

ELIANE REGINA FERRETTI

**DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA - DFC:
INSTRUMENTO PARA O PLANO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS -
UMA APLICAÇÃO NA BACIA DO RIO TAGAÇABA – MUNICÍPIO DE
GUARAQUEÇABA - PR**

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Área de Concentração em Geologia Ambiental. Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador Principal:
Prof. Dr. Naldy Emerson Canali

Co-Orientador:
Prof. Dr. Alberto Pio Fiori

CURITIBA

2003

TERMO DE APROVAÇÃO

ELIANE REGINA FERRETTI

“DIAGNOSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA-DFC: INSTRUMENTO PARA O PLANO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS - UMA APLICAÇÃO NA BACIA DO RIO TAGAÇABA – MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA - PR”.

Tese de Doutorado aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Curso de Pós-Graduação em Geologia, com área de concentração em Geologia Ambiental, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos Professores:

Prof. Dr. Naldy Emerson Canali
Presidente

Prof. Dr. Eduardo Salamuni

Prof. Dr. Helmut Troppmair

Profa. Dra. Chisato Oka Fiori

Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe



Curitiba, 04 de julho de 2003.

À minha mãe **Iraci** e à minha filha **Mariane**, que sempre estão do meu lado. Sem vocês, eu não chegaria aonde cheguei.... Muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

Esta tese foi possível, pois contamos com a colaboração e apoio de muitas instituições e pessoas. Queremos registrar nosso agradecimento e gratidão:

Ao Prof. Dr. Naldy Emerson Canali pelas orientações, discussões e incentivo e, também, pela sua paciência e confiança tornando possível a realização deste trabalho.

À minha família (irmãos, irmã e sobrinhos) que, sem o apoio de vocês eu teria desistido, principalmente, no episódio que culminou na perda do nosso querido irmão Edson.

Às amigas Dirce Grando Diaz Santis, Kátia Regina Cofferi Pazzinato e Valquíria Renk, pelas proveitosas conversas, discussões, apoio, incentivo e amizade recebidos ao longo destes anos como professoras e geógrafas que somos.

À amiga Andréa Cristina Giongo Hauch, pela correção do conteúdo geológico e, também, pelas conversas, discussões, apoio, incentivo e amizade ao longo desses anos.

Ao amigo Prof. Dr. Uraci Castro Bomfim pelo apoio e “cobrança”. Sem a sua cobrança, possivelmente, a pesquisa não teria sido concluída.

Ao amigo Juliano Enrique Dias pelo “trabalho braçal” de edição dos mapas e, também, pelas aulas que recebi de Geoprocessamento e Corel Draw.

À Prof.^a Regina Halu, pela tradução do resumo para o inglês.

Aos demais professores do curso de Geografia da Universidade Tuiuti do Paraná.

À Universidade Tuiuti do Paraná pelo apoio na pesquisa que culminou com a tese. Muito obrigado.

Ao Departamento de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar este curso.

Aos alunos da graduação, pelo incentivo, confiança e amizade.

A todos que, direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Termo de Aprovação	ii
Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Lista de Figuras	vii
Lista de Quadros	ix
Resumo	xiii
<i>Abstract</i>	xiv
1 - INTRODUÇÃO	001
2 - REFERENCIAL TEÓRICO	009
2.1 - Análise Sistêmica: como instrumento de planejamento de bacias hidrográficas.....	009
2.2 - O Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC.....	018
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	032
4 - A BACIA DO RIO TAGAÇABA	038
4.1 - A bacia do rio Tagaçaba e o contexto do litoral paranaense	038
4.2 - Processo de ocupação	042
4.3 - Geologia e Geomorfologia.....	048
4.4 - Clima	060
4.5 - Hidrografia	067
4.6 - Pedologia	070
4.7 - Vegetação e Uso do Solo	080
4.8 - Zonas Ambientais.....	088
5 - APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA NA BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR	093
5.1 - Setorização da Bacia	093
5.2 - Cobertura Vegetal Original – Parâmetro CO	109
5.3 - Proteção da Cobertura Vegetal Atual ao Solo - Parâmetro CA	111
5.4 - Declividade Média – Parâmetro DM	117
5.5 - Erosividade da Chuva - Parâmetro E	123

5.6 - Potencial Erosivo do Solo – Parâmetro PE	127
5.7 - Densidade de Drenagem - Parâmetro DD	136
5.8 - Balanço Hídrico - Parâmetro BH	138
5.9 - Valor do Processo de Degradação da Bacia do Rio Tagaçaba	140
5.10 - Estado Ambiental da Bacia do Rio Tagaçaba	144
6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	157
6.1 - Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE.....	159
6.2 – O Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC	161
6.3 – O DFC e o ZEE como instrumentos de planejamento ambiental na APA de Guaraqueçaba	186
7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	191
7.1 - Bacia do Rio Tagaçaba	191
7.2 - Metodologia Utilizada.....	194
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	200
9 - BIBLIOGRAFIA	205

LISTA DE FIGURAS

01 - Localização da Bacia do Rio Tagaçaba no Estado do Paraná	006
02 - Carta Imagem da Bacia do Rio Tagaçaba – Pr	007
03 - Carta Geológica da Bacia do Rio Tagaçaba - PR	052
04 - Carta Hipsométrica da Bacia do Rio Tagaçaba – Pr	056
05 - Carta Clinográfica da Bacia do Rio Tagaçaba - PR	058
06 - Carta Hidrográfica da Bacia do Rio Tagaçaba - PR	068
07 - Carta Pedológica da Bacia do Rio Tagaçaba - PR	073
08 - Carta da Localização dos Núcleos Urbanos da Bacia do Rio Tagaçaba - Pr.....	082
09 - Carta de Uso Atual do Solo da Bacia do Rio Tagaçaba - Pr.....	084
10 - Carta das Zonas Ambientais da Bacia do Rio Tagaçaba - Pr.....	089
11 - Perfis Longitudinais dos Rios Tagaçaba, Capivari e Potinga.....	105
12 - Carta de Setorização da Bacia do Rio Tagaçaba - Pr - Sub-bacia do Rio Tagaçaba.....	106
13 - Carta de Setorização da Bacia do Rio Tagaçaba - Pr - Sub-bacia do Rio Capivari.....	107
14 - Carta de Setorização da Bacia do Rio Tagaçaba - Pr - Sub-bacia do Rio Potinga.....	108

15 - Curvas Hipsométricas dos Setores das Sub-bacias da Bacia do Rio Tagaçaba - PR	120
16 - Carta do Potencial Erosivo dos Solos da Bacia do Rio Tagaçaba.....	129
17 - Índice da Degradação Ambiental por Setores da Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	143
18 - Carta dos Conflitos de Uso do Solo da Bacia do Rio Tagaçaba	149
19 - Carta do Uso Racional do Solo - Proposta - Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	151
20 – Carta Hidrográfica da Bacia do Rio Marrecas.....	167
21 - Carta de Setorização da Bacia do Rio Marrecas	169
22 – Carta dos Conflitos de Uso do Solo da Bacia do Rio Marrecas	183

LISTA DE QUADROS

01 - Classificação Quanto ao Grau de Semelhança para o Parâmetro CO.....	021
02 - Classificação do Tipo de Cobertura Vegetal Quanto à Proteção Fornecida ao Solo - Parâmetro CA	022
03 - Parâmetro CA - Índice de Proteção Total.....	023
04 - Classes de Declividade e Subíndices – Parâmetro DM.....	024
05 - Classificação dos Índices de Erosividade da Chuva para o Estado do Paraná.....	026
06 - Escalonamento do Potencial Erosivo dos Solos, Qualificação e Símbolo.....	027
07 - Classificação da Densidade de Drenagem - Parâmetro DD.....	028
08 - Classificação Qualitativa dos Valores do Balanço Hídrico e respectivos Símbolos para Santa Catarina.....	030
09 - Materiais e Informações Utilizadas para o DFC da Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	035
10 - Zonas Ambientais da APA de Guaraqueçaba – Pr	047
11 - Precipitação Anual e Temperatura Média Anual na Estação de Guaraqueçaba no Período de 1978 a 2000 e Precipitação Anual No Posto Passo do Vau no Período de 1975 a 1999.....	064
12 - Total de Chuva Anual, Máxima e Número de Dias com Chuvas no Posto Passo do Vau – Guaraqueçaba para o Período de 1975 a 1999.....	066
13 - Hierarquia Fluvial e Relação de Bifurcação da Bacia do Rio Tagaçaba - Pr	069
14 - Comparação da Classificação de Solos Anteriormente Utilizada com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999) - Bacia do Rio Tagaçaba - Guaraqueçaba - PR.....	071

15 - Tipos e Localização dos Solos da Bacia do Rio Tagaçaba - Guaraqueçaba - Pr.....	079
16 - Usos e Cobertura do Solo do Município de Guaraqueçaba - PR 1980/1999.....	081
17 - Uso Atual do Solo da Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	087
18 - Relação das Sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio Tagaçaba - Pr e utilizadas para a Análise Morfométrica	096
19 - Ordem de Hierarquia Fluvial das Sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio Tagaçaba - Guaraqueçaba - Pr.....	097
20 - Relação de Bifurcação (Rb) entre as Ordens das Sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio Tagaçaba - Guaraqueçaba - Pr.....	097
21 - Parâmetros de Análise Areal das Sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio Tagaçaba - Guaraqueçaba - PR.....	099
22 - Parâmetros de Análise Hipsométrica das Sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio Tagaçaba - Guaraqueçaba - PR	101
23 - Parâmetros de Análise Linear das Sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio Tagaçaba - Guaraqueçaba - PR.....	102
24 - Setorização da Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	104
25 - Parâmetro CO por Setor - Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	110
26 - Uso Atual do Solo nos Setores da Sub-bacia do Rio Tagaçaba - Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	111
27 - Uso Atual do Solo nos Setores da Sub-bacia do Rio Capivari - Bacia do Rio Tagaçaba - Pr	112
28 - Uso Atual do Solo nos Setores da Sub-bacia do Rio Potinga - Bacia do Rio Tagaçaba - Pr	113
29 - Uso Atual do Solo nas Sub-bacias da Bacia do Rio Tagaçaba – Pr..	114
30 - Classificação da Proteção Fornecida ao Solo pela Cobertura Vegetal - Adaptação do Quadro 02.....	115
31 - Índice de Proteção Fornecido ao Solo pela Cobertura Vegetal dos Setores na Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	116
32 - Parâmetro CA por Setor - Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	117

33 - Classes de Declividade, Índices e Símbolos Utilizados no DFC da Bacia do Rio Tagaçaaba - PR.....	118
34 - Parâmetro DM por Setor - Bacia do Rio Tagaçaaba - PR.....	118
35 - Curvas hipsométricas e Integral Hipsométrica dos setores da Sub-bacia do rio Tagaçaaba - Bacia do Rio Tagaçaaba	119
36 - Curvas hipsométricas e Integral Hipsométrica dos setores da Sub-bacia do rio Capivari - Bacia do Rio Tagaçaaba	121
37 - Curvas hipsométricas e Integral Hipsométrica dos setores da Sub-bacia do rio Potinga - Bacia do Rio Tagaçaaba	122
38 - Erosividade da Chuva na Bacia do Rio Tagaçaaba - PR.....	125
39 - Classificação dos Índices de Erosividade da Chuva para o Estado do Paraná de 04/1999 a 08/2000.....	126
40 - Parâmetro E por Setor - Bacia do Rio Tagaçaaba - PR.....	126
41 - Matriz de Identificação - Declividade e Tipos de Solo para a Bacia do Rio Tagaçaaba - PR.....	127
42 - Matriz de Integração entre os Subíndices de Declividade e Suscetibilidade dos Solos à Erosão para a Bacia do Rio Tagaçaaba - PR.....	128
43 - Potencial Erosivo dos Solos dos Setores da Sub-bacia do Rio Tagaçaaba - Bacia do Rio Tagaçaaba - PR.....	130
44 - Potencial Erosivo dos Solos dos Setores da Sub-bacia do Rio Capivari – Bacia do Rio Tagaçaaba - Pr	130
45 - Potencial Erosivo dos Solos dos Setores da Sub-bacia do Rio Potinga – Bacia do Rio Tagaçaaba - Pr	131
46 - Potencial Erosivo dos Solos nas Sub-bacias da Bacia do Rio Tagaçaaba - Pr	132
47 - Escalonamento do Potencial Erosivo dos Solos na Bacia do Rio Tagaçaaba - PR, Qualificação e Símbolo.....	134
48 - Cálculo do Potencial Erosivo dos Solos Por Setor da Bacia do Rio Tagaçaaba - PR.....	135
49 - Parâmetro PE por Setor - Bacia do Rio Tagaçaaba - PR	136
50 - Parâmetro DD por Setor - Bacia do Rio Tagaçaaba - PR.....	137

51 - Parâmetro BH por Setor - Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	139
52 - Quadro Síntese DE Valores de E(f) para os Setores - Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	141
53 - Unidades de Risco de Erosão dos Setores da Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	144
54 - Conflitos de Uso do Solo na Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	148
55 - Proposta de Uso Racional do Solo na Bacia do Rio Tagaçaba - PR.....	152
56 - Diagnóstico Físico-Conservacionista: resultados – Bacias dos Rios Tagaçaba – Pr e Marrecas – Pr	171
57 - Comparação da média, desvio padrão e coeficiente de variação da somatória dos parâmetros dos setores das bacias dos rios Tagaçaba e Marrecas.....	172
58 - Unidades de Risco de Erosão dos Setores das Bacias dos Rios Tagaçaba – Pr e Marrecas – Pr	173

RESUMO

Tendo em vista o aumento de áreas degradadas, torna-se necessário desenvolver metodologias capazes de avaliar a degradação dos recursos naturais. Assim, uma metodologia para o diagnóstico da situação real dos recursos naturais numa bacia hidrográfica (reconhecida como a melhor unidade para o manejo) passa a ser um instrumento necessário para a preservação e gerenciamento destes recursos. O diagnóstico físico-conservacionista objetiva determinar o potencial de degradação ambiental. A metodologia parte da definição de sete parâmetros: grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a atual; grau de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal atual; declividade média; erosividade da chuva; potencial erosivo dos solos; densidade de drenagem e o balanço hídrico. Estes parâmetros são expressos em uma fórmula descritiva, estabelecendo o risco de degradação, o que possibilita a análise qualitativa do estado ambiental da bacia, que é retratada na Carta de Conflitos do Uso do Solo. Na Carta do Uso Racional do Solo - Sugestão, identifica-se áreas sobre-utilizadas (usos além da sua capacidade, com alta degradação do solo), áreas sub-utilizadas (usos abaixo de sua capacidade produtiva) e áreas com uso correspondente. O estado ambiental da bacia, identificado após aplicação do DFC, constitui um subsídio básico para programas de extensão rural e/ou projetos que visem à recuperação ambiental da área, pois fornece indicativos para a racionalização do uso e manejo dos recursos.

O DFC foi utilizado em alguns estudos no Brasil, fundamentando a pesquisa realizada por Beltrame (1990), Ferretti (1998), o projeto de Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi - COPATI no Paraná, estudos na bacia do rio Itajaí, em Santa Catarina, etc. Mas, faltam estudos comparativos para verificação da real viabilidade de utilização dessa metodologia.

A aplicação do DFC em um ambiente frágil por sua natureza, como os ecossistemas costeiros, e potencialmente estressado diante das pressões impostas pelas formas de ocupação, vem de encontro com a necessidade de se avaliar a sua aplicabilidade e eficácia. Aplicar o DFC na bacia do rio Tagaçaba, Município de Guaraqueçaba (litoral do Paraná), possibilitou uma análise mais aprimorada da adequação dos parâmetros que compõem o DFC, como reais indicadores do estado de degradação de uma bacia hidrográfica, objetivo principal do presente trabalho. Em um segundo momento, os resultados da aplicação do DFC na bacia do Rio Tagaçaba foram comparados com os resultados do DFC da bacia do Rio Marrecas, uma vez que essas duas bacias possuem ambientes com características físicas e socioeconômicas completamente diferentes e, também, com a metodologia utilizada pelo IPARDES para o zoneamento da APA de Guaraqueçaba, Zoneamento Ecológico Econômico. As comparações possibilitaram uma avaliação mais detalhada do DFC, visando demonstrar que o DFC atende a demanda do planejamento ambiental em melhores condições que o ZEE.

O DFC define parâmetros flexíveis em relação à atribuição de valores, mas, que se tornam objetivos e operacionais em qualquer situação ambiental. Como os parâmetros e índices são flexíveis em sua concepção, permite, se for o caso, a participação de outras vertentes de decisão, como a institucional e a comunitária.

Em relação ao objetivo dessa tese, analisar a adequação dos parâmetros que compõem o DFC como reais indicadores do estado de degradação de uma bacia hidrográfica, ressalta-se a eficiência dessa metodologia, cujos resultados qualitativos são transformados em quantitativos, espacializando as áreas mais críticas, atendendo a demanda do planejamento ambiental.

ABSTRACT

Having in view the increase in degraded areas, it becomes necessary to develop methodologies that can evaluate the degradation of natural resources. Thus, a methodology for the diagnosis of the actual situation of natural resources in a hydrographic bay (recognized as the best unit for management) becomes an instrument that is necessary for the preservation and management of such resources. The physical-conservationist diagnosis (PCD) aims at determining the environmental degradation potential. The methodology starts with the definition of seven parameters: degree of similarity between the original and the present vegetal cover; degree of protection provided to the soil by the present vegetal cover; average declivity; rain erosive capacity; erosive potential of soils; draining density; and hydric balance. These parameters are expressed in a descriptive formula, establishing the risk of degradation, which makes it possible to present a qualitative analysis of the environmental state of the bay, shown in the Map of Conflicts in the Use of Soil. In the Map of Rational Use of Soil – Suggestion, the following areas are identified: over-utilized areas (uses beyond its capacity, with high degradation of soil), sub-utilized areas (uses below its productive capacity) and areas with correspondent use. The environmental state of the bay, identified after applying PCD, constitutes a basic subsidy for rural extension program and/or projects that aim at the environmental recovering of the area, as it provides indicatives for the rationalization of the use and management of resources.

PCD has been used in some studies in Brazil, underpinning the research carried out by Beltrame (1990), Ferretti (1998), the project of Environmental Protection of Tibagi River Hydrographic Bay (Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi - COPATI) in Paraná, studies in the Itajaí River Bay in Santa Catarina, etc. However, there is a lack of comparative studies in order to verify the actual viability of utilization of this methodology.

The application of PCD in a fragile environment, such as the coastal ecosystems, and which is also potentially stressed in face of the pressures imposed by the forms of occupation, meets the need of evaluating its applicability and efficacy.

Applying the PCD in the Tagaçaba River Bay (municipality of Guaraqueçaba, on the coast of Paraná) has made it possible to carry out an improved analysis of the parameters that constitute the PCD, such as real indicators of the state of degradation in hydrographic bay, main objective of the present work. In a second stage, the results of the application of PCD in the Tagaçaba River Bay were compared to the results of PCD in the Marrecas River Bay, as both bays present environments with totally different physical and socio-economical characteristics. They were also compared with the results obtained through the methodology used by IPARDES for the zone mapping of the area of environmental protection of Guaraqueçaba, Economic Ecological Zoning (EEZ). The comparisons allowed us to make a more detailed evaluation of PCD, aiming to show that the PCD meets the demand of environmental planning more adequately than the EEZ.

PCD defines flexible parameters in relation to the attribution of values, which, however, become objective and operational in any environmental situation. As the parameters and indices are flexible in their conception, if it is the case, it allows the participation of other decisional forces, such as the institutional and the community-based ones.

Concerning the objective of the present thesis, i.e., to analyze how adequate the parameters which constitute the PCD are when taken as real indicators of the degradation state of a hydrographic bay, we must point out the efficiency of this methodology, whose qualitative results are transformed into quantitative ones, establishing the most critical areas and meeting the demand of environmental planning.

1 - INTRODUÇÃO

No final do século XX, a sociedade compreendeu que as alterações ambientais são decorrentes de forças naturais (endógenas como o tectonismo e/ou exógenas como as decorrentes das alterações climáticas) e, também, das ações antrópicas.

É perceptível que um futuro sustentável da humanidade é incompatível com o atual sistema de produção e com a maneira de explorar e consumir os recursos naturais. Os processos de geração do capital e distribuição de renda induzem às inúmeras formas de agressão ao meio ambiente.

O desenvolvimento tecnológico aliado ao modo de produção propiciou um desenvolvimento sócio-econômico desigual, elevando o padrão de vida da população dos países desenvolvidos, mas, o mesmo não ocorreu nos países não desenvolvidos. Estes países, fornecedores de matérias-primas e gêneros alimentícios e importadores de capital e tecnologia, assistem uma degradação do seu ambiente, sem condições de melhorar as condições de vida da população.

No Brasil, a ocupação e/ou colonização não tem obedecido aos requisitos aceitáveis de conservação ambiental. A intensificação do processo de urbanização a partir da década de 1940, decorrente do desenvolvimento industrial e, a modernização da agricultura a partir da década de 1960, não foram acompanhadas por uma aplicação da legislação ambiental capaz de minimizar suas conseqüências.

A ocupação do espaço brasileiro deu-se a partir da exploração de produtos extrativos e da produção agrícola voltada para a exportação. A ocupação do litoral, de forma intensa, está presente em toda a formação do território brasileiro, quer pela facilidade de exportação de seus produtos, quer pela sua beleza.

Entre os fatores que contribuíram para o adensamento ocupacional no litoral brasileiro, a localização de indústrias relacionadas às atividades portuárias foi um dos principais, atraindo um grande contingente populacional (SILVA *apud* MORAES, 1998: 147).

A partir de 1970, este processo intensificou-se, com velocidade preocupante, considerando-se que os ecossistemas costeiros são frágeis diante das conseqüências impostas pela urbanização.

Os ecossistemas litorâneos são ricos economicamente, devido aos seus componentes ambientais, mas altamente complexos em relação ao funcionamento, como a exemplo das restingas, manguezais, estuários e baías. Assim as pressões impostas durante a ocupação desses espaços têm provocado inúmeros problemas ambientais.

Para Caneparo (1998: 165), estudando os manguezais do litoral paranaense observa que,

um exemplo concreto de tal situação é a ocupação do ecossistema manguezal de algumas cidades litorâneas que, reconhecido no meio científico como ambiente favorável para a reprodução da fauna e da flora, vem sendo, ao longo da História, depredado pelas mais variadas formas de ocupação e uso. Segundo SHAEFFER-NOVELLI (1989), os manguezais, em sua maioria associados a estuários e lagunas costeiras, são ecossistemas de transição entre os ambientes oceânico e terrestre. Devido à sua condição de ecótono, estão sob forte influência de processos continentais tais como a drenagem das águas e os efeitos das atividades antrópicas.

