para cada uso que lhe couber para se evitar a degradação ambiental. Ocupando 64,8% do total da bacia, esta classe é representada no setor C pelo uso agropecuário e pelas áreas urbanas, nos demais setores é representada pelos remanescentes da cobertura vegetal. O total das classes e seus respectivos usos por setores estão demonstradas na tabela 24.

Tabela 24: Classes Totais e por Setores do Uso Racional do Solo

CLASSES	SETORES						TOTAL DA BACIA	
	SETOR A		SETOR B		SETOR C		área (ha)	%
	área(ha)	%	área (ha)	%	área (ha)	%		
Áreas a serem otimizadas no uso	366,8	15,59	1163,50	19,25	654,5	14,16	2190,25	16,8
Áreas a serem recuperadas no uso	484,3	20,58	1502,05	24,85	400,9	8,68	2387,25	18,4
Áreas a serem mantidas o mesmo uso	1501,9	63,83	3372	55,81	3565,6	77,16	8439,50	64,8
TOTAL	2353	100	6043	100	4621	100	13017	100



9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do DFC - Diagnóstico Físico-Conservacionista se mostrou eficiente na avaliação da degradação física da bacia hidrográfica em estudo. No entanto, não se tratou de uma simples aplicação metodológica pronta e acabada, pois o aperfeiçoamento e o incremento de soluções na obtenção dos índices dos parâmetros da fórmula proposta é consequência de exercícios metodológicos, proporcionados pelos experimentos acadêmicos ou pela utilização da metodologia como suporte no planejamento de bacias hidrográficas. É importante lembrar que os resultados deste diagnóstico devem estar integrados a outros diagnósticos específicos, tais como: condições socioeconômicas da população, a qualidade da água, análise das características da fauna, entre outras, para que se possa determinar não só os fatores naturais, mas também os fatores sócioambientais que possibilitam a degradação da bacia hidrográfica, isto resultará em um diagnóstico ainda mais amplo, o Diagnóstico Integral de Bacias Hidrográficas (DIBH).

Contudo, para o desenvolvimento desta pesquisa, foi necessário adequar a proposta de BELTRAME (1990) às condições próprias da área de estudo. Tanto pelas peculiaridades da mesma, quanto pela aquisição dos dados que subsidiassem a obtenção dos índices que compõem cada parâmetro da fórmula descritiva final.

Desta forma, realizaram-se algumas adaptações que permitiram uma análise mais precisa. Dentre elas pode-se destacar a obtenção do índice do parâmetro da cobertura vegetal atual, pois para a obtenção do mesmo foi preciso adaptar os valores do grau de proteção fornecido ao solo conforme seu uso, pois as tabelas apresentadas por BELTRAME (1994) e FERRETI (1998) não contemplavam todos os tipos de uso correntes nesta análise. Portanto, faz-se necessário salientar que se busquem estudos que referenciem a relação da proteção do solo com o tipo de uso ou cobertura que nele ocorre. Especialmente para os casos em que há a presença significativa de áreas urbanas, possibilitando desta forma maiores subsídios às análises na utilização desta metodologia.

Outra modificação foi no parâmetro erosividade da chuva, para o qual utilizaram-se os índices de referência desenvolvidos por RUFINO et al. (1993) para o Estado do Paraná, que hierarquizados resultaram em quatro classes de erosividade.

No parâmetro do potencial erosivo dos solos, foram admitidos como referência os valores de erodibilidade do solo propostos por PUNDEK (1994), expresso pelo fator K.

Para o parâmetro balanço hídrico, não foi encontrado nas pesquisas bibliográficas qualquer classificação que referencie o índice do excedente ou *déficit* hídrico para o Estado do Paraná, sendo utilizado o mesmo de BELTRAME (1994).

De maneira geral, foram estas as adaptações mais expressivas feitas para a obtenção dos índices específicos destes parâmetros.

O conflito entre a expansão do uso do solo, potencializado pelas práticas que geram impactos ambientais, e a necessidade de manutenção das áreas desta bacia como área de preservação ambiental, mostra a importância em ser efetivado um plano de ação que contemple estas contradições. Haja vista que as alterações na superfície de uma área podem levar o ambiente ao desequilíbrio, e por sua vez à degradação de seus recursos naturais, especialmente o solo e os recursos hídricos.

As transformações decorrentes do uso do solo da bacia do rio Pequeno foram se intensificando, sobretudo nas três últimas décadas, principalmente no baixo curso com a implantação de áreas urbanizadas, as quais estão localizadas especialmente no setor C e consolidadas de forma irreversível. Embora as características físicas deste setor estejam suportando as ações antrópicas que podem acelerar os processos erosivos, e também, diante da possibilidade de contaminação do solo e dos canais fluviais com resíduos de esgotos doméstico e/ou industrial decorrentes das áreas urbanizadas, é necessário dotá-las de infraestrutura e desenvolver mecanismos de controle do aumento do escoamento superficial, face a impermeabilização do solo.

Outra atividade que pode proporcionar alterações que produzem efeitos degradantes ao ambiente como um todo, e diretamente ao solo, é a agropecuária, sendo relevantes as práticas agrícolas. Este tipo de uso está presente em toda extensão da bacia, mas com maior intensidade nos setores B e C, onde normalmente praticam-se culturas de ciclos curtos ou temporários, com ênfase nas hortaliças, o que demanda maiores cuidados nas práticas conservacionistas, tanto pela degradação física, quanto pela contaminação química do solo, comprometendo-se assim, também os cursos de água.

As características físicas das áreas localizadas no alto curso da bacia e em parte do médio curso, onde foram delimitados os setores A e B, potencialmente são as mais vulneráveis à degradação do solo se houver alteração na cobertura vegetal, em razão da declividade acentuada do relevo. Sendo necessário, portanto, preservar as áreas com florestas e favorecer a recuperação das áreas que tenham sofrido alterações nas suas características originais.

Entretanto, considerando-se que nesta bacia hidrográfica existe uma APA - Área de Proteção Ambiental - que abrange todo o setor A e quase que todo o B, tem que haver um controle efetivo pelos órgãos governamentais limitando os tipos de uso, objetivando minimizar os impactos ambientais negativos nas áreas dos mananciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, A. N.; MÜLLER-PALTBER, C.(orgs.) **Previsão de Impactos**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998. p. 27 - 50.

AB' SABER, A. N. Potencialidades paisagísticas brasileiras. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 55, USP/IGEO,1977.

AMARAL, S. B. do **Aspectos da relação entre Uso - Ocupação do solo e qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Pequeno - São José dos Pinhais/Pr**. Curitiba, 2002. 115 p. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) - Dep. de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

_____. **Proposta metodológica para diagnóstico do meio físico com fins conservacionistas de pequenas bacias hidrográficas - um estudo da bacia do rio do Cedro (Brusque - SC)**. Florianópolis, 1990. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global - esboço metodológico. **Caderno de ciências da terra**, São Paulo, USP, Instituto de Geografia, 1971.

BIGARELA J.J.; SALAMUNI, R. Caracteres texturais dos sedimentos da bacia de Curitiba. **Boletim da Universidade do Paraná**, Curitiba, Inst. de Geologia, n.7,1962.

BOIKO, J. D. **Mapeamento preliminar da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Pequeno, Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2000. Monografia (Conclusão de Curso) - Dep. de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: HUCITEC: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979. p. 01 - 14.

_____. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher,1999.

CHUEH, A. M. **Legislação ambiental e meio ambiente na bacia hidrográfica do rio Pequeno: situação atual e possibilidades**. Curitiba, 2000. Monografia (Conclusão de Curso) - Dep. de Geografia, Setor de Ciências da Terra, UFPR.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia - uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

COMEC - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. **Relatório ambiental da Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 1997.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: _____. **Geomorfologia e meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 337 - 381.

DOMINGUES, Z. H. **História da cobertura florestal de Guaraqueçaba, PR**: estudo de caso da bacia do rio Tagaçaba. Curitiba: UFPR, 2004. 209 p. Tese (Doutorado em Meio ambiente e desenvolvimento), Universidade Federal do Paraná.

DURHAN, E. **A caminho da Cidade**. São Paulo: Perspectiva, 1973.

EMBRAPA. **Mapa de solos do Estado do Paraná**. Escala 1:600.000. Curitiba, 1974.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FERRETTI, E. R. **Diagnóstico físico conservacionista - DFC da bacia do rio Marrecas - sudoeste do Paraná**. Curitiba, 1998. 194 p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná.

FIRKOWSKI, O. L. C. Industrialização, questão ambiental e Mercosul. Breve análise da inserção do Paraná. **RA'E GA - O espaço geográfico em análise**, Curitiba, ano 2, n.º 02, Editora UFPR, 1998, p. 85 - 106.