Para Moraes (1998: 147), as restingas, devido à sua localização, estão sendo afetadas pelas intervenções antrópicas, que desestabilizam seus componentes.

Esses processos de ocupação intensa do espaço têm rompido o precário equilíbrio entre o ambiente natural e o ambiente cultural. Enquanto o crescimento era lento, permitia a recuperação/renovação dos recursos naturais. Posteriormente, o acelerado ritmo de crescimento e a utilização de novas tecnologias para a exploração dos recursos naturais, tornaram-se responsáveis pelo rompimento daquele equilíbrio.

A atuação desses fatores se fez de modo gradual, de forma que a população aumentou progressivamente sua tolerância frente à degradação ambiental e queda de qualidade de vida, até que originaram graves prejuízos - por exemplo, a poluição, tanto do ar como da água que, em certas regiões do Brasil (incluindo o litoral), atingiram níveis críticos, comprometendo a cobertura vegetal e o próprio solo.

A falsa idéia que nosso ambiente possui riquezas infinitas, a não consideração e/ou desconhecimento do tempo geológico necessário para recompor

a natureza e a forma intensa e descontrolada com que a sociedade brasileira tem utilizado os seus recursos naturais, explicam a crise ambiental que vivemos atualmente.

Os problemas ambientais no litoral brasileiro relacionam-se, também, ao complexo quadro de crise geral e, infelizmente, têm sido ignorados em todas as etapas do planejamento de nosso desenvolvimento socioeconômico, devido à visão reducionista dos administradores públicos quando tratam do solo, água, fauna e flora separadamente. A ausência de políticas gerenciais quanto à exploração dos recursos, tem produzido danos, vários deles irreversíveis, o que induziu à degradação ambiental e gerou importantes impactos econômicos negativos. Como exemplo pode-se citar a contaminação do lençol freático, ocasionando problemas de abastecimento de água para a população; contaminação de ecossistemas essenciais para a manutenção da fauna e flora litorânea; ocupação irregular de ecossistemas costeiros, etc.

Assim sendo, torna-se necessário estimular estudos que fundamentem o planejamento do meio ambiente, que sejam capazes de avaliar a degradação crescente dos recursos naturais. Para que isso realmente ocorra, deve-se ter uma visão integrada do ambiente que forneça subsídios ao planejamento e se baseie nas condições em que o ambiente se encontra.

Tendo em vista o agravamento dos problemas ambientais da atualidade, incluindo os litorâneos, é necessário que se adote uma visão integrada para tratá-los a partir da Teoria Geral dos Sistemas ou da Análise Sistêmica. Neste caso, as bacias hidrográficas, como unidades territoriais ou ambientais, são interessantes para se abordar sob o enfoque sistêmico, conforme prevê a Lei N.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997, da Agência Nacional de Águas.

Portanto, a bacia hidrográfica é uma unidade natural que integra os processos socioambientais onde se pode avaliar os impactos ambientais decorrentes das ações antrópicas e, pode ser objeto de pesquisas que enfoquem a compreensão dos mecanismos do seu funcionamento e preservação dos seus recursos.

Os problemas enfrentados quanto à utilização dos recursos hídricos, induziram à concepção de utilização de bacias hidrográficas em pesquisas ambientais. Inicialmente, a prioridade era o controle de enchentes e/ou secas e o

abastecimento público, tanto residencial quanto industrial. Atualmente, o enfoque é bem mais abrangente, onde todos os elementos (abióticos e bióticos) que compõem este ambiente são considerados como inter-relacionados entre si.

Neste sentido, conhecer o funcionamento ambiental de uma bacia hidrográfica, passa a ser fundamental para a sua gestão e preservação. Para que isso aconteça, a confecção de um diagnóstico que retrate sua situação real, passa a ser necessário e importante, para que a preservação dos recursos água, solo e vegetação possam ser contemplados no seu gerenciamento.

Nesta linha de preocupação, mais recentemente, surgiram propostas de métodos que visam o estudo integrado do meio ambiente através de bacias hidrográficas, tal como o desenvolvido pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras - CIDIAT da Venezuela e pelo Ministério do Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - MARNR, daquele país, que se apóia na produção de sete diagnósticos, dentre os quais o diagnóstico físico-conservacionista - DFC.

Este diagnóstico físico-conservacionista foi utilizado no trabalho realizado por Beltrame (1990) na bacia do rio do Cedro, Município de Brusque – SC. Fundamentou, também, o trabalho de Ferretti (1998), que aplicou, com algumas adaptações, o DFC na bacia do rio Marrecas – Sudoeste do Paraná. As adaptações se fazem necessárias, uma vez que cada bacia hidrográfica caracteriza-se por um ambiente próprio, único.

A partir do diagnóstico físico-conservacionista é possível determinar-se o potencial de degradação ambiental, levando-se em conta fatores naturais, visando especialmente o planejamento e manejo dos recursos naturais, com vistas à sua preservação, através de um plano de gestão.

A aplicação do DFC em um ambiente frágil por sua natureza, como os ecossistemas costeiros, e potencialmente estressado diante das pressões impostas pelas formas de ocupação, vem de encontro com a necessidade de se avaliar a sua aplicabilidade e eficácia.

O litoral paranaense não fugiu a regra brasileira e sua ocupação não obedeceu a uma preocupação conservacionista já que a legislação ambiental foi implantada posteriormente ao processo de urbanização.

No litoral norte do Paraná ocorre um dos poucos remanescentes contínuos em área da Floresta Atlântica. Tendo em vista o acelerado processo de sua ocupação e devido à exploração econômica intensa, foi oficializada em 1985 a Área de Proteção Ambiental – APA de Guaraqueçaba (Decreto n.º 90.883/85), numa tentativa de conciliar a ocupação antrópica com a preservação dos seus frágeis ecossistemas costeiros. A APA de Guaraqueçaba está localizada na porção norte do litoral do Estado do Paraná, com 3.134 km² e uma população de 7.777 (IPARDES, 2001: iii).

Com a criação da APA, a área foi estudada e zoneada conforme as características do ambiente, tendo como objetivo a preservação da biodiversidade, dos recursos naturais e do patrimônio cultural, através de um uso racional e sustentado desses recursos.

Partindo da premissa que, toda unidade de conservação possui, ao longo de um determinado tempo, seus ambientes protegidos e preservados, aplicou-se o DFC na bacia do rio Tagaçaba (Figuras 01 e 02) inserida na APA de Guaraqueçaba, a fim de se avaliar em que medida estes instrumentos legais correspondem à dinâmica das resoluções socioambientais, caracterizando o objetivo geral da presente tese.

Por outro lado, com essas características ambientais, legais e socioeconômicas propícias, a bacia do rio Tagaçaba possibilita uma análise mais aprimorada da adequação dos parâmetros que compõem o DFC, como reais indicadores do estado de degradação de uma bacia hidrográfica, objetivo principal do presente trabalho.

A fim de se atingir o objetivo geral foi necessário delimitar objetivos específicos, em um primeiro momento:

- avaliar a vegetação da área, tendo em vista o grau de semelhança entre a vegetação atual e a cobertura vegetal original (parâmetro CO) e o grau de proteção da cobertura vegetal fornecido ao solo (parâmetro CA);
- levantar informações sobre o clima, destacando a erosividade da chuva (parâmetro E) e o balanço hídrico da bacia (parâmetro BH);
- caracterizar os aspectos geológicos da área em relação a litologia e controles estruturais;

FIGURA 01 - Localização da Bacia do Rio Tagaçaba no Município de Guaraqueçaba na Microrregião de Paranaguá, no Estado do Paraná

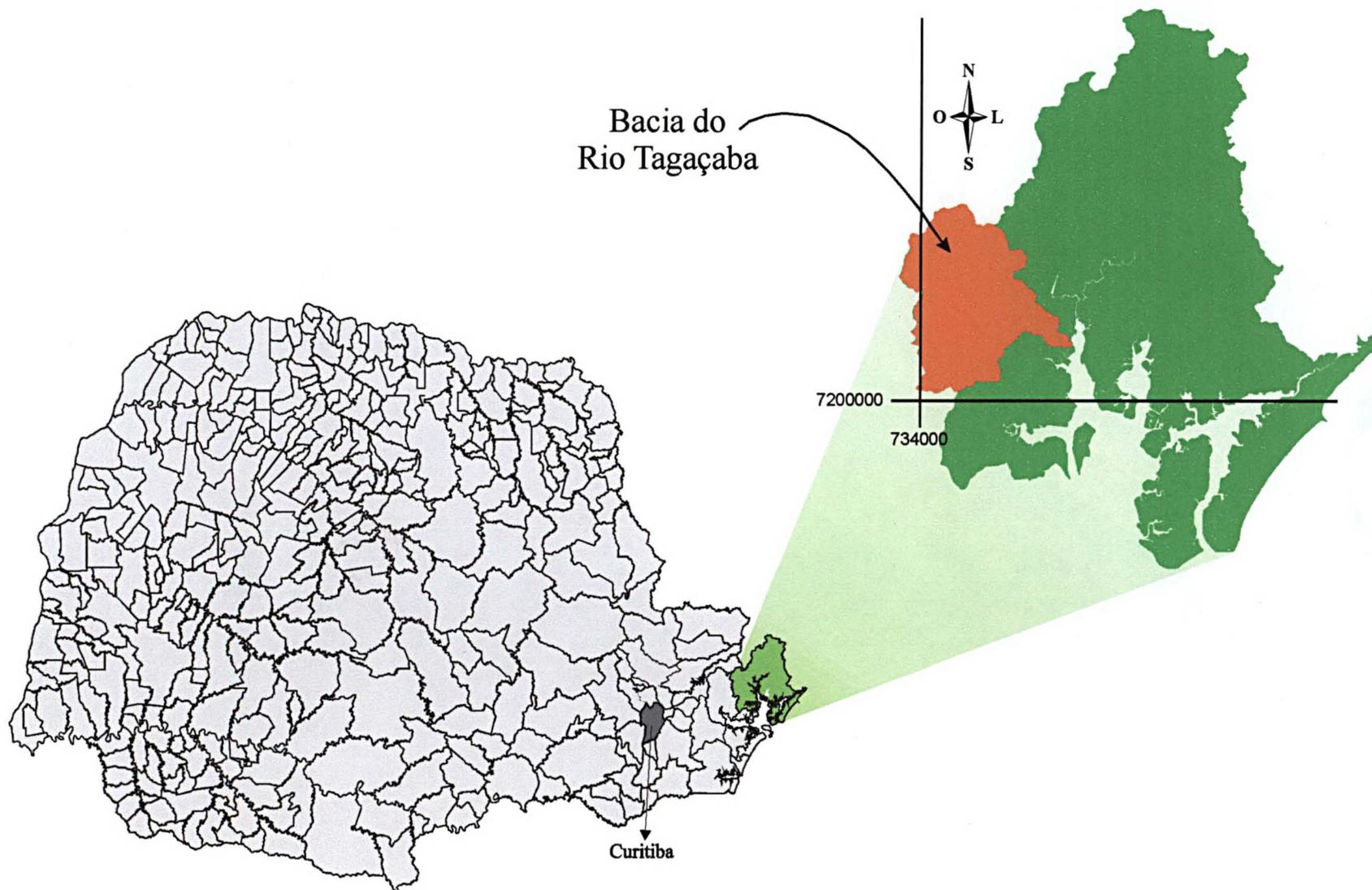
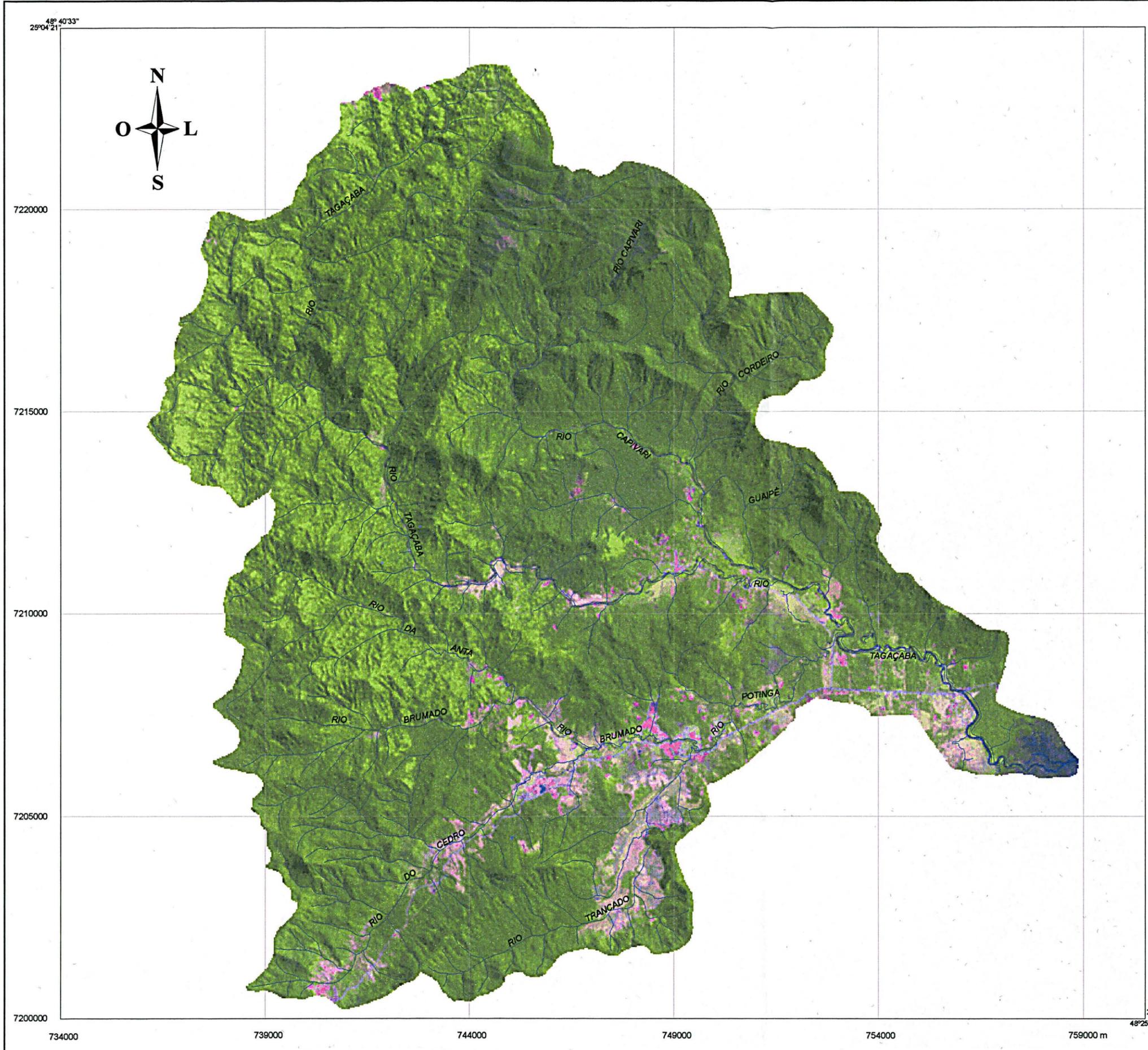


FIGURA 02

CARTA IMAGEM DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR



Legenda

-  Rede de Drenagem
-  Áreas antropizadas
-  Áreas mais densamente antropizadas
-  Área Sujeita à Inundação
-  Vegetação

Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias



Fonte:
Cartas Topográficas em Escala 1:50000
- Antonina - IBGE (1992)
- Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
- Serra Negra - IBGE(1987)
- Imagem Landsat Tm7 - Nov. 2000
Bandas 5(R)4(G)3(B)
Órbitas 220/77 e 220/78

- verificar a fisiografia da área quanto à rede de drenagem, para definir padrão, textura e densidade de drenagem (parâmetro DD), bem como os cálculos morfométricos para a setorização da bacia, declividade média (parâmetro DM), geomorfologia e hipsometria.

- identificar as características pedológicas de susceptibilidade da textura à erosão, associada à declividade (parâmetro PE);

Em um segundo momento, os resultados da aplicação do DFC na bacia do rio Tagaçaba, foram comparados com os resultados do DFC da bacia do Rio Marrecas, uma vez que essas duas bacias possuem ambientes com características físicas e socioeconômicas completamente diferentes e, também, com a metodologia utilizada pelo IPARDES para o zoneamento da APA de Guaraqueçaba, Zoneamento Ecológico Econômico. As comparações possibilitaram uma avaliação mais detalhada do DFC, visando demonstrar que o DFC atende a demanda do planejamento ambiental em melhores condições que o ZEE.

O DFC permitirá um conhecimento real das bacias hidrográficas, que poderá subsidiar o Comitê da Bacia para o desenvolvimento de um plano de gestão, respeitando as características ambientais desses espaços.

A estruturação do presente trabalho se constitui, além da introdução e referencial teórico nos dois primeiros capítulos, explicação dos materiais e métodos utilizados no capítulo três, caracterização da área de estudo no capítulo quatro, dos resultados da aplicação do DFC na bacia do rio Tagaçaba no capítulo cinco, bem como da discussão comparativa deste DFC com o zoneamento do IPARDES e com o DFC da bacia do Rio Marrecas no capítulo 6 e, finalmente, no capítulo sete, constarem às conclusões finais e recomendações deste estudo.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 - ANÁLISE SISTÊMICA COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A busca do conhecimento sistêmico pela Biologia data da década de 1930 e, a partir de então, ampliou-se para as demais ciências que passaram a absorver essa abordagem.

Ludwig von Bertalanffy (biólogo austríaco), segundo Branco (1999: 67), publicou em 1950 um trabalho intitulado “Esboço de uma teoria geral dos sistemas”, tendo sido responsável pela base da Teoria Geral dos Sistemas.

Este pesquisador da teoria biológica, segundo Branco (1999: 67) “desenvolveu completa formulação matemática como suporte de sua teoria, tomando-a generalizável aos outros campos da ciência, ele próprio produzindo trabalhos de aplicação aos terrenos da biografia, da psicologia, da filosofia, da cibernética, etc”.

Chorley foi um dos precursores da utilização da análise sistêmica na Geomorfologia segundo Christofolletti (2000: 05). Christofolletti (2000: 05) com base em Chorley; Kennedy (1971), afirma que

um sistema é um conjunto estruturado de objetos e/ou atributos. Esses objetos e atributos consistem de componentes ou variáveis (isto é, fenômenos que são passíveis de assumir magnitudes variáveis) que exibem relações discerníveis um com os outros e operam conjuntamente como um todo complexo, de acordo com um determinado padrão.

A conceituação de um sistema físico é posterior à conceituação do sistema de pensamento, acompanhando a própria evolução dos pensadores.

Para Branco (1999: 69),

o sistema, tomado assim como um modelo estrutural e funcional de um princípio muito mais amplo e extenso, adquire as características de *unidade*

funcional. Sua dimensão mínima é a de uma organização capaz de funcionar por si só. Pode-se conceber, evidentemente, um sistema formado de vários subsistemas, que terão de ser, cada um, um sistema menor com funcionamento autônomo. O que não é concebível é um sistema que dependa de um outro para seu funcionamento: neste caso ele será apenas um *elemento* de um sistema.

Os sistemas podem ser classificados sob diversos enfoques e os critérios de funcionalidade e de complexidade estrutural são importantes para uma análise ambiental, no entanto, todas as definições desenvolvidas para “sistema” enfatizam a *inter-relação*, pressupondo conexões entre os subsistemas.

Considerando o critério funcional, Christofolletti (2000:05), identifica os seguintes tipos de sistemas:

- Sistemas isolados: não perdem ou recebem nenhuma energia ou matéria do ambiente em que se encontram, o que torna possível calcular a sua evolução e quanto tempo decorrerá até o seu final. Esta perspectiva auxilia nos estudos evolutivos e históricos;

- Sistemas não-isolados: há inter-relação com os elementos que compõem o sistema e o meio onde se encontra. Pode ser dividido em sistemas fechado ou aberto.

Nos abertos, haverá intercâmbio de energia, matéria e informação entre as unidades e, entre estas com o ambiente. Nos fechados, haverá intercâmbio de energia entre as unidades, mas não haverá intercâmbio de matéria com o ambiente. Para muitos pesquisadores, os sistemas fechados tendem a um estado de equilíbrio, independente do tempo, caracterizando uma inércia total. No sistema aberto esta condição não se realizaria. É um sistema dinâmico, constantemente mantendo a troca de energia e matéria.

De uma maneira geral, a Teoria Geral dos Sistemas possui conceitos fundamentais:

- Interação: ação recíproca que poderá modificar o comportamento dos elementos que compõem o sistema. Poderá ser uma interação de causa-efeito, temporal, retroação, principalmente.

- Totalidade: um sistema não é simplesmente a soma de elementos que o compõem, é o todo não esquecendo as suas partes. Esse conceito está intimamente ligado ao conceito de hierarquia.

- Organização: refere-se à organização tanto estrutural quanto a funcional. Ambas se complementam.

- Complexidade: o grau de complexidade dependerá do número de elementos que compõem o sistema, o tipo e o número de inter-relações existentes entre esses elementos e a sua hierarquização.

Para Christofolletti (1979: 01), os sistemas devem ter:

- Elementos ou unidades: partes componentes;

- Relações: as unidades estão inter-relacionadas, uma dependendo da outra, apresentando fluxos;

- Atributos: são qualidades que caracterizam os elementos do sistema. As qualidades auxiliam na descrição desses elementos. Os atributos referem-se ao comprimento, área, volume e características da composição, densidade dos fenômenos;

- Entrada (*input*): constituída por aquilo que o sistema recebe de energia para seu funcionamento. Cada sistema é alimentado por diversos tipos de entrada;

- Saída (*output*): o que “entra” no sistema sofre transformações no interior do sistema e, posteriormente, é encaminhado para a saída.

Para Beni (2001: 23), além dos itens indicados por Christofolletti, os sistemas devem ter:

- Meio ambiente: conjunto de todos os objetos que não fazem parte do sistema em questão, mas que influenciam a operacionalização do mesmo;

- Realimentação (*feedback*): processo de controle para manter o sistema em equilíbrio;

- Modelo: é a representação do sistema, abstração para auxiliar na sua análise.

Sob este enfoque, o ambiente poderá ser analisado com critérios que possibilitam a compreensão do seu comportamento, o que auxiliará nas possíveis reações que terá diante de determinado uso.

Essa possibilidade é ferramenta importante para que o ambiente seja utilizado de uma maneira racional, sem degradações irreversíveis. Qualquer forma de uso do ambiente, poderá ter seus impactos minimizados, se for utilizado o enfoque sistêmico para interpretação do ambiente.

A bacia hidrográfica é vista como unidade funcional da natureza, que integra elementos regidos por diferentes parâmetros e mecanismos. A abordagem sistêmica em bacias hidrográficas, facilita o diagnóstico e o planejamento dos recursos naturais renováveis em relação a um dado contexto socioambiental e, também, auxilia na obtenção das informações sobre os elementos que a compõem e sobre a interação energética que se desenvolve no seu interior. Além disso, o planejamento ambiental poderá ser desenvolvido e aplicado enfocando uma utilização mais racional desse espaço.

2.1.1 - CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA NATURAL

A natureza, sob o enfoque da teoria sistêmica, pode ser dividida em classes, categorias e seções para que se possa entender o seu funcionamento e, assim, utilizá-la racionalmente.

Drew (1994: 26), assinala que, embora as atividades destinadas a alterar o ambiente, na sua maioria, tenham a intenção de ser benéficas do ponto de vista humano, o grau de inter-relação dos fenômenos naturais a que nos referimos explica que mudanças inesperadas, ou até reações em cadeia, venham a resultar daquilo que pretendia ser uma "benfeitoria" isolada. A intensidade dessas alterações inadvertidas depende, em primeiro lugar, do esforço (ou tensão) aplicado ao sistema pelo homem e, em segundo lugar, do grau de suscetibilidade à mudança (sensibilidade) do próprio sistema.

Efetivamente, ao longo do tempo geológico, os sistemas mudam. Frente ao tempo psicológico (escala humana do tempo), os sistemas naturais permanecem estáticos, fornecendo a falsa idéia que não são afetados.

Na evolução de um sistema natural, há um elo frágil na cadeia causa e efeito onde, muitas vezes, determinados eventos geram um início de mudança, desencadeando reações do sistema como um todo. Um bom exemplo está no contexto das bacias hidrográficas: por ser um sistema aberto, os ganhos e perdas contínuas de energia encontram-se em perfeito balanço. Ocorrendo uma modificação qualquer na forma do sistema, ou um acréscimo ou liberação de energia, imediatamente inicia-se uma mudança compensatória que tende a restaurar o estado de equilíbrio do ecossistema da bacia.

Alguns subsistemas, independentes da variabilidade de força, poderão se degradar com maior facilidade e rapidez do que outros, desencadeando uma alteração irreversível. Como exemplo estão os subsistemas biológicos, que oferecem menor resistência diante da utilização do ambiente.

Esse comportamento está intimamente ligado à intensidade do impacto proveniente da forma de imposta ao ambiente, independente se forem impactos superficiais ou que afetem os conjuntos como um todo.

A análise sistêmica é apenas um meio para a compreensão do ambiente mas, é necessária a obtenção de detalhes sobre o funcionamento de cada subsistema. DREW (1994: 32), afirma que, no contexto da interferência humana no ambiente, a abordagem sistêmica pode servir como meio de previsão das mudanças, de avaliação da sensibilidade dos sistemas naturais e de determinação dos pontos de interferência e dos limiares de sistemas que terão de ser modificados.

2.1.2 - ANÁLISE SISTÊMICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Os sistemas naturais “atuam” na superfície terrestre. Se se considerar critérios conceituais e procedimentos técnicos, pode-se definir a área de atuação do sistema, como uma unidade física.

A fim de que a bacia hidrográfica possa ser considerada um sistema, em primeiro lugar tem-se que definir quais os elementos que a compõem.

Os elementos componentes de uma bacia hidrográfica interagem entre si, originando processos inter-relacionados, definindo as paisagens geográficas, que apresentam potencial de utilização baseado segundo as características e natureza do substrato geológico, formas e processos geomorfológicos, mecanismos hidrometeorológicos e hidrogeológicos.

Para Christofolletti (1980), do ponto de vista geomorfológico, a bacia hidrográfica é um sistema aberto, que recebe suprimento contínuo de matéria e energia dos subsistemas antecedentes, substrato geológico, pedológico e clima, e sistematicamente, perde energia através da água e dos sedimentos que a deixam.

Para Gregory; Walling (*apud* PROCHNOW, 1985: 198),

Uma das principais características do sistema aberto é a sua estabilidade, ou seja, o recebimento e a perda contínua de energia encontram-se em perfeito balanço. Ocorrendo uma modificação qualquer na forma do sistema, ou um acréscimo ou liberação de energia, imediatamente inicia-se uma mudança compensatória que tende a restaurar o equilíbrio dos ecossistemas da bacia.

Portanto, estudar uma bacia hidrográfica implica em identificar seus componentes principais, bem como suas relações com o seu contexto, através dos **inputs** e **outputs** (entradas e saídas). Entre os seus principais componentes pode-se citar: vegetação, geologia, hidrologia, clima, relevo e solos. Para cada um dos componentes, a análise sistêmica sugere o estabelecimento de variáveis relevantes, para obter dados e desenvolver mensurações.

Para a bacia hidrográfica, a caracterização morfológica, a descrição morfométrica e a topografia são importantes, pois fornecem indicadores que “retratam” o conjunto integrado do sistema.

Christofolletti (2000: 53), aponta as seguintes variáveis para a caracterização morfológica de bacias hidrográficas:

- Área (A) e perímetro (P).
- Forma da bacia (Ff): o valor máximo a ser obtido é igual a 1,0. Quanto mais próximo a esse valor, mais circular é a forma da bacia.

- Índice entre o comprimento e a área da bacia (IC_o): quando o valor for próximo a 1,0, a forma da bacia apresenta-se semelhante a um quadrado; quanto mais inferior a 1,0, mais alargada é a bacia e, quanto maior o valor, mais alongada será a bacia.

- Amplitude altimétrica da bacia (H): diferença entre a altitude da foz e o ponto mais alto situado em qualquer divisor d'água.

- Comprimento do eixo da bacia (Lb): distância em linha reta entre a foz e o ponto mais distante situado no interflúvio.

- Comprimento total dos canais da bacia (Lt).

- Quantidade de rios da bacia (Fb): número de nascentes ou canais de 1ª ordem considerando a Hierarquia Fluvial de Strahler.

- Densidade de drenagem (Dd).

- Densidade de rios (Dr).

- Relação de bifurcação (Rb)

- Índice de dissecação (Id): obtido através da fórmula:

$$Id = H (Fs)^{0,5}$$

onde, H é a amplitude altimétrica e Fs é a raiz quadrada da densidade de segmentos considerando a hierarquia de Strahler.

- Índice de rugosidade (Ir).

Com as informações obtidas dessas variáveis, pode-se compartimentar a bacia conforme seus diferentes conjuntos de propriedades morfométricas. No pressuposto de tais grupos, refletem comportamentos funcionais diferenciados. Assim, com esses comportamentos diferenciados e localizados, as etapas seguintes para obtenção das reais condições ambientais da bacia serão mais precisas e úteis.

Ressalta-se que, a bacia de drenagem é composta de subsistemas que deverão ser estudados separadamente (em um primeiro momento), para melhor compreensão da participação e comportamento de cada um dentro do sistema e, posteriormente, serem agrupados, para subsidiarem informações que servirão de base para planejamentos diversos.

A bacia hidrográfica tem sido utilizada cada vez mais como unidade para o planejamento ambiental, hoje é reconhecida como a unidade para o manejo dos recursos hídricos. Trata-se de uma unidade física que pode ser bem delimitada, cujos processos de funcionamento podem ser bem identificados. O insucesso no gerenciamento de bacias hidrográficas, é identificado através da degradação e perda de produtividade do solo, assoreamento dos canais fluviais, redução de vazão, enchentes, baixa qualidade da água e processos de erosão nas encostas.

A bacia hidrográfica é a unidade de trabalho que mais auxilia na mensuração dos índices de degradação e, neste sentido, uma metodologia para o diagnóstico da situação real em que se encontram esses recursos numa determinada área, passa a ser um instrumento necessário para a preservação visando, principalmente, a manutenção dos recursos água, solo e vegetação em bacias hidrográficas (BELTRAME, 1994).

O Brasil já possui alguns trabalhos desenvolvidos tendo por base a bacia hidrográfica como unidade de pesquisa. Em 1978 foi estruturado o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas - CEEIBH, cuja linha de trabalho visou a classificação dos cursos d'água da União, bem como a utilização racional dos recursos hídricos. Mas, não avaliava os demais recursos naturais.

No Estado do Paraná, a tradição de utilizar a bacia hidrográfica como unidade de trabalho, já vinha sendo desenvolvida pelo Serviço de Extensão Rural do Paraná. Pode-se citar o projeto da microbacia hidrográfica do rio Feliz - Água da Saúde, que foi constituído de um diagnóstico geral, plano de ação e metas físicas, cronograma e recursos necessários. Outros projetos que utilizaram microbacia, visavam a construção de terraços para reter água nas encostas mais íngremes, tendo por base a declividade e a pluviometria da área. Estes projetos envolviam todas as propriedades da microbacia e, além dos "murunduns", as rodovias municipais eram relocadas e, nas propriedades, os rios, lagoas e mananciais tinham as matas ciliares recuperadas com espécies nativas.

O Programa Integrado de Conservação dos Solos e da Água do Paraná, a partir de bacia hidrográfica, definiu propostas tendo por base: identificação dos

problemas críticos (água, solo, florestas, transporte, uso e manejo do solo, etc.); priorização dos problemas; proposição de soluções que envolviam a comunidade; elaboração do mapa da área com as medidas propostas; implantação e execução do plano proposto. Cada microbacia era mapeada com todas as informações pesquisadas.

No Estado do Paraná, o Consórcio Intermunicipal para Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi - COPATI possui como embasamento teórico trabalhos desenvolvidos pelo CIDIAT e MARNR, da Venezuela.

Outra bacia estudada sob esse enfoque, é a bacia do rio Marrecas, no sudoeste do Estado do Paraná, que subsidiou as informações para o desenvolvimento do planejamento de gerenciamento da referida bacia.

Essa metodologia necessita de uma equipe multi e interdisciplinar com a participação dos governos e/ou instituições ligadas ao meio ambiente (vertente institucional) e da população (vertente comunitária).

Pressupõe o Diagnóstico Integral da Bacia Hidrográfica - DIBH sintetiza o estado da degradação e conservação da bacia, sendo composto por sete diagnósticos que se inter-relacionam, ou seja:

Diagnóstico Físico Conservacionista – DFC: será tratado no próximo item.

Diagnóstico Sócio-Econômico - DSE: fornece os fatores de degradação e poluição ambiental provocados pelo homem. Abrange os produtores, através de amostragem - questionários e entrevistas, tabulações, análises críticas, recomendações e conclusões e, também, as sedes municipais da bacia.

Diagnóstico Recurso Solo - DS: classifica e interpreta o uso, bem como os conflitos de uso, fornecendo as categorias de classificação: sobre-uso (áreas que ultrapassam sua capacidade com riscos de degradação) e sub-uso (áreas com uso abaixo de sua capacidade produtiva). Gera um levantamento da capacidade de uso do solo e um do uso atual, determinando os conflitos de uso.

Diagnóstico do Recurso Água - DA: tem como objetivo avaliar quantitativamente as disponibilidades, demandas atual e futura para os diferentes usos. A partir dos dados hidroclimáticos e sedimentográficos, verifica a disponibilidade superficial e, a partir das

informações hidrogeológicas, a disponibilidade subterrânea. Fornece informações referentes às demandas (urbana, industrial, rural, irrigação), enchentes e infra-estrutura hidráulica.

Diagnóstico Recurso Vegetação – DV: fornece um banco de dados - inventários/diagnósticos da vegetação: espécies predominantes de uso social (alimentação, medicamentos, construção civil, etc.); espécies econômicas (matéria-prima para uso industrial); espécies energéticas; espécies conservacionistas e espécies ecológicas (pré-requisitos para a sobrevivência de outras espécies).

Diagnóstico Recurso Fauna – DF: visa inventariar a fauna da bacia.

Diagnóstico da Contaminação Ambiental – DCA: identifica as situações críticas de: poluição hídrica (natural, agropastoril, urbana, industrial), poluição atmosférica, poluição sonora e por resíduos sólidos (manejo de lixo, manejo de lixo tóxico e manejo de lixo rural).

Em Honduras, Segovia; Palma (1987) segundo Beltrame (1990, p.59), desenvolveram o DFC na sub-bacia Concepción, que abrange os municípios de Lepaterique, Reitoca e Santa Ana. Os resultados foram objetivos, sendo que os autores reforçaram a viabilidade da metodologia como padrão para futuros planos de manejo para bacias hidrográficas em Honduras.

2.2 - DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA - DFC

O diagnóstico físico-conservacionista compõe, juntamente com mais seis diagnósticos, o Diagnóstico Integral da Bacia Hidrográfica que tem como objetivo subsidiar o planejamento e manejo dos recursos naturais.

O DFC tem como meta, determinar o potencial de degradação ambiental da bacia, a partir de fatores naturais. Para isso, é necessário indicar parâmetros potenciais

que serão expressos em forma numérica, estabelecendo o risco de degradação e possibilitando uma análise qualitativa quanto a preservação desses recursos.

O DFC é um diagnóstico preliminar necessário para embasar os demais. Mesmo genérico, é abrangente e prático por obter valores objetivos que avaliem o estado físico-conservacionista de uma bacia hidrográfica.

Cada parâmetro é definido por um índice de acordo com classificações previamente estabelecidas sendo que, parâmetros e índices sugerem uma análise qualitativa da bacia hidrográfica que está sendo pesquisada.

Então, a somatória dos índices mínimos de cada parâmetro, estabelece o padrão de melhores condições da bacia hidrográfica. A somatória dos índices máximos de cada parâmetro, estabelece o padrão de piores condições da bacia hidrográfica.

Portanto, quanto maiores os valores dos subíndices e, conseqüentemente, dos valores finais, maior o potencial de risco de degradação dos recursos da bacia hidrográfica (BELTRAME, 1990: 06).

A fórmula descritiva proposta por Beltrame (1990) é:

$$E(f): CO_a CA_b DM_c E_d PE_e DD_f BH_g$$

Onde:

$E(f)$ – estado físico-conservacionista do setor, que é proporcional aos parâmetros:

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

CA_b – proteção da cobertura vegetal atual ao solo; b é o índice específico.

DM_c – declividade média; c é o índice específico.

E_d – 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.

A seguir passar-se-á a apresentar as informações e procedimentos necessários para a aplicação do DFC.

2.2.1 - INFORMAÇÕES GERAIS

Para o desenvolvimento do DFC é necessário coletar as seguintes informações e/ou utilizar-se dos seguintes materiais:

- Levantamento de dados, tratando-se, basicamente, de um inventário do meio físico, caracterizando o mais minuciosamente possível o ambiente da área em estudo, por meio de consultas aos mapas disponíveis e informações bibliográficas.

Cada item do inventário deve ser traduzido em cartas temáticas básicas: geológica, geomorfológica, clinográfica, hidrográfica, uso do solo e pedológica.

- Dados de precipitação e temperatura: coletados da estação meteorológica (ou estações) que possua influência na bacia hidrográfica. A influência das estações pode ser determinada através do Método de Thiesen.

- As cartas temáticas poderão ser digitalizadas e, através do auxílio do SIG – Sistema de Informações Geográficas devem ser inter-relacionados alguns dados temáticos, gerando outras cartas necessárias para o desenvolvimento da metodologia.

2.2.2 - SETORIZAÇÃO DA BACIA

A setorização da bacia hidrográfica que está sendo estudada, faz-se necessária pois, assim, as características ambientais serão mais detalhadas. Para isso, pode-se

adotar critérios hidrográficos, hipsométricos, geológicos e morfométricos, além de perfis longitudinais dos principais rios que compõem a bacia.

A setorização auxiliará na interpretação dos parâmetros do DFC.

2.2.3 - COBERTURA VEGETAL ORIGINAL - PARÂMETRO CO

Para a determinação desse parâmetro, inicialmente, é necessário determinar a cobertura vegetal original e confeccionar a carta de uso do solo de um período o mais recente possível.

Após, deve-se proceder à quantificação da área atualmente coberta por mata nativa em cada um dos setores da bacia, a partir da Carta do Uso do Solo (o mais atual possível).

Com a comparação da área que está sendo atualmente ocupada por mata, com a área ocupada anteriormente, verifica-se o grau de semelhança para a determinação do parâmetro CO (Quadro 01).

QUADRO 01 - CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO GRAU DE SEMELHANÇA PARA O PARÂMETRO CO

GRAU DE SEMELHANÇA	ÍNDICE	NÍVEIS
81 - 100%	CO ₁	Altamente semelhante
61 - 80%	CO ₂	Semelhante
41 - 60%	CO ₃	Medianamente semelhante
21 - 40%	CO ₄	Baixa semelhança
01 - 20%	CO ₅	Nenhuma semelhança

Fonte: Beltrame (1990: 67).

2.2.4 - PROTEÇÃO DA COBERTURA VEGETAL ATUAL - PARÂMETRO CA

A proteção fornecida ao solo pelo seu uso deve ser classificada, podendo ser baseada na classificação apresentada por Hidalgo (1990) e representada no Quadro 02.

QUADRO 02 - CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE COBERTURA VEGETAL QUANTO À PROTEÇÃO FORNECIDA AO SOLO - PARÂMETRO CA

SÍMBOLO	COBERTURA VEGETAL	ÍNDICE PROTEÇÃO
1	Floresta Primitiva Intacta	
1 a	Floresta Primitiva Densa	1
1 b	F. P. Descaracterizada	0,8 - 0,9
2	Vegetação Secundária	
2 a	Mata Secundária e Capoeirão	0,8 - 0,9
2 b	Capoeira, capoeirinha e ervas	0,6 - 0,7
3	Reflorestamento	0,5 - 0,7
4	Pastagens	
4 a	Pastagem Manejada	0,8 - 0,9
4 b	P. não maneja e não degradada	0,6 - 0,8
4 c	P. não manejada e degradada	0,3 - 0,6
5	Cultivos Com Técnicas Conservacionistas	0,7 - 0,8
5 a		
5 b	Cultivos Sem Técnicas Conservacionistas	0,2 - 0,4
6	Hortas Com Técnicas Conservacionistas	0,7 - 0,8
6 a		
6 b	Hortas Sem Técnicas Conservacionistas	0,2 - 0,4
7	Várzea	
7 a	Arroz irrigado	0,9 - 1,0
7 b	Solo Plano	1,0

Fonte: Hidalgo (1990: 19)

Para definir o parâmetro CA, é necessário conhecer-se o uso do solo da bacia, em data mais recente e na escala mais detalhada possível.

Para obtenção do índice de proteção fornecido ao solo pelo uso atual do solo de cada setor, é necessário:

- a) – para cada tipo de cobertura vegetal determina-se à área em hectares;
- b) – para cada tipo de cobertura vegetal determina-se o índice de proteção;
- c) – multiplica-se os valores de (a) por (b), determinando a área correspondente ao índice de proteção;
- d) – soma-se à coluna (c) e divide-se pela área total do setor, o que nos fornecerá o parâmetro CA e subíndices do setor (Quadro 03).

QUADRO 03 - PARÂMETRO CA - ÍNDICE DE PROTEÇÃO TOTAL

ÍNDICE	SÍMBOLO
1,00	CA ₁
0,80 - 0,99	CA ₂
0,60 - 0,79	CA ₃
0,40 - 0,59	CA ₄
0,20 - 0,39	CA ₅
0,01 - 0,19	CA ₆
0,00	CA ₇

Fonte: Hidalgo (1990: 19)

2.2.5 - DECLIVIDADE MÉDIA - PARÂMETRO DM

Através deste parâmetro caracteriza-se o relevo:

- a) – determinar a área de cada setor da bacia com papel milimetrado ou calcular no *software* que se efetuou a digitalização das cartas temáticas;

b) –determinar a longitude total das curvas de nível de cada setor. Esta medição pode ser feita com o auxílio de um curvímetro, sendo que se deve proceder, no mínimo, duas medições, fazendo-se a média aritmética para obter-se o resultado.

Conhecendo-se a eqüidistância entre as curvas de nível, aplicar a seguinte expressão:

$$DM = \frac{L.C.N. \times E}{A} \times 100$$

Onde: DM – declividade média
 L.C.N. – longitude das curvas de nível (por setor)
 E – eqüidistância entre as curvas de nível
 A – área do setor

Com base nas classes de declividades adotadas, determinar os respectivos subíndices deste parâmetro (Quadro 04).

QUADRO 04 - CLASSES DE DECLIVIDADE E SUBÍNDICES - PARÂMETRO DM.

DECLIVIDADE	RELEVO	SÍMBOLO E SUBÍNDICE
A	Plano	DM ₁
B	Suave ondulado	DM ₂
C	Ondulado	DM ₃
D	Forte ondulado	DM ₄
E	Abrupto	DM ₅

Fonte: adaptado de Beltrame (1990: 126)

Para melhor caracterizar o relevo, deve-se elaborar as curvas hipsométricas dos setores e, também, calcular os seguintes parâmetros morfométricos: altura média, integral hipsométrica, coeficiente de massividade, coeficiente orográfico, relação de relevo, índice de rugosidade e textura topográfica.

2.2.6 - EROSIVIDADE DA CHUVA - PARÂMETRO E

Para determinar a erosividade da chuva em cada setor da bacia é necessário definir a estação pluviométrica de maior influência. Com a aplicação dos “polígonos de Thiessen” poderá ser determinada a precipitação média dos setores.

Com a equação desenvolvida por Bertoni; Moldenhauer (in: BELTRAME, 1990: 128) e, com os dados da estação predominante, será avaliado o potencial erosivo da chuva, onde a unidade é toneladas de solo por hectare por milímetros de chuva por hora:

$$E = 6,886 (r^2/P)^{0,85}$$

Onde,

E – média mensal do índice de erosão (t/ha.mm/h);

r - precipitação média mensal em mm;

P - precipitação média anual em mm.

Com base em dados de precipitação anual e mensal para o Estado do Paraná, deve-se elaborar uma classificação dos índices de erosividade. Para isso, utilizar dados das estações pluviométricas paranaenses, e verificar a mais baixa precipitação anual e a mais alta precipitação anual para o mesmo período da estação utilizada no estudo.

A partir do cálculo da erosividade da bacia, estabelecer classes de intervalo e obter os índices de erosividade para os setores da bacia (Quadro 05).

QUADRO 05 - CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DE EROSIVIDADE DA CHUVA PARA O ESTADO DO PARANÁ.