FUCK, R. A. **Geologia da folha de Piraquara**. 1976. 64 p. Relatório técnico.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico - Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

GUIMARÃES, J. L. B. - **A relação entre a ocupação do solo e o comportamento hídrico na bacia hidrográfica do rio Pequeno - São José dos Pinhais - Pr**. Curitiba, 2000. Dissertação (Mestrado em Conservação da Natureza) - Setor de Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas climáticas do estado do Paraná 1994**. Londrina: IAPAR, 1994, p. 06.

KLEIN, R.M.; HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores (Paraná). **Boletim da Universidade do Paraná**, Curitiba, Instituto de Geologia, n.4,1962.

LIMA - E - SILVA, P. P. de ; GUERRA, A. J. T.; DUTRA, L. E. D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. In: CUNHA, S.B. da ; GUERRA, A.J.T. **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 218 - 259.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Papelaria Roesner Ltda., 1968.

MENDONÇA, F. **Geografia física: ciência humana?** São Paulo: Contexto, 1989. (Coleção repensando a geografia).

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto - Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. p.1 - 185.

PARANÁ. Decreto n. 1.752, de 06 de maio de 1996. Dispõe sobre a regulamentação do uso e da ocupação das diversas atividades humanas de modo a assegurar a proteção, melhoria e recuperação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Pequeno e que deverá ser garantida a potabilidade da água coletada para consumo da população da Região Metropolitana de Curitiba. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. Curitiba, 2ª feira, 06 de maio de 1996.

PARANÁ, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Mapeamento da Floresta Atlântica do Estado do Paraná**: cartilha de apoio à interpretação das cartas de vegetação. Curitiba, 2002.

PASSOS, E. et al. Compartimentação morfológica da região metropolitana de Curitiba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 6-13/11/1988, Belém. **Resumos ...** Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1998. p. 446.

PUNDEK, M. Utilização prática da equação de perdas de solo para as condições de Santa Catarina In: SANTA CATARINA - Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação**: projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2. ed. Florianópolis: EPAGRI, 1994. p. 99 - 131.

ROCHA, A. L. **Caracterização ambiental, hidrogeológica e geoquímica dos depósitos aluvionares da bacia hidrográfica do rio Pequeno - Região Metropolitana de Curitiba - PR**. Curitiba, 1996. 157 p. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental), Universidade Federal do Paraná.

RODERJAN, C. V. et al. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciência e Ambiente - Fitogeografia do Sul da América**, Santa Maria - RS, Universidade Federal de Santa Maria, n. 24, p.75 -92, 2002.

ROMANEL, M. C. T. S. **Análise temporal do uso - ocupação do solo na bacia hidrográfica do arroio Arujá em São José dos Pinhais - PR**: implicações sócioambientais. Curitiba, 2001. Dissertação (Mestrado em análise e gestão ambiental) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e planejamento**. S. Paulo: Contexto, 1990.

_____. Geomorfologia aplicada aos EIAs - RIMAS. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (orgs.) **Geomorfologia e meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 291 - 335.

RUFINO, R. L. et al. **Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná: terceira aproximação**. R. bras. Ci., Campinas, v. 17, 1993, p. 439 - 444.

SANTOS, C. I. S. dos **Avaliação de Perdas de Solo por Erosão Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno - São José dos Pinhais/Pr**. Curitiba, 2002. 69 p. Monografia (Conclusão de Curso) - Dep. de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

SANTOS, I. dos **Modelagem geobiohidrológica como ferramenta no planejamento Ambiental: Estudo da bacia hidrográfica do rio Pequeno - São José dos Pinhais/Pr**. Curitiba, 2001. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SANTOS, I. dos. et al. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: Lactec, 2001. 372 p.

SANTOS, M. **Metamorfose do espaço habitado**. 4. ed. São Paulo: Hucitec, 1996.

SILVEIRA, A. L.L.. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993. p. 35-51.

TONETTI, J.B. **Mapa integrado de ambientes com instabilidade potencial na bacia do rio Pequeno - São José dos Pinhais**. Curitiba, 1993. Monografia (especialização) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

TREMARIN, A. R. **Análise do processo de ocupação e verticalização dos setores estruturais norte e sul de Curitiba no contexto do planejamento urbano**. Curitiba, 2001. Dissertação (Mestrado em Produção do Espaço Urbano)- Dep. de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão In: I FÓRUM GEO - BIO - HIDROLOGIA - ESTUDOS EM VERTENTES E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998. p. 39 - 49.

ULTRAMARI, C.; MOURA, R. **Metrópole: Grande Curitiba: teoria e prática**. Curitiba: IPARDES, 1994.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. p. 8 - 28.