ÍNDICE (t/ha.mm/h)	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO E SUBÍNDICE
Menor	Erosividade débil	E ₁
x - x	Erosividade média	E ₂
x - x	Erosividade forte	E ₃
x - x	Erosividade muito forte	E ₄
Acima x	Erosividade excessiva	E ₅

Fonte: adaptado de Beltrame (1990: 131)

2.2.7 - POTENCIAL EROSIVO DO SOLO - PARÂMETRO PE

Para a determinação do potencial erosivo do solo - parâmetro PE, é necessário integrar as seguintes informações:

- carta clinográfica;
- carta pedológica;
- geologia;
- geomorfologia;
- características físicas dos solos.

Para a caracterização das classes de potencial erosivo do solo, deve-se ter como base a textura dos solos e o comportamento destes diante da declividade e geomorfologia.

Com base nas classes de declividade adotada, nas características físicas dos solos e dados das características físicas e químicas dos solos, deve-se elaborar uma matriz, combinando-se as diferentes classes de informações e que fundamentará a carta de potencial erosivo do solo para a bacia que se está efetuando o estudo.

Com base nos dados obtidos, escalonar os índices do potencial erosivo dos solos para obter o parâmetro por setor (Quadro 06).

QUADRO 06 - ESCALONAMENTO DOS ÍNDICES DO POTENCIAL EROSIVO DO SOLO, QUALIFICAÇÃO E SÍMBOLO RESPECTIVO

POTENCIAL EROSIVO	SÍMBOLO	ESCALONAMENTO DOS ÍNDICES
Baixo	PE ₁	0,876 - 1
Baixo Moderado	PE ₂	0,751 - 0,875
Moderado a Baixo	PE ₃	0,626 - 0,750
Moderado a Alto	PE ₄	0,501 - 0,625
Alto a Moderado	PE ₅	0,376 - 0,500
Alto a Muito Alto	PE ₆	0,251 - 0,375
Muito Alto a Alto	PE ₇	0,126 - 0,250
Muito Alto	PE ₈	0,000 - 0,125

Fonte: Beltrame (1990:150)

Após, deve-se calcular a área ocupada por cada classe nos setores, relacionando a simbologia.

Para o cálculo do parâmetro para cada setor, deve-se elaborar um quadro com as seguintes colunas:

- coluna (1) - área de cada classe;
- coluna (2) - índice de potencial erosivo de cada classe;
- coluna (3) - produto das colunas (1) e (2);
- para cada setor, somar os valores da coluna (1) e (3);
- para cada setor, dividir o valor da somatória da coluna (3) pela somatória da coluna (1), encontrando o índice e respectiva simbologia.

2.2.8 - DENSIDADE DE DRENAGEM - PARÂMETRO DD

Utilizando-se um curvímeter ou através da digitalização, deve-se medir o comprimento total dos canais de drenagem, por setores e calcular:

$$DD = Lt/A$$

Onde:

DD – densidade de drenagem

Lt - comprimento total dos canais

A - área do setor

Com base na classificação apresentada por Beltrame (1990), elaborar a classificação para valores de densidade de drenagem dos setores da bacia e respectiva simbologia representativa (Quadro 07).

QUADRO 07 - CLASSIFICAÇÃO DA DENSIDADE DE DRENAGEM - PARÂMETRO DD

VALORES DA DD (KM/KM ²)	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO
MENOR 0,50	Baixa	DD ₁
0,50 - 2,00	Mediana	DD ₂
2,01 - 3,50	Alta	DD ₃
Maior 3,50	Muito Alta	DD ₄

Fonte: Beltrame (1990: 157)

2.2.9 - BALANÇO HÍDRICO - PARÂMETRO BH

Para a obtenção dos dados de evapotranspiração potencial e real, de excedente e déficit hídrico, utilizar o método de Thornthwaite e Mather (1955) (TUBELIS; NASCIMENTO, 1992: 303), sendo que a capacidade de armazenamento de água no solo utilizada poderá ser de 100 mm.

O índice hídrico poderá ser calculado a partir da fórmula proposta por Thornthwaite:

$$I_m = \frac{(100e - 60d)}{n}$$

Onde, I_m - índice hídrico;
 e - excedente anual;
 d - deficiência anual;
 n - evapotranspiração potencial anual.

Como no Estado do Paraná não há uma classificação qualitativa dos balanços hídricos, pode-se utilizar a mesma simbologia adotada por Beltrame (1990).

Apesar da não existência desta classificação, sabe-se que a classificação utilizada por Beltrame (1990), não está muito distante da realidade da bacia do rio Tagaçaba o que, não inviabilizará a aplicação do diagnóstico físico-conservacionista (Quadro 08).

QUADRO 08 - CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA DOS VALORES DO BALANÇO HÍDRICO E RESPECTIVOS SÍMBOLOS PARA SANTA CATARINA

BALANÇO HÍDRICO	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO
Sem deficiência hídrica e excedente hídrico superior a 1.561,0 mm/ano	Muito Alto	BH ₁
Sem deficiência hídrica e excedente hídrico entre 780,5 mm e 1.561,0 mm/ano	Alto	BH ₂
Sem deficiência hídrica e excedente hídrico de até 780,5 mm/ano	Médio	BH ₃
Com deficiência hídrica, pelo menos 01 mês/ano; qualquer excedente	Baixo	BH ₄

Fonte: Beltrame (1990: 159)

2.2.10 - FÓRMULA DESCRITIVA

Para cada setor da bacia deve-se aplicar a fórmula descritiva:

$$E(f) = CO_a CA_b DM_c E_d PE_e DD_f BH_g$$

Para obtenção dos valores finais, somar os valores mínimos dos parâmetros, que representam o melhor estado físico-conservacionista e, os valores máximos, que representam o pior estado físico-conservacionista.

Com os valores mínimos e máximos, obter o ângulo de inclinação da reta (equação da reta). Plotar no eixo "x" os valores obtidos nas fórmulas descritivas dos setores e, traçar as perpendiculares até a reta, obtendo nas ordenadas, as unidades de risco de degradação física da bacia.

Com a equação da reta $y = ax + b$, pode-se calcular esse resultado com maior precisão.

Para avaliar melhor o estado da bacia, deve-se correlacionar o mapa do uso do solo e o mapa de potencial erosivo do solo, o que resultará no mapa dos conflitos de uso do solo. Esse mapa apresentará as situações conflitantes de sobre-utilização (áreas com uso que ultrapassam sua capacidade com riscos de degradação física do solo), sub-utilização (áreas com uso abaixo de sua capacidade produtiva) e de uso correspondente.

Assim, com base na carta de conflitos de uso, analisar as características ambientais do setor e propor adequações de usos, gerando a carta de uso racional - proposta para a bacia em enfoque.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da presente pesquisa consistiu em uma série de atividades de fundamentação teórica e procedimentos técnicos para aplicação do DFC na bacia do rio Tagaçaba (Fluxograma 01).

A organização das atividades permite a identificação de quatro grandes fases de trabalho (Fluxograma 02):

I - Setorização da bacia do rio Tagaçaba: consistiu na digitalização das cartas temáticas básicas e cálculo da morfometria para definição dos setores da bacia e elaboração da Carta de Setorização da Bacia do Rio Tagaçaba.

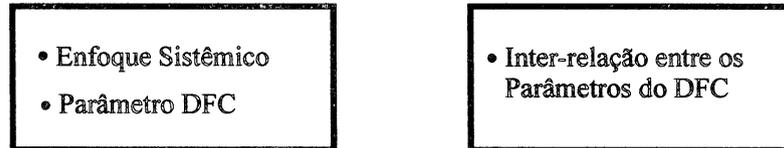
II - Determinação dos parâmetros do DFC da bacia do rio Tagaçaba: com base nas atividades desenvolvidas na fase anterior, fotointerpretação e classificação de imagens orbitais, foram determinados os parâmetros da metodologia para cada setor da bacia.

III - Fórmula descritiva por setor – bacia do rio Tagaçaba: aplicação da fórmula para determinar o grau de degradação ambiental de cada setor da bacia.

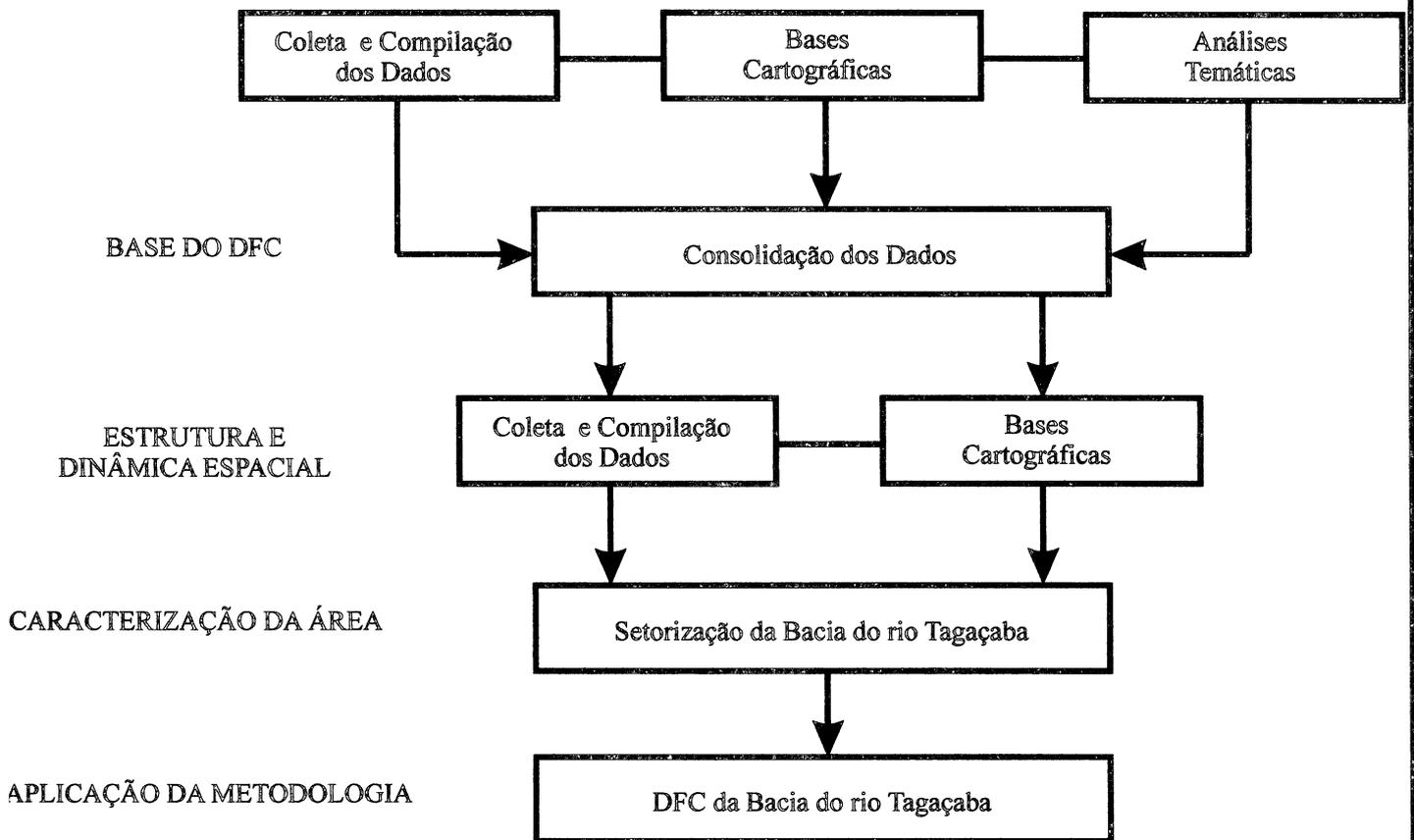
IV - Cálculo e avaliação do valor crítico da degradação por setor – bacia do rio Tagaçaba: aplicação da equação da reta. Desenvolvido a inter-relação da Carta de Uso do Solo e a Carta do Potencial Erosivo do Solo, para gerar a Carta dos Conflitos de Uso do Solo da Bacia do Rio Tagaçaba. A partir das informações obtidas, interpretadas e analisadas, chegou-se a Carta do Uso Racional do Solo da Bacia do rio Tagaçaba – Proposta.

Fluxograma 01 - Estratégias de Execução do DFC da Bacia do Rio Tagaça Município de Guaraqueçaba - PR

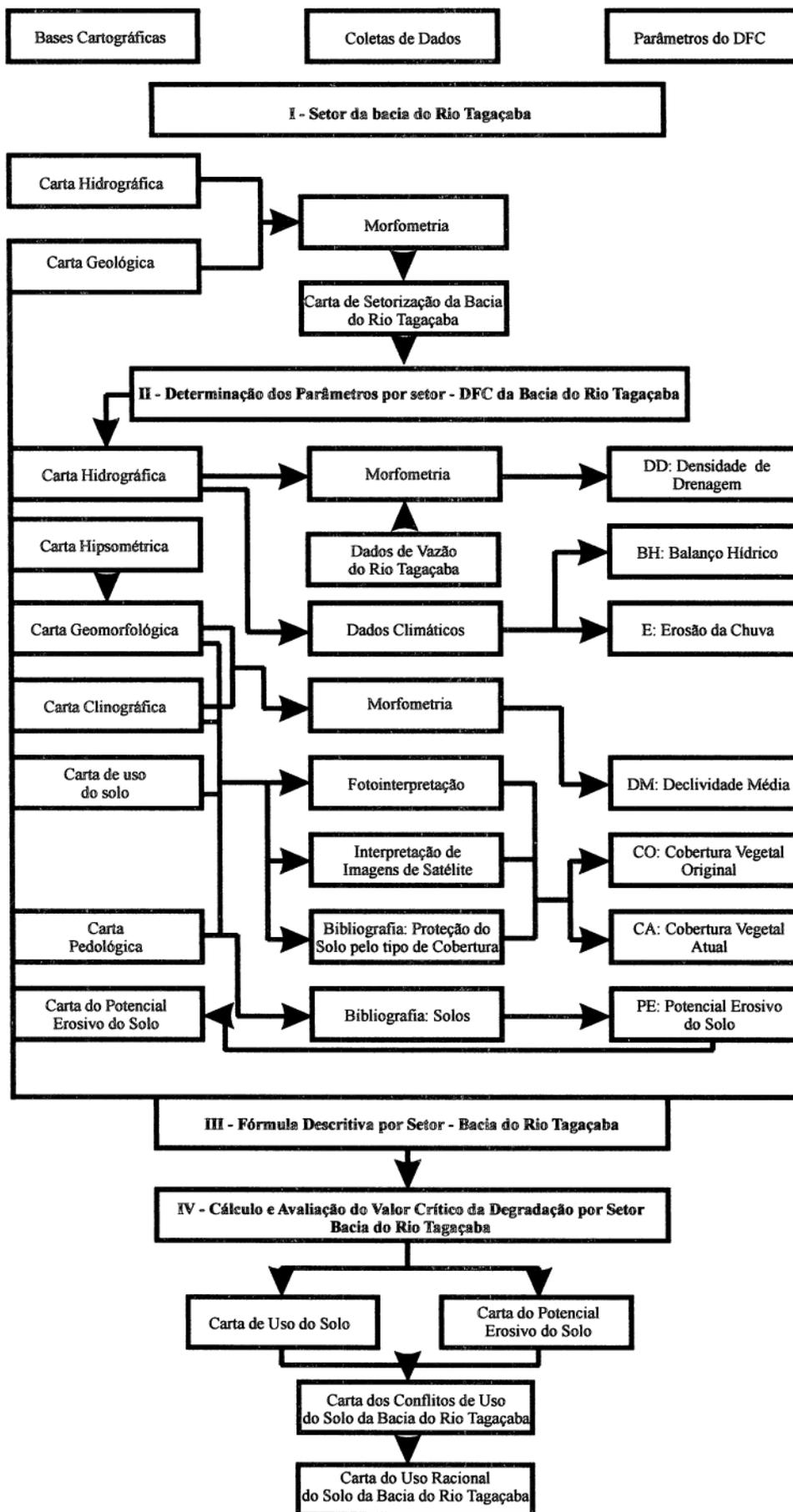
Fundamentação Teórica



Procedimentos Técnicos



**Fluxograma 02 - Atividades e Produtos do DFC da Bacia do Rio Taçaçaba
Município de Guaraqueçaba - PR**



Para o desenvolvimento do DFC da bacia do rio Tagaçaba, faz-se necessárias algumas informações preliminares. As cartas confeccionadas que serviram de suporte básico para a presente pesquisa serão explicadas neste item.

No Quadro 09, estão resumidos os materiais e informações utilizadas no DFC da bacia do rio Tagaçaba.

QUADRO 09 - MATERIAIS E INFORMAÇÕES UTILIZADAS PARA O DFC DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR.

INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS	INFORMAÇÃO EXISTENTE	INFORMAÇÃO INEXISTENTE Produzidas para o trabalho	FONTE
Fotos Aéreas – 1:25000	X		IAP
Imagem Satélite LANDSAT TM-5	X		INPE
Descrição Vegetação Original	X		ALONSO (1977), MAACK (1981) EMBRAPA (1984)
Temperatura e Chuva	X		SIMEPAR
Evapotranspiração		X	THORNTHWAITE; MATHER (1955)
Dados dos solos	X		IPARDES (1995 – 2001)
C.Topográfica – 1:50000	X		Ministério Exército
C. da Bacia – 1:50000		X	
C.dos Setores – 1:50000		X	
C.Clinográfica – 1:50000	X		IPARDES (1995)
C.Geológica – 1:50000	X		MINEROPAR (compilação)
C.Pedológica – 1:50000	X		IPARDES(compilação)
C.Potencial Erosivo dos Solos		X	
C.Uso dos Solos		X	

OBSERVAÇÃO: Todas as cartas foram digitalizadas no *software Spring* e impressas na escala 1:100.000.

A digitalização das cartas temáticas foi desenvolvida pela autora no Laboratório de Geoprocessamento, do Curso de Geografia com Ênfase em Geoprocessamento, da Universidade Tuiuti do Paraná - UTP. As edições das cartas temáticas e demais figuras foram elaboradas por Juliano Enrique Dias, formando do Curso de Geografia da UTP e aluno estagiário e de iniciação científica do Curso de Geografia. As edições foram feitas no *software Corel Draw* versão 10.

Inicialmente foram realizadas pesquisas das informações pré-existentes, equivalendo a um detalhado inventário do meio físico da bacia, através de informações bibliográficas e mapeamentos disponíveis.

As informações obtidas foram traduzidas em cartas temáticas básicas: geológica, clinográfica, hidrográfica, uso do solo e pedológica.

Foram utilizadas as Cartas Topográficas do Exército – Departamento de Engenharia e Comunicações (1980), em escala 1:50.000: MI2844/1, MI2843/2 e MI2843/4, com curvas de nível com equidistância de 20 metros.

Carta hidrográfica: obtida através da interpretação das cartas topográficas do Exército, onde foi delimitada a bacia, traçado a rede de drenagem, rodovias e perímetro urbano. A partir desta carta, foi calculada a área da bacia e procedeu-se o estudo das características morfométricas da rede de drenagem para melhor fundamentar a setorização da bacia.

Carta geológica: confeccionada através da digitalização de Cartas Geológicas – Folhas Antonina e Rio Pardinho, em escala 1:70.000, da Comissão da Carta Geológica do Paraná (1970).

Carta pedológica: adaptada do IPARDES (1995), em escala 1:100.000.

Uso do solo: o uso do solo foi inicialmente delimitado a partir das cartas topográficas e detalhadas e/ou verificadas durante a fotointerpretação e IPARDES (1995). Foram utilizadas imagens orbitais do LANDSAT TM⁷, de novembro de 2000,

bandas 5 (R), 4 (G) e 3 (B), órbita 220/77 e 220/78, para verificação das modificações ocorridas quanto ao uso do solo. Com o auxílio de técnicas e métodos de análise de imagens, utilizou-se o Spring, para proceder ao tratamento da imagem.

Carta clinográfica: confeccionada a partir das informações obtidas do IPARDES (1995), em escala 1:100.000.

Cartas das unidades ambientais naturais: obtida do IPARDES (1995), em escala 1:100.000.

Os dados de precipitação e temperatura foram requisitados no SIMEPAR, referente à estação meteorológica de Guaraqueçaba – código 02548039 do IAPAR, localizada a 40 metros de altitude, pois exerce maior influência na bacia do rio Tagaçaba, no período de 1978 a 2000 (até o mês de agosto). A influência desta estação foi determinada através do Método de Thiesen.

Foram obtidos, também, dados de precipitação do Posto Meteorológico Passo do Vau (Tagaçaba de Cima) – código 02548044 da ANEEL, localizado a 73 metros de altitude, do período de 1975 a 1995 (até o mês de agosto), 1996 a 1999, somente os totais anuais.

Os dados levantados foram, a princípio, interpretados isoladamente para obtenção de informações específicas sobre cada item do inventário.

Após, através do auxílio do SIG – Sistema de Informações Geográficas Spring foram inter-relacionados alguns dados temáticos, gerando outras cartas necessárias para o desenvolvimento da metodologia adotada. A metodologia adotada para determinar o potencial de degradação ambiental da bacia do rio Tagaçaba será apresentada e discutida no próximo capítulo.

Como aporte teórico desta análise, foram utilizadas informações bibliográficas disponíveis sobre os itens abordados. O texto foi formatado segundo as normas da UFPR (2000) e, também, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

4 - A BACIA DO RIO TAGAÇABA

4.1 - A BACIA DO RIO TAGAÇABA E O CONTEXTO DO LITORAL PARANAENSE

A região de estudo localiza-se na porção norte do litoral do Estado do Paraná, e abrange uma parcela da encosta oriental da Serra do Mar e planície costeira.

As encostas orientais da Serra do Mar são mais escarpadas e íngremes do que as encostas ocidentais, ocorrendo vários e grandes desníveis com a planície costeira.

Para Bigarella (1978: 19),

a frente superior das escarpas da Serra do Mar no Paraná é de alta complexidade morfológica. Ai encontram-se alinhados paredões semi-esfoliados dos altos maciços residuais da borda do planalto, ao lado de escarpas mais contínuas, mais baixas, festonadas e assimétricas. Os paredões têm crescido em altura pelas sucessivas retomadas de erosão, pelo levantamento epirogênico e pelo rebaixamento da base das escarpas.

Para Angulo (1992: 30/32),

nas áreas onde as rochas são mais resistentes ao intemperismo (granitos e rochas efusivas e sedimentares da Formação Guaratubinha), as serras sobressaem algumas centenas de metros do nível geral do Primeiro Planalto. (...). Em alguns setores onde as altas serras não ocorrem, a Serra do Mar se constitui apenas de uma serra de borda dissecada de planalto.

Em relação à orientação das cristas e vales da Serra do Mar, Angulo (1992: 32), destaca, principalmente, que:

- as direções predominantes são NE - NNE, NNW e NW, correspondendo aos principais alinhamentos litológicos;
- as direções NE - NNE e NNW, estão relacionadas a linhas estruturais pré-cambrianas, supostamente reativadas durante a evolução geológica da região, coincidindo com os principais contatos das unidades geológicas;

- a porção norte do litoral possui direção preferencial NE, tendo como exemplo a Serra do Morato.

O litoral paranaense é formado por:

- uma região montanhosa: incluindo morros isolados e as encostas da Serra do Mar, caracterizando rochas mais antigas como os gnaisses e os granitos;

- a baixada costeira: onde predominam altitudes entre 0 (zero) e 10 metros, sendo constituída de depósitos sedimentares recentes. A planície costeira possui uma largura variando de 10 a 20 Km, sendo mais larga na Baía de Paranaguá.

Para Angulo (1992: 37),

em linhas gerais, a planície costeira é constituída por sedimentos continentais e costeiros. Dentre os primeiros, destacam-se os sedimentos associados a encostas, tais como leques, tálus, colúvios e sedimentos fluviais. (...).

Os sedimentos costeiros pertencem a dois tipos de sistemas principais: o de planície costeira com cordões litorâneos e o estuarino. Ambos são representados tanto por ambientes antigos formados durante períodos em que o mar tinha níveis relativos mais altos que o atual, como por ambientes atuais, tais como praias, planície de maré, deltas de maré e dunas frontais.

O litoral paranaense é resultado de um complexo sistema de falha que afetou grande parte da costa leste da América do Sul. As formas de relevo resultantes são decorrentes de falhamentos marginais ocorridos, provavelmente, no final da Era Mesozóica e início da Era Cenozóica, associado a períodos alternados de clima seco e úmido (MAACK, 1981: 385).

O tectonismo que afetou a costa leste está relacionado a fenômenos originados pelos processos de abertura e separação das placas sul-americana e africana. Durante a fase de dobramentos que originaram a cordilheira e a formação da Bacia Paraná, ocorreram rebaixamentos em diversas regiões, incluindo o litoral paranaense. Porções foram submersas, configurando as enseadas de Paranaguá e Guaratuba.

Tendo em vista a subsidência originada, houve a compensação das tensões e, conseqüentemente, iniciaram-se movimentos epirogenéticos (que ocorrem até os dias atuais), provocando a regressão do mar e o movimento negativo da praia. Assim, os sedimentos soltos foram imediatamente depositados sobre a base de gnaiss e granito. Essa deposição ocorreu discordantemente.

A evolução geológica do litoral paranaense estruturou a sua configuração atual e, Baía de Paranaguá, juntamente com a Baía de Guaratuba, dividem o litoral em três partes:

- porção norte: abrange as ilhas do Município de Guaraqueçaba e a Praia Deserta.

- porção leste: abrange as praias entre as duas baías - Praia de Leste, Matinhos, Caiobá, inclusive a Ilha do Mel.

- porção sul: abrange todas as praias de Guaratuba até a Ilha do Saí.

Em relação às elevações, a porção norte do litoral paranaense está representada pela continuidade do Planalto de Paranaguá, que separa a planície litorânea da escarpa íngreme, sendo considerado parte integrante do Estado do Paraná (MAACK, 1981: 387). Esse planalto está limitado por elevações importantes, como Serra Negra (930 m), Serra da Virgem Maria (1.272 m) e Morro dos Três Pontões (1575 m) que separa os Estados do Paraná e São Paulo.

As elevações que se direcionam para o mar e os morros isolados na planície litorânea, estão rodeados por planícies de aluviões e pântanos. Os aluviões preenchem os vales dos rios, comprovando uma maior extensão das baías ou o avanço do mar em direção à Serra do Mar no passado.

A litologia do litoral paranaense está representada, em grande parte, por gnaisse do Proterozóico Inferior e granitos intrusivos do Neo-Proterozóico (MAACK, 1981: 387). A litologia mais antiga está fortemente dobrada, com orientação N 60° e 70° E. Na porção norte do litoral, quartzitos, itabiritos, filitos e calcários afloram, principalmente no vale do Rio Itaquí e ao norte de Guaraqueçaba até o limite com São Paulo.

A rede de drenagem da bacia Atlântica no Paraná é geologicamente recente, sendo que evolução iniciou-se no final do Cretáceo e início do Terciário. Como o oceano é o nível base de erosão e, também, a pouca proximidade, os rios são constantemente rejuvenescidos pela epirogênese, como pode ser comprovado pelas corredeiras, saltos e velocidade da correnteza.

Focalizando a bacia Atlântica, o litoral norte do Paraná pertence à bacia hidrográfica da Baía de Laranjeiras, abrangendo as sub-bacias dos rios Guaraqueçaba, Morato, Serra Negra, Açungui, Pederneira, Tagaçaba, com

corredeiras e saltos. O mais conhecido é o Salto Morato, com 150 metros de desnível.

Há desembocaduras de rios consideradas “afogadas”, onde se verifica acumulação de sedimentos holocênicos, originando cordões arenosos e lagunas. Algumas ilhas apresentam os pontos mais elevados do complexo cristalino submerso. Na porção norte do litoral, destaca-se costões rochosos do mesmo complexo. Na porção sul, os rios possuem planícies aluviais e alguns morros isolados.

O clima, quente e úmido, está associado a maritimidade. Esta região está inserida na região de altas pressões subtropicais e, portanto, praticamente não há nuvens, com forte insolação e temperaturas altas.

A sedimentação marinha, a pequena profundidade do lençol freático e o alto índice de precipitação, originam solos podzólicos e salinos na porção norte, enquanto na porção central predomina os solos halófilos costeiros indiscriminados e as areias quartzosas na porção sul. A textura arenosa é comum nestes solos, bem como o alto teor de sal, baixo pH e baixa fertilidade.

Nestas condições geoambientais (solos arenosos e encharcados, lençol freático próximo à superfície, pH baixo, alto teor salino e condições climáticas), permitem na planície costeira o desenvolvimento do mangue, a vegetação de praia e a restinga.

O mangue está associado a baías e desembocadura de rios que apresentam condições ecológicas especiais como água calma, salobra, sujeito à ação da maré. É possível distinguir:

- * - mangue vermelho: próximo ao mar aberto.
- * - mangue manso: penetrando na desembocadura dos rios

A vegetação de praia desenvolve-se sobre solos arenosos. Na grande maioria são gramíneas. Nas antigas dunas, hoje consolidadas, encontram-se as famílias de mirtáceas, euforbiáceas, melastomáceas, mirsináceas e cactáceas. Nos cordões rochosos do litoral norte, é comum a associação da bromeliácea e pteridófitos.

Após as dunas, em solo arenoso, onde o lençol freático é muito superficial, originando pequenas árvores pantanosas, encontra-se a formação subxerofítica da restinga cujo porte varia entre arbustivo e arbóreo.

O geossistema da planície costeira sofre impacto das ações antrópicas pela destruição dos manguezais, seja pelo aproveitamento de madeira, seja pelo seu aterramento visando à obtenção de novos espaços para loteamento ou expansão de áreas agrícolas com culturas de bananas e mandioca.

A Serra do Mar originou-se da instabilidade tectônica do Terciário, representando a fragmentação da borda cristalina oriental e o segundo compartimento geomorfológico do Paraná. O desnível deste degrau atinge 1.000 a 1.500 metros, em média. Apesar de estreita, é o divisor nítido da orla marítima e o interior planáltico (MAACK, 1981: 389).

É responsável pela barragem de massas de ar vindas do sul, sudeste e leste, obriga os ventos a movimentos ascendentes originando chuvas orográficas, que se concentram de janeiro a março.

O forte declive do terreno variando entre 25° e 70° é responsável pelo contínuo transporte de material originando solos rasos, pobres na grande maioria, cujo perfil é formado pelos horizontes A e C.

A Floresta Atlântica apresenta variações florísticas devido à variação climática e topográfica, sendo bastante rica em espécies. A alta heterogeneidade com espécies de porte arbustivo (2 m) até arbóreo (30 m) forma os vários estratos, ricos em epífitas e lianas. O seu ciclo biológico desenvolve-se de forma contínua, dando o aspecto sempre verde, apesar de mais acelerado nos meses de verão (IBGE, 1992).

4.2 - PROCESSO DE OCUPAÇÃO

O povoamento do atual Município de Guaraqueçaba foi lento e gradativo. No período da fundação da Capitania de Paranaguá, Gabriel de Lara encontrou uma

mina de ouro nas encostas de Serra Negra, levando para a região um grande número de mineiros e aventureiros.

Na década de 1770, os missionários estabeleceram-se em Superagüi, fundando um estabelecimento agrícola e um religioso. Nessa época, houve a implantação de fazendas que utilizavam a mão-de-obra escrava. Para Miguel Tommasino (2002: 56), havia aproximadamente 2.000 escravos, correspondendo a 12% da população do litoral norte do Paraná. Os principais produtos cultivados eram o arroz, mandioca e cana de açúcar.

A ocupação ocorreu nos vales dos rios e nas ilhas, enquanto nas áreas de encostas, com altitudes mais altas, foram ocupadas posteriormente.

Para Von Behr segundo Martins (2001: 06),

A mudança final nesse processo histórico somente aconteceu há cerca de 6 mil anos, data estimada da presença do primeiro ser humano na região. A paisagem, até então moldada apenas pelos processos de sedimentação e erosão derivados de flutuações climáticas e movimentos tectônicos, passou a depender também da ação do homem. Nos últimos 400 anos, isso se traduziu economicamente em extração aurífera e florestal, agropecuária e, mais recentemente, em turismo. Como contrapartida dessa crescente exploração, neste final de século¹, foram implantadas medidas de proteção ao patrimônio ambiental, dentre elas a decretação de várias unidades de conservação.

A população nativa era composta de índios carijós, pertencentes ao grupo tupi-guarani. As tradições culturais desses índios estão presentes nas atividades desenvolvidas pelos pequenos agricultores e pescadores artesanais de Guaraqueçaba, chamados de caiçaras, miscigenação de índios com portugueses e, mais tarde, com negros.

A partir de 1770, o crescimento populacional foi considerável. Essa população sobrevivia com o cultivo e comércio de produtos como arroz, cana-de-açúcar, banana, milho e feijão. Em função de condições favoráveis à navegação, pequenas embarcações transportavam a produção agrícola para Guaraqueçaba e Paranaguá.

Além do cultivo agrícola, a atividade madeireira já estava presente, sendo exportada para Argentina e Paraguai. Portanto, a vegetação é retirada para a comercialização da madeira e para dar “espaço” para o cultivo.

¹ O século referido é o XX, pois a obra de Von Behr foi publicada em 1997.

Os agricultores utilizavam o solo por até 3 anos consecutivos, deixando a terra descansar por 10 a 15 anos (MARTINS, 2001: 09). Assim, com esse descanso, a vegetação recuperava-se, possibilitando um equilíbrio do ecossistema.

No final do século XIX, o fim do trabalho escravo produziu uma crise na produção agropecuária em Guaraqueçaba. Muitos proprietários abandonaram suas terras, pois não tinham mão-de-obra disponível para realizar as tarefas necessárias.

Muitas famílias tornaram-se pescadores, para suprir as necessidades de sobrevivência. Nesse período, inicia-se a construção da Estrada da Graciosa e da estrada de ferro Curitiba – Paranaguá.

Grande parte do Município de Guaraqueçaba permaneceu isolada, pois a ligação era somente através de barcos, pela Baía de Paranaguá. Somente em 1970 que foi construída a PR-404, que liga Guaraqueçaba a Antonina.

A fundação da cidade de Guaraqueçaba ocorreu no ano de 1900. A cidade atinge seu maior período de prosperidade na década de 1930, em função, principalmente, do aumento da exportação de banana e madeira para a Argentina e Paraguai. A economia baseada na agropecuária respaldou o crescimento do núcleo urbano.

Algumas comunidades são fundadas, como Batuva e Pedra Chata, colonizadas por agricultores vindos do vale do Ribeira. Colonos alemães instalam-se em Serra Negra e no vale do Rio Bananal (MARTINS, 2001: 10).

Como a economia estava voltada para a exportação, em função de uma crise na economia capitalista, a economia regional entrou em colapso. As conseqüências na área urbana foram visíveis, reduzindo o dinamismo da cidade de Guaraqueçaba.

A economia do município não conseguiu mais se reerguer e, grande parte dos agricultores, passou a produzir para subsistência e, engrossavam a renda familiar trabalhando nas fábricas de palmito que se instalaram na região.

Diversas empresas instalaram-se no município, favorecidas pelos incentivos fiscais (crédito subsidiado, redução de impostos, entre outros) oferecidos pelo governo federal para empresários que pretendiam criar búfalos e desenvolver reflorestamento do palmito. Com isso, muitos agricultores venderam suas terras para essas empresas, ou por decisão própria ou por “indução”.

Com a implantação dessas indústrias, a economia reacendeu mas, as características ecológicas não foram consideradas e respeitadas, iniciando um processo de degradação do ambiente, identificado através do esgotamento da fertilidade natural dos solos, assoreamento dos rios, contaminação das águas, entre outros.

Esses acontecimentos contribuíram para descaracterização cultural e a forma de vida em Guaraqueçaba, pois muitas famílias passam de proprietários de terras, a empregados das grandes empresas. A degradação ambiental afeta a qualidade de vida, que reforça a desestruturação cultural.

Tendo em vista que na região, principalmente na porção norte do litoral paranaense, está presente um dos remanescentes da Mata Atlântica e que, em função da intensa exploração comercial, inicia-se uma movimentação para que esses ecossistemas fossem preservados.

Em 1982, criou-se a Estação Ecológica de Guaraqueçaba, que representa uma área com ecossistemas que necessitam serem preservados.

Como a exploração econômica continuou de forma intensa, apesar das restrições legais, em 1985 é oficializada a Área de Proteção Ambiental – APA de Guaraqueçaba, numa tentativa de conciliar a ação antrópica com a preservação dos ecossistemas.

Para Souza Filho (1993: 27/29), as APAs são unidades territoriais mantidas através de leis, visando a proteção e a conservação do seu ambiente. Nessas áreas são mantidas as utilizações que existiam antes de serem declaradas de proteção ambiental. A APA passa a ser regulamentada por normas mais rígidas que as áreas do entorno. Toda APA deve ter um zoneamento interno, que deverá ser estabelecido conforme as características e usos do ambiente, podendo contemplar outras unidades de conservação. Cada APA deve ter o seu próprio planejamento ecológico/econômico e, depois de determinado, toda a atividade será subordinada a este plano.

A riqueza dos recursos naturais presentes na porção norte do litoral do Paraná, a acelerada degradação dos ecossistemas dos últimos remanescentes da Mata Atlântica e o crescente interesse da sociedade em criar medidas de proteção ambiental, contribuíram para a implantação da APA.

A APA de Guaraqueçaba foi criada pelo Decreto n.º 90.883/85, possuindo 3.134 Km² de extensão, abrangendo totalmente o Município de Guaraqueçaba (excluindo a cidade de Guaraqueçaba), partes dos municípios de Antonina, Paranaguá e Campina Grande do Sul.

Após a criação, o governo federal, através da Secretaria Especial de Meio Ambiente – SEMA, priorizou o zoneamento ambiental, a fiscalização integrada e a educação ambiental da APA. Quanto ao zoneamento ambiental, a SEMA estabeleceu convênio com o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES, para desenvolver o projeto de macrozoneamento da região, concluído em 1990 e encaminhado ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA.

Em função da importância do zoneamento, o IPARDES republicou o trabalho, em 1995, sob o título de Diagnóstico Ambiental da APA de Guaraqueçaba, disponibilizando-o aos órgãos interessados e a comunidade em geral.

As zonas ambientais são regiões ou zonas do território com características naturais específicas, que as diferenciam das demais unidades. O IPARDES, segundo TOMMASINO (2002: 48), estudou as características geomorfológicas, hidrológicas, climáticas, pedológicas e cobertura vegetal, para definir as zonas ambientais.

As zonas ambientais naturais encontradas na APA de Guaraqueçaba estão representadas no Quadro 10:

Com a implantação da APA, a situação agropecuária do município passou a ser regulamentada pela legislação ambiental, o que trouxe alguns problemas para a comunidade.

Para TOMMASINO (2002: 62), as influências da legislação ambiental nas relações técnicas de produção na APA de Guaraqueçaba, foram:

Agricultura:

- licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, incluindo projetos agropecuários em áreas acima de 1.00 ha ou menores, dependem de estudo de impacto ambiental e respectivo **relatório RIMA**;
- dentro da APA existem **Zonas de Uso Agropecuário** onde são proibidos ou regulados os usos ou práticas capazes de causar sensível degradação do meio ambiente. O cultivo da terra será feito considerando **práticas de conservação do solo** recomendado oficialmente;

QUADRO 10 - ZONAS AMBIENTAIS DA APA DE GUARAQUEÇABA – PR

ZONAS	SUBZONAS
Zonas de Proteção	Zona de Proteção das Altas Serras (ZPAS)
	Zona de Proteção dos Manguezais (ZPMA)
	Zona de Proteção da Porção Sul do Planalto do Rio Turvo (ZPRT)
Zonas de Conservação	Zona de Conservação das Serras (ZCSE)
	Zona de Conservação das Baías (ZCBA)
	Zona de Conservação da Porção Norte do Planalto do Rio Turvo (ZCRT)
	Zona de Conservação dos Morros Isolados (ZCMI)
	Zona de Conservação das Planícies e Colinas (ZCPA)
	Zona de Conservação das Ilhas Ocupadas (ZCIO)
	Zona de Conservação do Planalto do Rio Faxinal (ZCRF)
Áreas de Ocorrência Ambiental	Área de Ocorrência Ambiental na Serra do Rio do Cedro
	Área de Ocorrência Ambiental do Poruquara
	Área de Ocorrência Especial na Planície do Itaqui
	Área de Ocorrência Especial do Rio Bananal
	Área de Ocorrência Especial na Porção Sul do Planalto do Rio Turvo

Fonte: IPARDES 2001: 123/125

- **proibido cultivar as beiras dos rios, cursos d'água e encostas de montanhas;**
- **não é permitido a utilização de agrotóxicos e outros biocidas** que ofereçam riscos sérios na sua utilização, inclusive no que se refere ao seu poder residual. A SEMA relaciona as classes de agrotóxicos de uso permitido nas APAs;
- **é proibido o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração de Mata Atlântica.** Excepcionalmente a supressão será autorizada com anuência prévia do IBAMA;
- **necessária autorização prévia do IBAMA e IAP para desmatamento de floresta com um grau de regeneração.**
- Pecuária:**
- **não será permitido o pastoreio excessivo,** considerando como tal àquele que possa provocar ou acelerar sensivelmente a erosão. **Proibição de desmatar a vegetação arbustiva arbórea.**

Caça:

- **interdição total.**

Extrativismo:

- determinação de condições para **colheita e industrialização de palmito** (área mínima de replantio obrigatório);
- regulamentação da exploração do palmito: liberação da autorização de exploração para grandes proprietários, monopólio de industrialização para fábricas (1989);
- limitação de exploração dos recursos da Floresta Atlântica (1990) e Decreto sobre Floresta Atlântica (1993);
- autorização obrigatória para **corte de árvores e utilização de outros produtos florestais** (fibras), limitação das quantidades exploradas.

Tommasino (2002), em sua tese demonstra a insustentabilidade socioeconômica da agricultura na região. A legislação ambiental contribui para essa insustentabilidade econômica, mas a crise econômica está relacionada ao processo multicausal, de onde intervêm fatores que se relacionam à competitividade dos principais produtos.

Tommasino (2002: 212), identifica fatores relacionados à produtividade, condições relativas à comercialização dos produtos (qualidade, demanda, volume), infra-estrutura geral regional (estradas, transportes, depósitos), crédito, assistência técnica e, também, restrições oriundas da gestão ambiental.

Aponta, também, que a produção animal poderá ser uma alternativa que contribuirá para a viabilidade econômica de alguns produtores.

4.3 - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Os diferentes níveis de transformações impostas ao ambiente pela sociedade são determinados pelos vários elementos que compõem àquele ambiente. Isso significa que, caso o ambiente esteja em perfeito equilíbrio e funcionamento, as transformações ocorrem por reações em cadeia em um determinado período de tempo. Caso o ambiente já esteja em desequilíbrio, as

reações poderão ter prazo menor ou maior. Essas afirmações estão relacionadas ao estado em que o ambiente encontra-se no momento em que for utilizado.

Sob esse enfoque, o conhecimento da geomorfologia é importante pelo seu objeto específico: o estudo dos processos e da elaboração das formas do relevo. Portanto, na medida em que se conhece as causas dos processos de degradação ambiental, a geomorfologia pode informar sobre a melhor maneira para evitar que o problema se agrave e sugerir intervenções que minimizem impactos decorrentes da ação antrópica no ambiente.

As formas de relevo refletem a estruturação e constituição das massas rochosas originais, bem como a influência dos agentes exógenos, pois as rochas são submetidas a diversas formas de intemperismo: pelas águas correntes (erosão linear); erosão mecânica sob a variação da temperatura; decomposição química por dissolução.

A estrutura geológica do Município de Guaraqueçaba está inter-relacionada a acontecimentos regionais, caracterizando influências da deriva continental. A evolução do Arco de Ponta Grossa influenciou, em partes, as feições estruturais do litoral do Paraná e está intimamente interligada e interinfluenciada pela evolução da Bacia do Paraná.

Para Almeida; Carneiro (1998: 135), "a complexa história registrada entre o Pré-Cambriano e o Eopaleozóico, que deu origem a diversas associações migmatíticas e metamórficas, bem como a inúmeros complexos ígneos, explica a ampla variedade de tipos litológicos do embasamento exposto".

No Paraná, afloram granitos neoproterozóicos formados, principalmente, durante a consolidação do embasamento da plataforma sul-americana, entre o Proterozóico e Cambriano. Essas "porções" de granitos estão relacionadas a colisões de micro placas tectônicas que formam a plataforma sul-americana, que dão a macro configuração de grandes setores da Serra do Mar (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998: 135).

Com as constantes alterações de esforços, perdas de calor e compressão das duas placas, originaram-se inúmeras falhas transcorrentes na porção leste da placa sul-americana.

Durante a Era Mesozóica, houve a subdivisão do continente de Gondwana e abertura do Oceano Atlântico, quando muitas descontinuidades antigas foram reativadas em pulsos descontínuos que perduraram desde o Cretáceo até o Terciário (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998: 136). As falhas reativadas orientaram a erosão que atuou sobre as rochas que possuíam menor resistência influenciando, assim, a distribuição e disposição da rede de drenagem.

Para Almeida; Carneiro (1998: 136):

No Paraná, as escarpas da Serra do Mar não atingiram tais deformações (cavalgamentos, dobramentos e transcorrências), retardadas nos processos erosivos por um conjunto de *stocks* e batólitos graníticos fini-brasileiros. Não obstante, a erosão remontante da bacia hidrográfica do rio Ribeira propiciou forte entalhamento que se abre desde a zona costeira, junto aos tipos litológicos da Zona de Cisalhamento (ZC) Lancinha-Cubatão (Salamuni, 1995), até atingir a região a norte de Curitiba, aproveitando sua menor resistência à erosão diferencial.

A Serra do Mar, no Paraná, está representada por uma cadeia de montanhas com elevações de até 1.800 metros de altitude. A sua origem está relacionada aos processos tectônicos, com movimentos epirogenéticos ocorridos no Cenozóico (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998: 135).

Para Maack (1968: 389), "a Serra do Mar não representa no Paraná apenas o degrau entre o litoral e o primeiro planalto (...), mas, constitui também uma serra marginal típica que se eleva de 500 a 1.000 metros sobre o nível médio do planalto".

Almeida; Carneiro (1998: 142) concordam com Maack, e salientam que a Serra do Mar no Paraná possui características que a diferenciam das porções que ocorrem em São Paulo e Rio de Janeiro.

Almeida; Carneiro (1998) também concordam com Maack (1968), Bigarella (1978) e Angulo (1992) no que diz respeito à presença de granitos, granito-gnaisses, migmatitos e outras rochas, com orientação predominante a NE. Essas rochas dão suporte a um relevo acidentado e, por serem mais resistentes à erosão, sustentam elevações acentuadas.

As rochas mais resistentes são à base de planaltos e escarpas e, rochas magmáticas que se consolidaram na parte superior da crosta terrestre, com menor resistência, condicionam os lineamentos maiores e a rede de drenagem local.

Maack (1981) referencia superfícies de erosão desniveladas e basculadas por uma tectônica de falhas, assim como restos de antigos níveis de aplainamento.

A estrutura geológica na bacia do rio Tagaçaba apresenta grupos distintos de rochas e coberturas sedimentares ou formações superficiais, relacionados a 3 datações geológicas distintas (Figura 03):

- Quaternário: aluviões, coluviões e depósito de taludes.
- Jurássico – Cretáceo: microgranitos intrusivos.
- Pré-cambriano: quartzitos, micaxistos e migmatitos (epibolitos) e charnokitos.
- Granito intrusivo Rio Pardinho, diques de diabásio e de diorito.

Bigarella (1978: 35/36), afirma que

Na Serra do Mar e na região litorânea, bem como na região sul do Primeiro Planalto do Paraná, ocorrem rochas de elevado grau de cristalinidade, representadas principalmente por migmatitos. (...). Entre os migmatitos distinguem-se os homogêneos e os heterogêneos.

Na área em estudo, predominam os migmatitos heterogêneos, representados pelos epibolitos que, segundo Bigarella (1978: 35), “se caracterizam pela associação estreita de rochas cristalofílicas e rochas félsicas de aspecto granítico ou pegmatítico. (...). (...), os migmatitos heterogêneos apresentam uma associação mineralógica típica de fácies albita-epidoto anfibolito, referida por Cordani; Girardi (1967) como devida ao retrometamorfismo resultante de forte cisalhamento”.

Para Williams; Turner; Gilbert (1970: 03), “nos níveis mais profundos da crosta terrestre, os fenômenos ígneos e metamórficos fundem-se imperceptivelmente, em consequência, muitas rochas que se originam ali apresentam aspectos de transição. Entre essas rochas estão os migmatitos”.

Os migmatitos apresentam grau elevado de metamorfismo e geralmente possuem composição mineralógica com hornblenda, biotita, plagioclásio, sendo que o quartzo ocorre em proporções subordinadas e a granada, esporadicamente.

Na bacia do rio Tagaçaba, o migmatito, tipo epibolito ocupa espacialmente grande parte da área (aproximadamente 70%), em altitudes acima de 100 metros, sustentando a maior parte dos morros isolados e colinas. Apresentam-se alinhados, preferencialmente, no rumo NE – SW.

FIGURA 03

CARTA GEOLÓGICA DA
BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

Legenda

- Falha
- - - Falha Provável
- ~ Drenagem

Quaternário

- Qa Aluviões
- Qc Aluviões Coluviões
- Qd Depósito de Taludes

- γm Microgranitos intrusivos
- γRP Granito intrusivo Rio Pardinho

Pré-cambriano

- pEq Quartzitos
- pEmx Micaxistos
- pEM₂ Migmatito - indiferenciado
- pEck Chamokitos

Jurássico - Cretáceo

- Dique de Diabásio

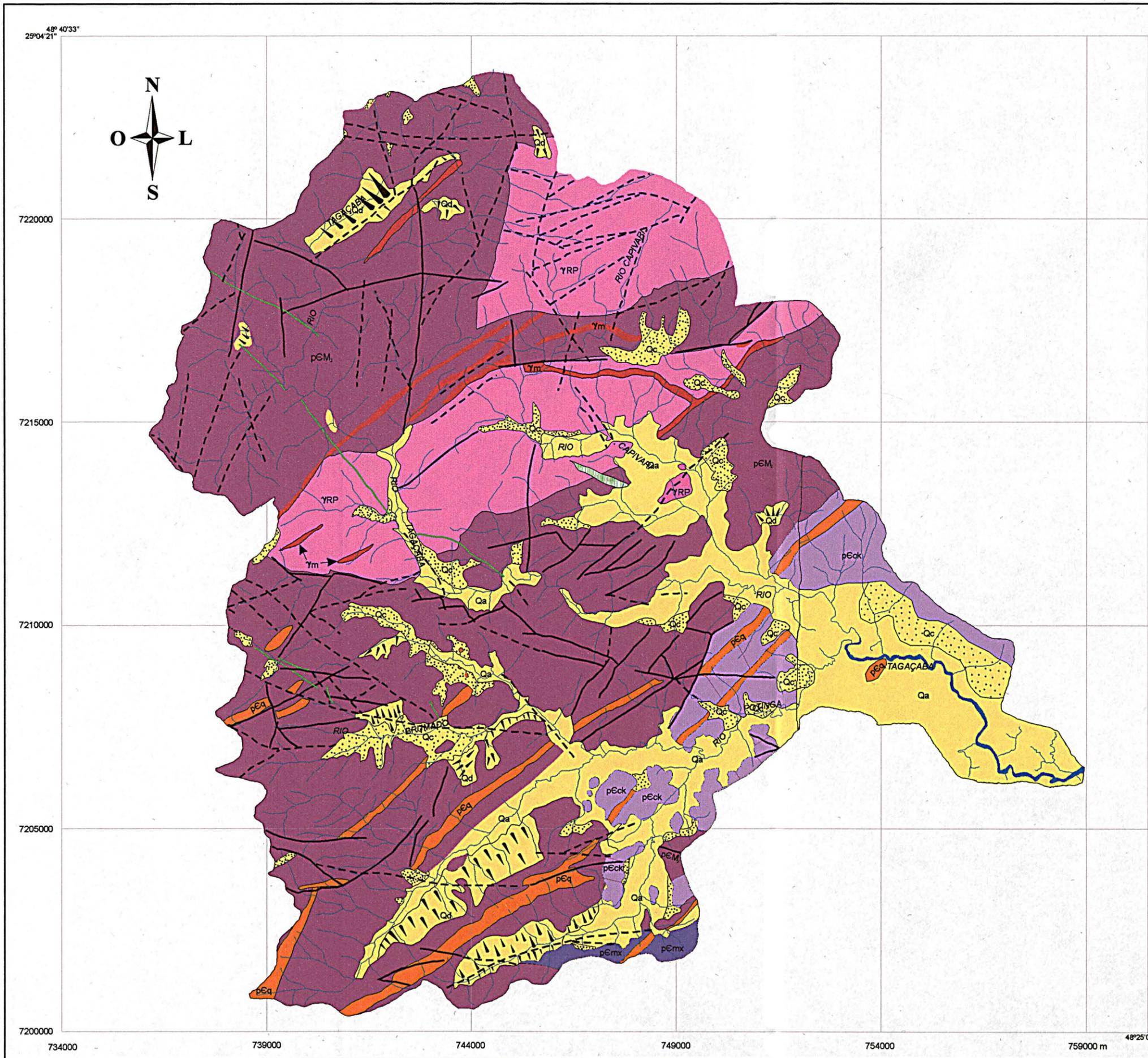
Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias

Escala 1:100000



Fonte:

- Cartas Topográficas em Escala 1:50000
- Antonina - IBGE (1992)
- Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
- Serra Negra - IBGE (1987)
- Comissão da Carta Geológica do Paraná em Escala 1:70000
- Folhas Antonina e Rio Pardinho



Além dos migmatitos, nos médios e baixos cursos da bacia ocorrem, também, os charnokitos que, segundo Williams; Turner; Gilbert (1970: 256), são rochas compostas, principalmente, de quartzo, feldspato potássico, plagioclásio sódico, hiperstênio e granada. Tem a aparência megascópica dos gnaisses plutônicos ácidos. Pode ser considerada como produto de um metamorfismo profundo das rochas quartzo-feldspáticas, das quais muitas foram inicialmente ígneas.

Bigarella (1978) também afirma que, na região oeste do município de Guaraqueçaba, o charnokito encontra-se associado ao migmatito. Na bacia do rio Tagaçaba, ocorre na porção leste (Figura 03), associado ao migmatito e ao quartzito.

Outra ocorrência, de menor expressão, são os micaxistos, rochas metamórficas constituídas, principalmente, de micas, quartzo, alguns feldspatos e vários minerais secundários. Apresenta-se em camadas de espessura variada, sendo, porém laminada (GUERRA; GUERRA, 1997: 426).

Os micaxistos são menos resistentes que os quartzitos, em função da composição química e xistosidade. O relevo resultante é monoclinal em função da xistosidade, com vertentes que se estruturam segundo o mergulho das camadas. Na área em estudo, os micaxistos estão associados ao migmatito e ao quartzito e ocupam as encostas (porção sul) com altitudes entre 100 e 200 metros.

Os quartzitos são rochas metamórficas compostas, essencialmente, de grãos de quartzo, normalmente resultantes da metamorfização de arenitos. São resistentes em função da natureza e homogeneidade dos grãos, bem como pela sua estrutura dada pela cimentação silicosa. Estas propriedades inibem a infiltração dando origem a relevos salientes na paisagem. Na bacia em estudo, formam divisores alongados e estão salientes em relação aos migmatitos e charnokitos.

Depois dos migmatitos, o granito é a litologia de maior expressão em área na bacia do rio Tagaçaba. O granito é uma rocha ígnea composta basicamente de quartzo, feldspato e micas, podendo aflorar principalmente como batólitos.

Para Guerra; Guerra (1997: 328),

a decomposição do granito nas áreas intertropicais de clima úmido se faz com grande facilidade e a rocha como que se funde sob a ação dos agentes de decomposição.

O trabalho de intemperismo dá surgimento a uma massa argilosa de coloração avermelhada por causa da hidrólise dos feldspatos que se transformam em argila. Os granitos, nas regiões onde domina a esfoliação

térmica, dão aparecimento a um grande número de fragmentos de formas muito variada. Os granitos se decompõem dando origem, principalmente, à *arena granítica* – saibro.

Para Penteadó (1978: 28), os vales em relevo de rochas granitóides,

São comandados pela intensidade da erosão linear. O débito contínuo dos canais facilita o cavamento das marmitas apesar da dureza das rochas e o aprofundamento dos vales é mais rápido do que a redução das vertentes. Sobre as vertentes, o escoamento difuso é insuficiente para cavar canais na rocha dura. Os declives fortes, devido à estrutura ou à incisão dos vales não permitem a infiltração das águas que escoam superficialmente, sendo por isso a decomposição retardada.

O relevo em terrenos cristalinos se caracteriza, pois, por vales estreitos, fortemente encaixados, vertentes abruptas, perfis convexos, pois que o escoamento difuso, gerador de vertentes côncavas é pouco eficiente.

Na área em estudo, o granito está presente na porção nordeste e, ocupando uma faixa no sentido NE – SW. Na porção nordeste se encontra as altitudes mais acentuadas da bacia, acima de 800 metros (até 1.530 metros, ponto mais alto), com declividade predominante acima de 45%, caracterizando vales estreitos e vertentes abruptas.

Os diques de rochas básicas presentes na bacia possuem orientação NW – SE, concordando com o alinhamento São Jerônimo – Curiúva, associado à Reativação Wealdeniana, de idade Mesozóica.

Os aluviões são sedimentos clásticos, oriundos de processos erosivos nas encostas, transportados e depositados pelos rios, acumulando-se em bancos, originando os depósitos aluvionares. Esses depósitos são testemunhos do afundamento do talvegue (GUERRA; GUERRA, 1997: 39).

A composição dos depósitos aluvionares possui grande variabilidade granulométrica, ocorrendo, inclusive, seixos até matacões, com até vários metros de diâmetro, sustentados por uma matriz areno-argilosa. Além das planícies aluvionares, este material pode ocorrer ainda sob a forma de leques, depósitos de taludes, ou mesmo colúvios.

Para Angulo in IPARDES (2001: 06), o aspecto geomorfológico dos leques sugere uma idade plio-pleistocênica para os mais dissecados e uma idade pleistocênica até holocênica para os menos dissecados.

Os depósitos de taludes encontram-se nas bases de escarpas. O material pode ter sido transportado pela erosão do escoamento superficial, ou pelo efeito da

gravidade. Esses depósitos formam rampas com forte inclinação, podendo apresentar ravinamento, com padrão paralelo (IPARDES, 2001: 07).

Os coluviões são materiais oriundos das encostas por solifluxão, facilitada pela ação da gravidade. Aparece na baixa encosta, podendo ocorrer em locais pouco mais afastados dos declives acima, em forma de rampas de colúvio.

Tais materiais são heterométricos compostos predominantemente de sedimentos finos, com proporções variáveis de areia e seixos, não apresentando estruturas bem definidas. É comum a ocorrência de colúvios superpostos, com características de textura e coloração diferentes (IPARDES, 2001: 07). Angulo (1992: 68) sugere que os colúvios que ocorrem nas vertentes mais suaves e se originariam através de movimentos de massa.

Tendo em vista a diversidade climática e litológica da bacia em estudo, utilizou-se a classificação sugerida por Oka-Fiori; Canali (1998: 52/53), que identificaram no litoral paranaense três grande compartimentos geomorfológicos: compartimento das serras e morros, compartimento das planícies e compartimento dos mangues.

Na bacia do rio Tagaçaba, identificou-se dois compartimentos:

* - Compartimento das Serras e Morros: representa área com relevo elevado e acidentado, com desníveis e declividades acentuadas. A litologia predominante é compostas por granitos intrusivos e migmatitos.

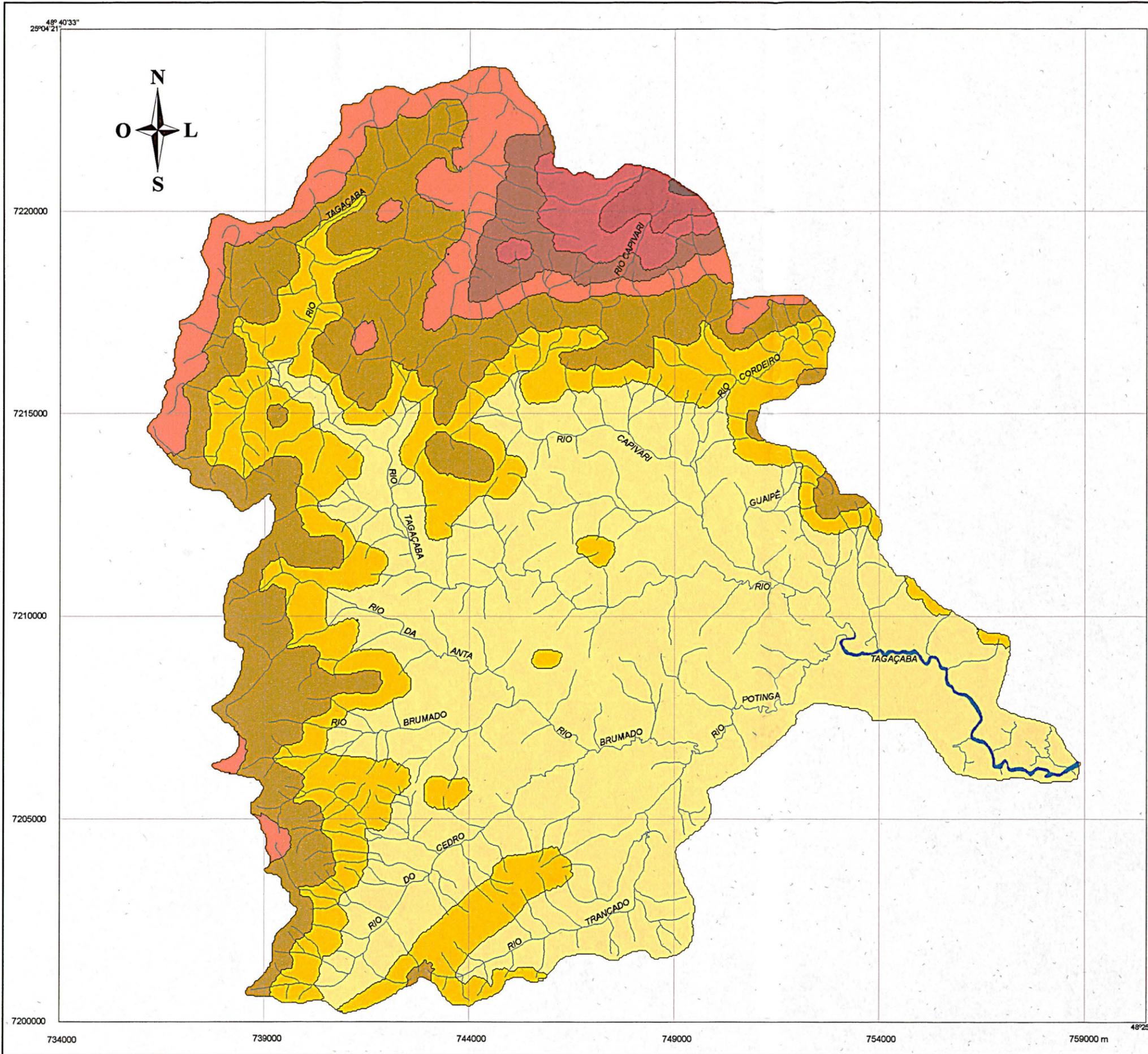
Os topos predominantes são os angulosos em seqüência, seguido de topos arredondados. As vertentes predominantes são côncavas, com os vales dos rios encaixados. A densidade de drenagem é alta.

- Compartimento das Planícies: representa a planície litorânea. Na bacia predominam as planícies aluviais, originadas a partir dos depósitos de sedimentos que os rios transportaram entre o Pleistoceno e o Holoceno, em função das alterações do nível do mar. Caracteriza um ambiente frágil, devendo-se planejar a sua utilização para não desestabilizar o ambiente.

A Carta Hipsométrica da Bacia do Rio Tagaçaba (Figura 04), auxilia para uma melhor visualização do relevo da área de estudo. Para isso, utilizou-se as gamas hipsométricas adotadas no Brasil (GUERRA; GUERRA, 1997: 340/341):

- Terras Baixas: até 200 metros de altitude;

CARTA HIPSOMÉTRICA DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR



Legenda

 Drenagem

	0 - 200 metros
	200 - 400 metros
	400 - 600 metros
	600 - 800 metros
	800 - 1000 metros
	1000 - 1200 metros
	1200 - 1400 metros
	Maior que 1400 metros

Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias



Fonte:
- Cartas Topográficas em Escala 1:50000
- Antonina - IBGE (1992)
- Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
- Serra Negra - IBGE(1987)

- Planaltos e Serras: de 200 a 1.200 metros de altitude;
- Áreas Culminantes: acima de 1.200 metros de altitude.

A classe hipsométrica de até 200 metros de altitude é a predominante na bacia do rio Tagaçaba (cerca de 60%). Altitudes acima de 800 metros concentram-se na porção nordeste da bacia, onde se encontra o ponto mais alto da área, com 1.530 metros. Na borda norte e noroeste as altitudes chegam até a 800 metros.

Na análise geomorfológica, para uma melhor compreensão da área de estudo, além da identificação das formas de relevo, associou-se a declividade do terreno a geomorfologia. A importância desta inter-relação reside no fato de que, fornece informações importantes para o planejamento de uso e ocupação do solo, pois cada classe de declive corresponde a certas limitações quanto a determinado grau de suscetibilidade à erosão hídrica.

Para Canali (1986: 31):

as declividades do terreno relacionam-se ao grau de resistência do substrato geológico face aos processos erosivos que modelam o relevo. O mapa de declividade representa a distribuição desta propriedade, portanto, há uma correlação entre as classes de declividade do terreno, variabilidade do substrato geológico e intensidade dos processos de esculturação do relevo.

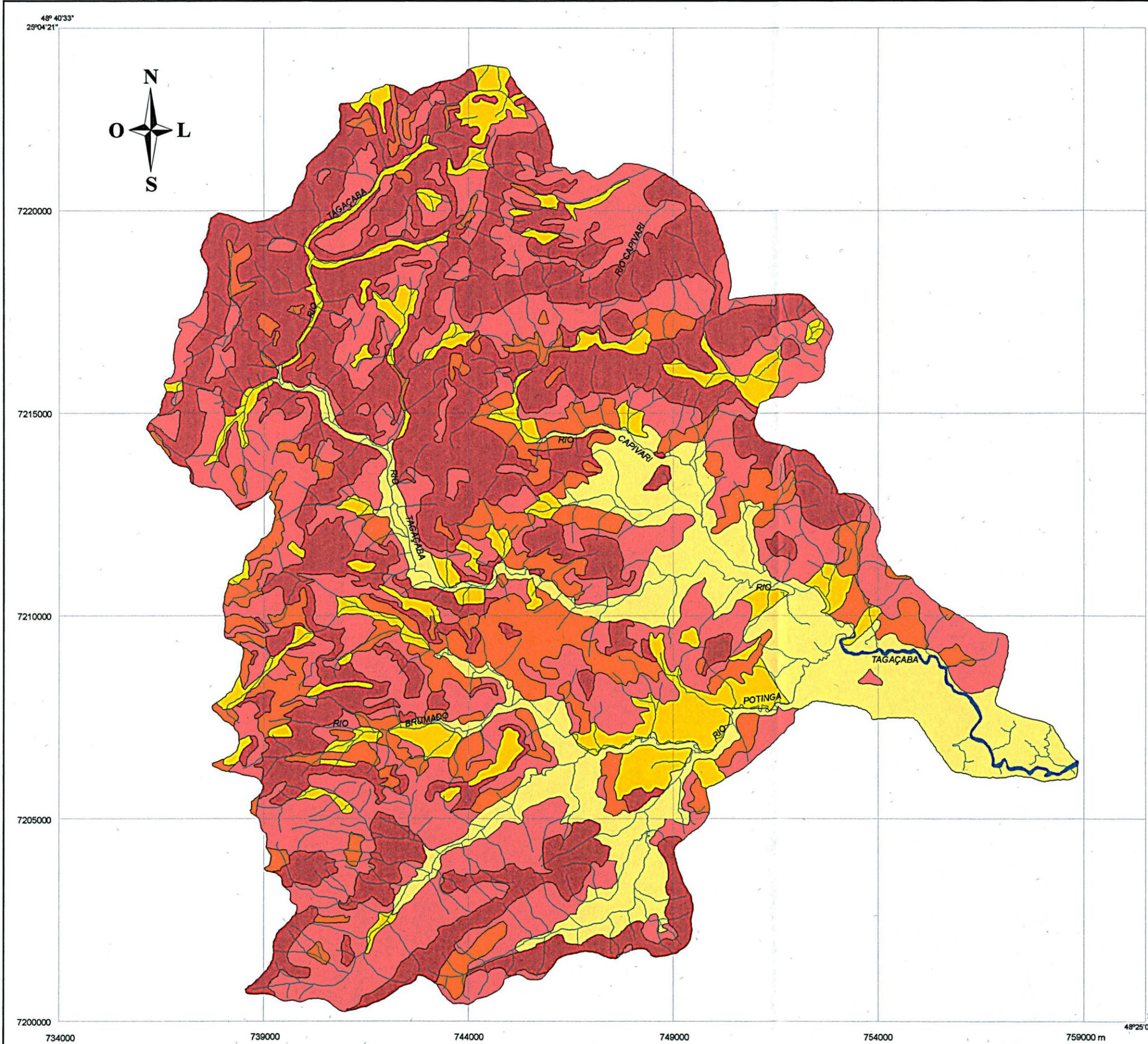
O termo *Carta Clinográfica* adotado neste trabalho, advém da técnica proposta por De Biasi (1992). De Biasi ressalta a importância da utilização desta informação em trabalhos desenvolvidos em questões ambientais, pois as classes de declividade permitem correlacionar informações para melhor compreensão do espaço estudado. Para Sanches (1993), estas cartas são largamente utilizadas em pesquisas ambientais, tanto nas direcionadas ao setor urbano quanto ao setor rural.

As classes de declividade adotadas nesse estudo estão identificadas na Carta Clinográfica da Bacia do Rio Tagaçaba (Figura 05):

CLASSE 01: 0 (zero) a 3% de declive (relevo plano). Formada por áreas planas ou quase planas, onde o escoamento superficial ou deflúvio é lento ou muito lento. A declividade do terreno não oferece nenhuma dificuldade ao uso, não havendo erosão hídrica significativa, exceto, possivelmente, em vertentes cujas rampas sejam muito longas e com solos altamente suscetíveis à erosão, ou quando recebem enxurradas de áreas vizinhas situadas a montante e mais declivosas. Na

FIGURA 05

CARTA CLINOGRÁFICA DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR



Legenda

- Classe 1 : 0 - 3%
- Classe 2 : 3 - 10%
- Classe 3 : 10 - 20%
- Classe 4 : 20 - 45%
- Classe 5 : Acima de 45%
- Drenagem

Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias



Fonte:
IPARDES - 1989

bacia pesquisada, predomina nos vales dos principais rios, ocorrendo próximo à foz, uma área razoável de terreno sujeito a inundações. A restrição quanto ao uso fica por conta da cobertura sedimentar, quando composta de materiais inconsolidados, a alta permeabilidade do solo e ao nível do lençol freático próximo à superfície.

CLASSE 02: 3% a 10% de declive (relevo suave-ondulado). Compreende áreas com declives suaves, nos quais, na maior parte dos solos apresenta boa drenagem, o escoamento superficial é lento ou médio. Nos tipos de solos que pertencem a esta classe, na área em estudo, a erosão hídrica não apresenta problemas importantes, necessitando apenas de prática simples de conservação. Presente nos vales dos rios, mas em uma altitude mais elevada da classe anterior, articulando as médias encostas às planícies aluviais freqüentemente através de rampas de colúvio.

CLASSE 3: 10% a 20% de declive (relevo ondulado). São áreas com superfícies inclinadas nas quais o escoamento superficial, para a maior parte dos solos, é médio ou rápido, especialmente porque em sua maioria são derivados de migmatitos, cuja alteração forneceu material finos (silte-argiloso).

O declive, por si só, normalmente não prejudica o uso do solo, porém exige práticas mais complexas de conservação do solo, para que terras com esse declive possam ser cultivadas intensamente. Está presente, na grande maioria, no compartimento das serras e morros nas médias encostas, esculpidas em migmatitos e mais raramente em tálus de detritos.

CLASSE 4: 20% a 45% de declive (relevo forte ondulado). Compreende áreas fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é muito rápido na maior parte dos solos. São áreas que requerem manejo sustentado. Presente em toda a área de estudo, ligando as médias às altas encostas migmatíticas, ou nos topos dos batólitos graníticos.

CLASSE 5: declives acima de 45% (relevo montanhoso/escarpado). Constituída por áreas íngremes, que impedem a maioria das formas de uso do solo. O escoamento superficial é sempre muito rápido e os solos extremamente suscetíveis à erosão hídrica. Nas áreas muito íngremes, normalmente, nenhum solo se desenvolve ou só existem solos muito rasos, geralmente com exposições rochosas. Articulam os divisores graníticos, micrograníticos e quartzíticos às altas

encostas. Em algumas encostas de vales (principalmente no alto Tagaçaba), os divisores foram esculpidos servindo-se de linhas estruturais (linhas de falhas). Solos pertencentes a esta classe são protegidos por lei com áreas de conservação permanente.

4.4 - CLIMA

De acordo com a Divisão Climática do Paraná (MAACK, 1981) e com a Carta Climática do Paraná (GODOY *et alii*, 1978), a área em estudo está sob influência de dois tipos climáticos, segundo a classificação de Köppen: Af e Cfb.

O tipo climático Af abrange uma área de 0 a 700 metros de altitude. Nessa classificação a letra "A" refere-se a um clima megatérmico (tropical úmido), com temperatura de todos os meses do ano apresentando médias superiores a 18° C. A letra "f" caracteriza o clima como sendo sempre úmido, sem estação seca, com chuvas todos os meses do ano, sendo que a precipitação média anual é de 1.000 mm.

O tipo climático Cfb abrange as áreas acima de 700 metros de altitude. Para essa classificação, a letra "C" refere-se a um clima pluvial temperado (mesotérmico), com a temperatura do mês mais frio entre 18° e -3° C, sendo freqüentes as geadas. A letra "f" caracteriza o clima como sendo sempre úmido, sem estação seca, com chuvas todos os meses do ano, sendo que a precipitação média anual é de 1.000 mm. A letra "b" indica que a temperatura do mês mais quente é inferior a 22° C e, durante 4 meses, pelo menos, é superior a 10° C. Está sujeito a ocorrência de geadas severas.

Para IPARDES (1995: 08), um dos fatores que justificam a divisão climática é a ocorrência de geadas. "Até aproximadamente 60 metros de altitude, segundo produtores e técnicos, praticamente não ocorrem geadas, e, quando se formam, não trazem grandes prejuízos às plantações. Acima de 700 metros, devido às geadas ocorrerem com maior freqüência e intensidade, algumas espécies vegetais começam a desaparecer, como o palmito (*Euterpe edulis*)".

A faixa litorânea do Paraná possui um regime pluviométrico marcado por uma concentração de chuvas nos meses de janeiro, fevereiro e março. Isto decorre da atuação predominante da Massa Tropical Atlântica, dotada nesta época, de aquecimento basal e sujeita à instabilidade fomentada pelo efeito orográfico da Serra do Mar.

Na parte Centro-Occidental do Estado, não se percebe nitidamente o período de máxima pluviosidade. Isto porque, nesta região ainda se faz sentir um aquecimento relativamente forte na primavera e verão, capaz de produzir chuvas em abundância nesse período. E, por outro lado, há, também, as chuvas que se formam no outono e inverno, provocadas pelas perturbações, trazidas, pelos avanços da Frente Polar Atlântica e anticiclones migratórios vindos do Sul (SIMÕES, 1954).

No que diz respeito ao regime térmico do Estado do Paraná constata-se, que as variações de temperatura ocorrem não apenas em função do relevo, mas especialmente devido à circulação atmosférica.

O aquecimento no verão, embora esteja correlacionado com a altitude, exhibe claramente a influência da circulação atmosférica. Os maiores valores situam-se no extremo Norte e Noroeste do Estado, nas calhas dos rios Paranapanema e Paraná. Nesta região, as ondas de calor, causadas pelos avanços da Massa Equatorial Continental e Tropical Continental, são bem mais fortes sob o domínio da Massa Tropical Atlântica.

Os altos valores absolutos, proporcionados pela participação do sistema tropical continental (E_c e T_e), são suficientes para acentuar o valor médio das temperaturas, mesmo que a frequência de participação desses sistemas seja inferior aos outros sistemas meteorológicos (MONTEIRO, 1976).

No litoral, seja pela presença atenuante das águas oceânicas, seja pela participação ainda significativa dos sistemas extratropicais, canalizados com mais frequência que no interior, o aquecimento é inferior ao das regiões Norte e Noroeste.

Durante o inverno, os maiores resfriamentos, embora ocorram em correlação com a altitude, são ainda resultantes do avanço das massas polares para o Norte (MONTEIRO, 1976). Estas massas, responsáveis pelos resfriamentos que ocorrem no período que se estende de abril a setembro, freqüentemente ocasionam

temperaturas abaixo de 0° C, especialmente nas regiões ao Sul do paralelo de 24° de latitude Sul.

A precipitação ocorrida no inverno está associada à frente polar, que é gerada pelo choque entre os sistemas intertropical e polar. As chuvas ocorridas no verão significam associação com a Baixa do Chaco, que se origina devido às ondulações da frente polar que se verificam nas latitudes médias. Outro fator que concorre para a existência deste centro negativo é o forte aquecimento do interior do continente, daí advindo sua maior importância durante o verão.

O Estado do Paraná caracteriza-se por grandes variações de temperaturas causadas por incursões das frentes frias, sendo que as variações ocorrem não apenas em função do relevo, mas, especialmente, devido à circulação atmosférica.

O aquecimento no verão, embora se correlacione com a altitude, exhibe claramente a influência da circulação atmosférica, causada pelos avanços da Massa Equatorial Continental e Tropical Continental, que são bem mais fortes sob o domínio da Massa Tropical Atlântica.

No inverno, embora os resfriamentos também se correlacionem com a altitude, são resultantes do avanço das Massas Polares. Estas massas, responsáveis pelos resfriamentos que ocorrem no período que se estende de abril a setembro, freqüentemente ocasionam temperaturas abaixo de 0° C, provocando geadas. Na área de estudo, há ocorrência de geada em altitudes mais altas, acima de 100 metros.

4.4.1 - PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA

Os dados de precipitação e temperatura foram fornecidos pelo SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ - SIMEPAR, na Estação Meteorológica de Guaraqueçaba – Código 02548039 do IAPAR, em função de exercer maior influência na área de estudo (esta influência foi determinada através do Método de Thiesen). O período de informações é de 1978 a 2000 (até o mês de agosto).

Além dessa estação, foram obtidos dados de precipitação do Posto Meteorológico Passo do Vau (Tagaçaba de Cima) – código 02548044 da ANEEL, do período de 1975 a 1995 (até o mês de agosto), 1996 a 1999, somente os totais anuais.

No Paraná, as regiões do sudoeste e do litoral apresentam os maiores índices pluviométricos anuais. Os totais de chuva dependem de uma série de fatores, dentre os quais a disposição geral do relevo. A distribuição das chuvas no decorrer do ano, apresenta grande interesse para a agricultura, pois a partir do seu ritmo estacional que as atividades agrícolas são programadas.

No Quadro 11 estão representadas a precipitação anual e a temperatura média anual na Estação de Guaraqueçaba no período de 1978 a 2000 (mês de agosto) e do Posto Passo do Vau no período de 1975 a 1995 (até o mês de agosto) e, de 1996 a 1999, somente os totais anuais.

Quanto à precipitação, percebe-se que é significativa, com o índice mais alto de 3.061,0 mm no ano de 1998, 2.893,4 mm em 1983 e, 2.850,8 mm em 1994, para a Estação Guaraqueçaba. Para os dados do Passo de Vau, o maior índice ocorreu em 1983, com 3,904,7 mm, seguido de 3.491,4 em 1986 e 3,468,8 em 1990.

Confrontando-se os dados da Estação de Guaraqueçaba e do Posto Passo do Vau, percebe-se uma diferença de 30% a mais na quantidade de chuva. A média de chuvas no Posto Passo do Vau foi de 2.669,4 mm e, na Estação Guaraqueçaba, de 2.050,7 mm.

Porém, enquanto na Estação Guaraqueçaba, os meses de dezembro e de janeiro apresentam as maiores ocorrências de precipitações máximas, no Posto Passo do Vau, estas se verificam em novembro e fevereiro.

Os maiores valores de precipitações máximas na Estação Guaraqueçaba ocorrem com mais freqüência também em janeiro, já no Posto Passo do Vau, esta se verifica tanto em janeiro quanto em fevereiro.

Os mais baixos índices pluviométricos, tanto na Estação Guaraqueçaba quanto no Posto Passo do Vau, ocorrem nos meses de junho e julho.

Apesar da concentração de maior volume de chuva no verão, percebe-se que ocorre uma boa distribuição anual, pois, não foi registrado nenhum mês sem chuva nos períodos estudados.

QUADRO 11 – PRECIPITAÇÃO ANUAL E TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NA ESTAÇÃO DE GUARAQUEÇABA NO PERÍODO DE 1978 A 2000 E PRECIPITAÇÃO ANUAL NO POSTO PASSO DO VAU NO PERÍODO DE 1975 E 1999.

ANO	ESTAÇÃO GUARAQUEÇABA								POSTO PASSO DO VAU				
	PRECIPITAÇÃO mm					TEMPERATURA ° C			PRECIPITAÇÃO mm				
	TOTAL ANUAL	Maior Índice		Menor Índice		MÉDIA ANUAL	Máxima	Mínima	TOTAL ANUAL	Maior Índice		Menor Índice	
mm		Mês	mm	Mês	mm					Mês	mm	Mês	
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	2607,6	405,8	2	79,1	8
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	2351,9	512,8	1	89,8	7
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	2382,7	360,1	2	54,0	7
1978	1468,2	269,7	11	48	4	20,1	38,4	0,4	2057,1	346,8	11	69,3	4
1979	2199,1	353,3	12	46,3	6	19,6	38,6	1,0	2613,2	364,1	12	53,7	6
1980	2675,0	536,6	12	42,3	5	20,7	36,9	1,8	2877,8	621,0	2	50,6	5
1981	2392,6	659,6	1	47,1	6	20,5	37,2	1,3	2719,3	744,0	1	27,5	6
1982	2412,7	316,8	2	52,0	8	20,7	38,0	6,8	2922,4	452,4	11	95,7	5
1983	2893,4	415,6	1	25,3	8	20,7	37,6	5,8	3904,7	537,7	2	54,2	8
1984	2391,0	401,0	1	57,0	7	21,0	40,2	1,2	2392,4	463,0	3	98,4	7
1985	1615,2	449,6	2	13,4	8	20,9	37,8	1,6	1966,6	453,3	2	16,2	7
1986	2590,0	598,0	2	10,5	6	21,3	39,4	4,6	3491,4	696,9	12	1,3	6
1987	1984,7	326,2	1	70,2	8	20,7	38,7	0,0	2908,8	409,7	1	33,7	7
1988	2003,5	299,5	1	21,9	8	20,3	38,0	4,0	2676,6	434,7	2	34,2	8
1989	2471,5	494,6	1	35,0	8	20,5	36,8	2,1	2869,0	638,7	1	36,0	8
1990	2715,4	639,3	1	67,5	7	20,9	36,8	1,6	3468,8	727,4	1	80,9	8
1991	2145,6	278,4	12	8,1	7	21,1	40,0	1,6	2424,9	293,6	1	11,6	7
1992	1964,1	295,3	2	22,4	7	21,1	38,0	5,4	2063,0	310,4	2	44,4	6
1993	2502,3	451,1	2	44,9	8	21,3	38,6	1,4	2330,3	411,3	2	33,2	8
1994	2850,8	562,9	1	35,9	8	21,6	37,6	2,2	2589,1	455,8	1	40,9	8
1995	2714,1	620,7	1	34,5	5	21,3	38,8	9,0	2407,3**	482,4	2	25,7	5
1996	2636,4	356,4	1	62,5	7	21,0	38,2	4,2	2637,0***				
1997	2829,2	539,6	1	63,9	7	21,3	39,6	4,8	3116,9***				
1998	3061,0	722,9	1	53,5	11	21,2	-	-	3088,7***				
1999	1245,6*	232,3	12	29,7	8	19,0	-	-	1866,4***				
2000	1158,5**	348,8	1	17,2	5	20,1	-	-	-				
	2050,7 (média)	722,9 (maior)		8,1 (menor)		20,7 (média)	40,2 (maior)	0,0 (menor)	2669,4 (média)	744 (maior)		1,3 (menor)	

Fonte: SIMEPAR e SUDHERSA

* - dados de janeiro, fevereiro e março não foram fornecidos.

** - dados fornecidos até o mês de agosto.

*** - fornecido somente o total anual

As precipitações que ocorrem na área em estudo são do tipo orográfica e de convecção. As chuvas orográficas ocorrem com maior frequência no inverno, podendo durar horas e até mesmo dias. Acontecem em altitudes mais altas e estão vinculadas às massas de ar de grandes extensões. Essas massas de ar ao encontrarem a Serra do Mar, elevam-se, resfriam-se, originando condensação do vapor d'água e, conseqüentemente, chuvas.

As chuvas de convecção predominam na baixada litorânea, sendo originada pela ascensão do ar quente, posterior resfriamento, condensação e precipitação.

No Município de Guaraqueçaba, a quantidade anual de chuva é elevada, havendo diferenças significativas entre as planícies, serras e planaltos. Na bacia do rio Tagaçaba, ocorre o aumento de precipitação nas regiões mais altas.

No Posto Passo do Vau, as chuvas máximas diárias passam dos 100 mm, registrando-se o maior índice diário foi de 196,1 mm ocorrido em 13/02/1997 (Quadro 12). Esses valores demonstram que, as chuvas na região são elevadas, tanto nas médias anuais como num período de 24 horas, não se verificando períodos de seca ao longo do período estudado.

A média de dias com chuva varia um pouco, cujos valores extremos são de 170 e 274 dias. A maioria dos anos registra entre 200 e 230 dias com chuva por ano, com boa distribuição ao longo do ano, apesar de haver maior concentração no verão.

Tanto os valores máximos de precipitação/dia, quanto o número de dias com chuvas indicam a importante participação da água nos processos erosivos (erosividade), pois, dividindo-se 2.669,4 mm de chuva média (Posto Passo do Vau, para o período de 1975 a 1999) por 200 dias de chuva, resultaria uma precipitação diária média de 13 mm. Mas, a média é de, aproximadamente, 100 mm, ou seja, acima de 75%.

Em relação à temperatura, a média anual não apresenta grandes oscilações (média geral oscilando entre 20° e 21° C), registrando-se a menor média em 1987 com 0,0° C e, 1984 com a maior média, com 40,2° C.

Segundo IPARDES (1995: 09), "na APA de Guaraqueçaba, de acordo com as estimativas de temperatura, a altitude ocasiona uma variação de temperatura de

7,2° C, entre o nível do mar e os 1.520 metros do ponto mais elevado. Já a variação de temperatura ocasionada pelas diferenças de latitude é de 3,5° C”.

Nas planícies litorâneas, a temperatura média diária varia em torno de 22° C, enquanto que nas partes mais elevadas, varia entre 14° C (IPARDES, 1995: 10). Como foram obtidos dados da temperatura somente da Estação Meteorológica de Guaraqueçaba, não foi possível verificar essa alteração.

QUADRO 12 - TOTAL DE CHUVA ANUAL, MÁXIMA DIÁRIA E NÚMERO DE DIAS COM CHUVAS NO POSTO PASSO DO VAU – GUARAQUEÇABA (PERÍODO DE 1975 A 1999).

ANO	TOTAL ANUAL	MÁXIMA DIÁRIA	DIA MÁXIMA	DIAS CHUVA
1975	2607,6	95,0	01/05	233
1976	2351,9	112,9	22/01	199
1977	2382,7	106,5	05/02	187
1978	2057,1	104,7	05/11	186
1979	2613,2	-	-	-
1980	2877,8	128,6	19/02	212
1981	2719,3	104,8	15/01	193
1982	2922,4	103,1	12/12	202
1983	3904,7	84,2	28/05	274
1984	2392,4	-	-	-
1985	1966,6	117,3	28/03	170
1986	3491,4	121,2	18/12	191
1987	2908,8	71,6	15/06	194
1988	2676,6	125,8	24/01	216
1989	2869,0	125,1	10/01	227
1990	3468,8	96,3	09/01	206
1991	2424,9	79,2	06/03	174
1992	2063,0	77,8	23/03	237
1993	2330,3	109,7	21/09	265
1994	2589,1	71,2	08/03	253
1995*	2407,3	-	-	-
1996**	2637,0	79,2	07/02	265
1997**	3116,9	196,1	13/02	233
1998**	3088,7	96,8	04/01	266
1999**	1866,4	57,5	07/04	244
	2669,4 (média)	196,1 (maior)		

Fonte: SUDHERSA

* - 1999: dados de janeiro, fevereiro e março não foram fornecidos.

** - fornecido somente o total anual

As variações da temperatura na bacia acontecem principalmente, em função da altitude, tanto espaciais como temporalmente e constitui um fator condicionante da vegetação.

4.5 - HIDROGRAFIA

A drenagem fluvial é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia hidrográfica, definida como a área drenada por um determinado rio ou sistema fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1980:102).

A quantidade de água que atinge os rios depende da área da bacia, da precipitação total e do seu regime, das perdas por evapotranspiração e a infiltração.

A bacia do rio Tagaçaba pertence à Bacia Hidrográfica do Atlântico (MAACK, 1981: 382/383), sendo subafluente da bacia do rio Serra Negra, que deságua na Baía de Laranjeiras, considerada uma bacia simétrica (Figura 06).

O rio Tagaçaba tem suas nascentes na Serra da Virgem Maria, vertente leste, rumando para sudoeste e desaguardo rumo sudeste da bacia. A amplitude altimétrica da bacia é de 1.542 metros, sendo que a altitude máxima é de 1.530 metros (situado na porção nordeste da bacia) e a mínima de 06 metros, na foz.

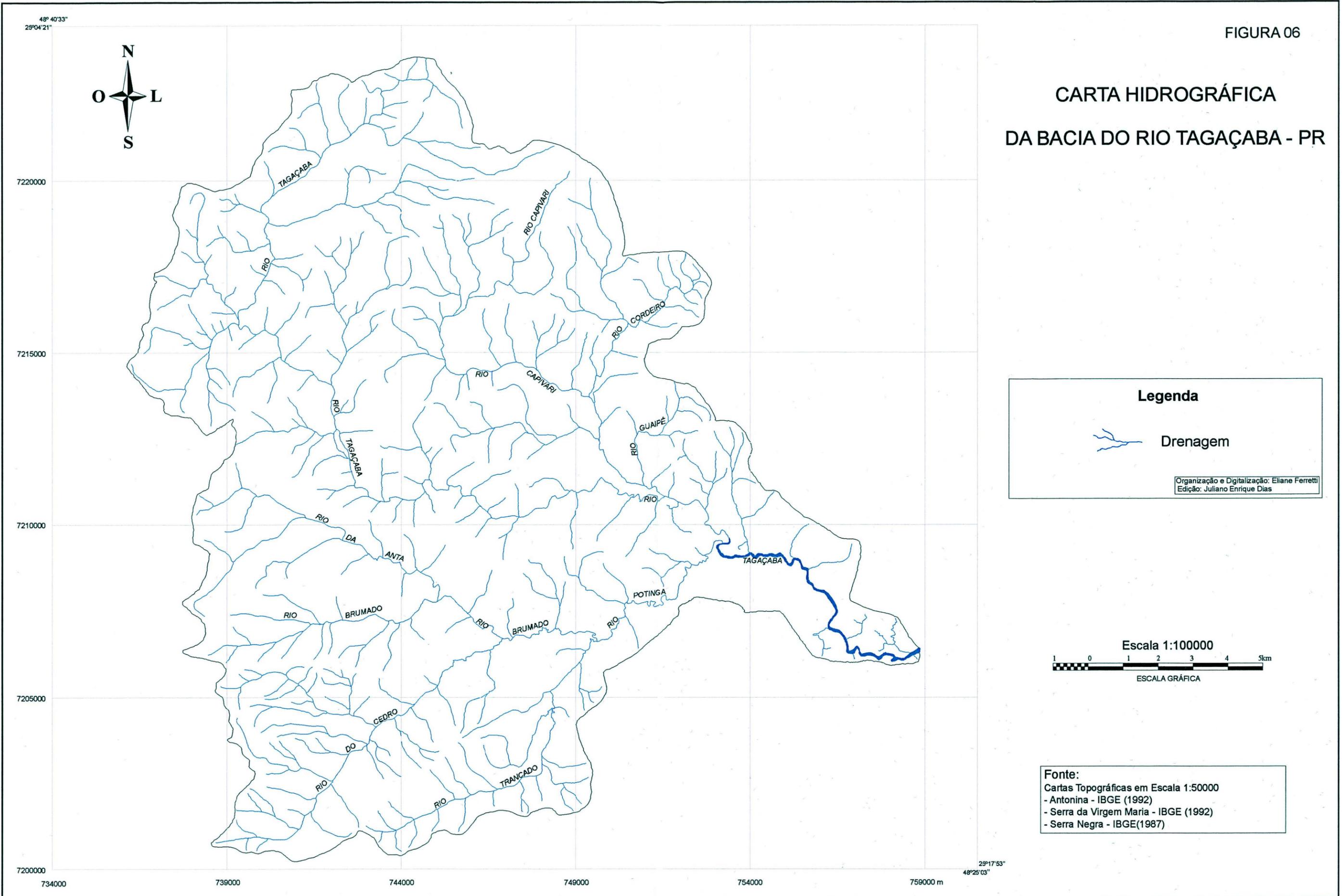
Para Christofolletti (1980), os padrões de drenagem podem ser influenciados pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região.

O padrão de drenagem na área de estudo é dendrítico, tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme. O padrão é também chamado de arborescente, sendo que o rio principal corresponde ao tronco, os tributários aos ramos e os de menores categorias aos raminhos e folhas. Os tributários distribuem-se em todas as direções, e se unem formando ângulos agudos de graduações variadas, mas, sem chegar ao ângulo reto (CHRISTOFOLETTI, 1980:103).

Apesar da caracterização do padrão de drenagem dendrítico, há trechos dos canais principais que apresentam uma articulação retangular, controlada pelo

FIGURA 06

CARTA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR



sistema de falhas e fraturas, como é o caso da junção entre os rios Potinga e Tagaçaba, Capivari e Cordeiro e Brumado e Anta. Nota-se, também, essa mesma configuração no alto curso dos rios Tagaçaba e Capivari.

No alto curso do rio Tagaçaba, as nascentes assumem um padrão paralelo, caracterizando presença de vertentes com declividades acentuadas ou onde existem controles estruturais que influenciem a ocorrência desse comportamento.

O principal afluente da margem direita é o rio Potinga e o da margem esquerda é o rio Capivari

Para a determinação da ordem dos canais, seguiram-se os critérios que se fundamentam na proposição de Hierarquização Fluvial de Strahler (1960), onde os menores canais que não possuem tributários são considerados como de 1ª ordem. Quando dois desses canais encontram-se, originam canais de 2ª ordem e, estes, ao encontrarem-se, formam canais de 3ª ordem e, assim sucessivamente.

A Relação de Bifurcação é obtida, após a contagem dos números de rios de cada ordem, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$R_b = N_u / (N_u + 1)$$

onde, R_b é a Relação de Bifurcação; N_u é o número de segmentos de determinada ordem e, $N_u + 1$ é o número de segmentos da ordem imediatamente superior. Adotando-se a ordenação de Strahler, o resultado não poderá ser inferior a dois.

O Quadro 13, estão representados os canais fluviais da bacia do rio Tagaçaba, sua hierarquia fluvial e relação de bifurcação.

QUADRO 13 - HIERARQUIA FLUVIAL E RELAÇÃO DE BIFURCAÇÃO DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

N.º DE ORDENS	N.º SEGMENTOS	Relação Bifurcação
01	321	-x-
02	74	4,34
03	16	4,6
04	04	4,0
05	02	2,0
06	01	2,0
TOTAL	418	

O rio Tagaçaba pertence a 6ª ordem; o rio Potinga, a 5ª ordem e o rio Capivari, a 4ª ordem.

O rio Potinga origina-se da confluência do rio Brumado (nascente da margem esquerda) e rio do Cedro (nascente da margem direita). O rio do Cedro pertence a 4ª ordem e o rio Brumado, a 3ª ordem. O rio Potinga recebe, ainda, da margem direita, o rio Trancado, que pertence a 3ª ordem.

O rio Capivari, possui 3 afluentes importantes. Os rios Cordeiro e Guaipé (margem esquerda), pertencem a 3ª ordem. O outro afluente é da margem direita e não está identificado por um nome e pertence a 2ª ordem.

A defasagem no resultado da Relação de Bifurcação indica que a drenagem da área de estudo não está em equilíbrio com a estrutura geológica.

Estas e outras características morfométricas diferenciadas serão apresentadas e discutidas em capítulo posterior.

O comprimento do rio Tagaçaba é de 45,74 Km, sendo que a densidade de drenagem da bacia é de 1,81 rio por Km² e a densidade de rios é de 1,10 nascente por Km².

4.6 - PEDOLOGIA

As rochas são submetidas a ações modificadoras de diversos agentes exodinâmicos, resultando em um corpo organizado denominado de solo, que é definido como a camada superficial de terra arável possuidora de vida microbiana (GUERRA; GUERRA, 1997:582).

A classificação dos solos é importante pois, as características dos mesmos irão fundamentar a utilização das terras. A classificação obedece a um sistema taxonômico.

A classificação brasileira tem por base o antigo sistema americano e seus conceitos centrais, alteradas para a realidade ambiental do Brasil. Para EMBRAPA (1999: xiii), "o processo foi sempre motivado pela apropriação das modificações às

carências que iam se revelando, com a realização de levantamentos em escalas médias e pequenas, em que concorriam classes de categorias hierárquicas mais elevadas”.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999), prevê seis níveis (EMBRAPA, 1999: 65):

- Classes do 1º Nível categórico - ordens
- Classes do 2º Nível Categórico – subordens
- Classes do 3º Nível Categórico – grandes grupos
- Classes do 4º Nível Categórico - subgrupos
- Classes do 5º Nível Categórico - famílias
- Classes do 6º Nível Categórico – séries.

Como na área em estudo não foi desenvolvida uma pesquisa de detalhe para relacionar e identificar os solos segundo a nova classificação, para a presente pesquisa, foi adotada a classificação anteriormente utilizada.

No Quadro 14, está relacionado à classificação anteriormente utilizada e atual sistema.

Essa comparação não está fundamentada em nenhum estudo específico, estando baseada em estudos das características de cada solo fornecidas pelas classificações. Ressalta-se que, a comparação não tem intenção de firmar uma correlação definitiva pois, para isso, é necessário um levantamento de detalhe, o que foge à intenção dessa pesquisa.

QUADRO 14 - COMPARAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ANTERIORMENTE UTILIZADA COM O SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (1999) – BACIA DO RIO TAGAÇABA, GUARAQUEÇABA – PR.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999)	Classificação anteriormente usada na EMBRAPA (1984)
Latosolos	LVa ₄ – Latossolo Vermelho – Amarelo Álico
Alissolos	PVa ₂₅ - Associação Podzólico Vermelho – Amarelo Álico + Solos Hidromórficos Gleysados Indiscriminados
Cambissolos	Cd - Cambissolos Distróficos A Ca ₁ - Cambissolo Álico A Ca ₁₅ - Cambissolo Álico + Latossolo Vermelho – Amarelo Álico
Gleissolos	HG ₃ - Solos hidromórficos Gleysados indiscriminados SM - Solos indiscriminados de mangue + solos hidromórficos gleysados indiscriminados
Neossolos	AR ₂ - Afloramentos de rocha + solos Litólicos Álicos

Fonte: Adaptado de EMBRAPA, 1999.

Assim a caracterização das classes e unidades de solos apresentadas na Carta Pedológica da bacia do rio Taçaçaba (Figura 07), foi fundamentada no Levantamento e Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná, publicado pela EMBRAPA (1984).

FIGURA 07

CARTA PEDOLÓGICA DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

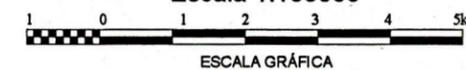
Legenda

- Lva4
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO
 LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO podzólico A moderado
 textura argiloso fase floresta tropical perúmida relevo forte ondulado e ondulado
- Pva25
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO
 Associação PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ÁLICO latossólico
 A moderado fase floresta tropical perúmida relevo ondulado e forte ondulado + SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS fase floresta tropical perenifolia de várzea relevo suave ondulado e plano ambos textura argiloso.
- Cd
CAMBISSOLO
 CAMBISSOLO DISTRÓFICO A moderado textura argilosa fase floresta tropical perenifolia de várzea relevo plano substrato
- Ca15
 Associação CAMBISSOLO ÁLICO fase floresta tropical altimontana relevo montanhoso substrato migmatitos + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO
- Ca1
 CAMBISSOLO ÁLICO A moderado textura argilosa fase floresta tropical altimontana relevo montanhoso substrato migmatitos.
- Hg3
SOLOS HIDROMÓRFICOS
 SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS
 textura argilosa fase campo tropical de várzea relevo plano.
- SM
SOLOS DE MANGUE
 SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE + SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS
- Ar2
AFLORAMENTOS DE ROCHAS
 Associação AFLORAMENTO DE ROCHA (granito e quartzitos) + SOLOS LITOSÓLICOS ÁLICOS A proeminente textura argilosa fase

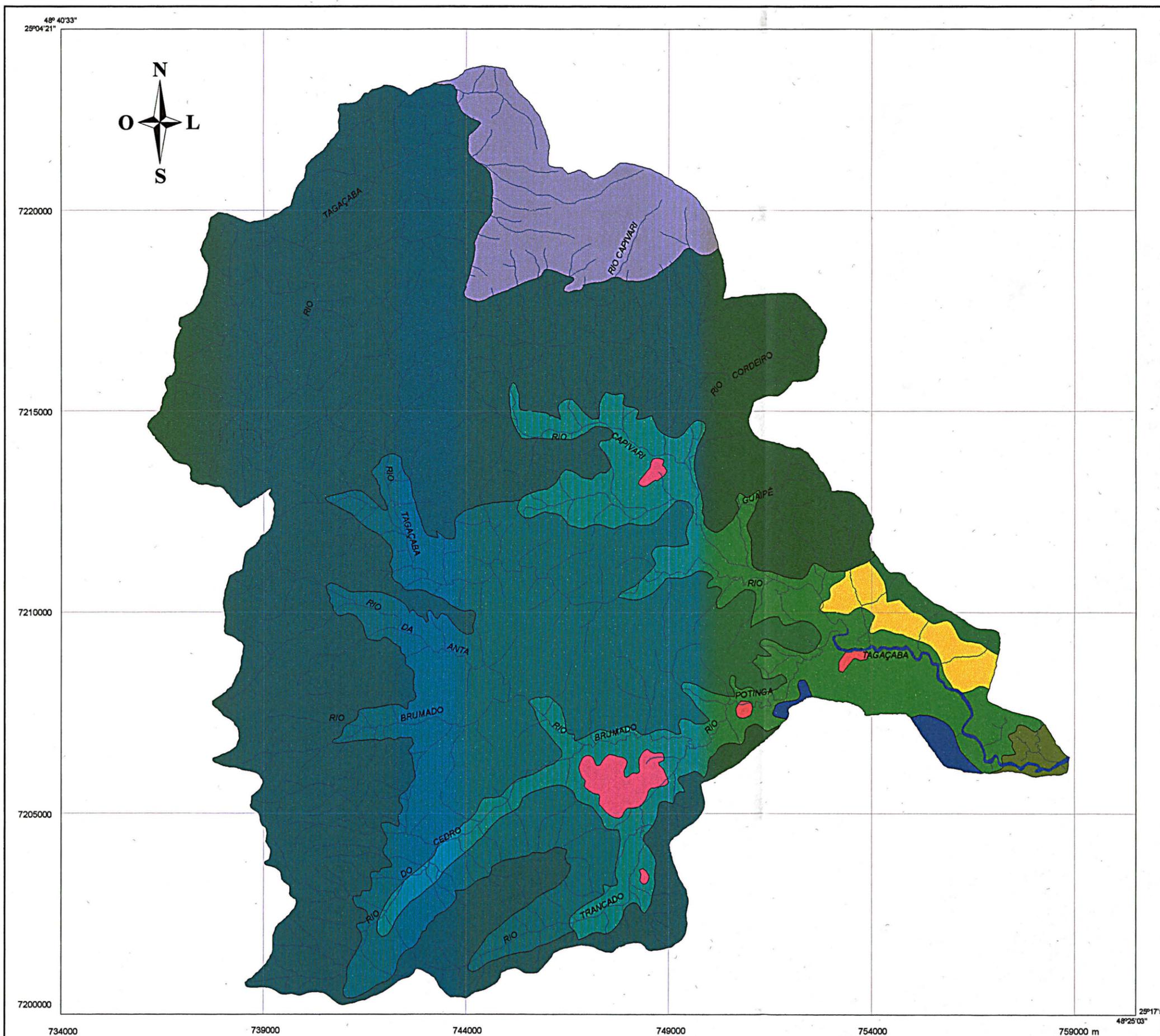
DRENAGEM

Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias

Escala 1:100000



Fonte:
IPARDES - 1989



4.6.1 – LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO

Compreendem solos minerais, profundos, textura argilosa, coloração vermelho-amarelada, bem drenados e com seqüência de horizontes A, B e C. Apresentam apenas minerais primários extremamente resistentes ao intemperismo.

Possuem baixa fertilidade natural, pois são ácidos, com baixa saturação de bases e alta saturação de alumínio..

O horizonte A pode apresentar-se subdividido, entre 30 e 80 centímetros de espessura, textura argilosa, sendo friável quando úmido e plástico e pegajoso quando molhado. A sua consistência a seco vai de macia a duro.

Normalmente, é comum a presença de uma “linha” de pedras entre os horizontes A e B.

O horizonte B também poderá apresentar-se subdividido, com espessura variando de 150 a 200 centímetros. Sua consistência a seco é dura, friável mais para firme quando úmido e plástico e pegajoso quando molhado.

A alta taxa de alumínio indica condições de lixiviação muito intensa, possivelmente oriunda de tipos climáticos Cfb. Ocorrem sob florestas tropicais e subtropicais e o relevo varia de ondulado a forte ondulado, com altitudes variando de 50 metros no litoral.

Em áreas de relevo mais movimentado, a profundidade do solo é menor, em superfícies erosionais de menor estabilidade. Desenvolvem-se, principalmente, a partir de granitos.

Lva₄ - Latossolo Vermelho – Amarelo Álico podzólico A moderado textura argilosa fase floresta tropical perúmida relevo forte ondulado e ondulado. _Origina-se da decomposição de migmatitos, granitos ou outras rochas do Pré-Cambriano. A área dessa unidade, na bacia do rio Tagaçaba, está inserida no domínio climático Af. A altitude varia de 30 a 100 metros, caracterizando relevo forte ondulado a ondulado, com topos mais arredondados. Na área em estudo, grande parte desse solo está coberta com a Floresta Ombrófila Densa Submontana e de Terras Baixas e, também, está sendo utilizado por pastagens. As condições desse solo são pouco adequadas à utilização agrícola, podendo ser usado em culturas de subsistência, sugerindo-se culturas perenes, desde que sejam utilizadas medidas

conservacionista e correção apropriada da sua baixa fertilidade e alta toxicidade de alumínio.

4.6.2 - PODZÓLICO VERMELHO - AMARELO

São solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B com textura argilosa, apresentando seqüência de horizontes A, B e C, com variedades eutróficas, distróficas e álicas.

O horizonte A apresenta-se com espessura variável, até 100 centímetros ou um pouco mais mas, quando não apresenta A₂, pode chegar a 200 centímetros. A coloração varia, indo do vermelho escuro até o vermelho – amarelado. A textura varia de arenosa/média (estrutura fraca em forma de grãos, consistência solta, não plástico e não pegajoso quando molhado) até média/muito argilosa (torna-se mais desenvolvido, com consistência ligeiramente dura, duro quando seco, friável quando e úmido e pegajoso quando molhado).

Os locais de ocorrência variam entre 50 metros de altitude.

Pva₂₅ - Associação PODZÓLICO VERMELHO – AMARELO ÁLICO latossólico A moderado fase floresta tropical perúmida relevo ondulado e forte ondulado + SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYSADOS INDISCRIMINADOS fase floresta tropical perenifólia de várzea relevo suave ondulado e plano ambos textura argilosa. Ocorrem em proporção de 60% (relevo suave ondulado) e 40% (relevo plano), sendo que o primeiro ocupa as áreas mais altas e o segundo as mais planas e baixas. O Podzólico formou-se de materiais provenientes da decomposição de charnokitos e o Hidromórfico, de depósitos litorâneos do Holoceno e do Quaternário. O clima predominante é o Af. Ocorrem em áreas de 50 a 300 metros de altitude. O Podzólico é mais utilizado em pastagens, mas, na bacia em estudo, a capoeirinha predomina. O Hidromórfico restringe o uso, mas, sendo drenado poderá ser utilizado.

4.6.3 - CAMBISSOLO

São solos rasos, medianamente profundos, bem drenados, com seqüência de horizontes A, (B) e C, sendo que a transição é visível. Derivam de materiais de decomposição de diversas rochas.

Solos minerais, não hidromórficos, com horizonte (B) câmbico, apresentando um certo grau de evolução. Muitas vezes são confundidos com Latossolos.

O potencial agrícola varia muito, dependendo das condições do ambiente, sendo que o substrato rochoso e o regime hídrico são importantes. São solos ácidos, com teores elevados de alumínio e baixas reservas de nutrientes para a vegetação e/ou cultivo.

A coloração é pouco uniforme, em função da variedade do material de origem e tipo climático. A textura mantém-se uniforme ao longo do perfil, podendo haver variação entre um perfil e outro.

São solos susceptíveis à erosão, apesar de suas boas características físicas, como porosidade, permeabilidade e drenagem. Essa susceptibilidade à erosão aumenta em áreas de topografia acentuada.

São solos pouco desenvolvidos, possivelmente em função da topografia acentuada, material de origem resistente ao intemperismo ou superfícies geomorfologicamente jovens, não ocorrendo, ainda, uma intemperização mais significativa do solo, o que poderia explicar a presença de minerais primários.

Podem ocorrer em relevos forte ondulado e montanhoso como, também, em relevo plano, como é o caso de solos desenvolvidos a partir de sedimentos recentes.

Na área em estudo pode-se observar a presença dos seguintes subgrupos:

Cd - CAMBISSOLO DISTRÓFICO A moderado textura argilosa fase floresta tropical perenifólia de várzea relevo plano substrato sedimentos do quaternário.

Na bacia do rio Tagaçaba, esse tipo de solo está presente nas baixas altitudes, onde predomina os aluviões e Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas.

Ca₁ - CAMBISSOLO ÁLICO A moderado textura argilosa fase floresta tropical altimontana relevo montanhoso substrato migmatitos. Originados de resíduos decorrentes da intemperização de migmatitos do Pré-Cambriano e,

também, de granitos. O clima predominante é do tipo Cfb, com possíveis ocorrências de geada e alta nebulosidade ao longo do ano. O relevo é acidentado, com altitudes consideráveis. O alto índice de chuvas, alta nebulosidade, imprime uma característica específica à vegetação, com presença de epífitas e bambusáceas. Caso a vegetação for retirada, o solo é altamente susceptível à erosão. A vegetação nativa deverá ser preservada, mas poderá ser introduzida espécie de valor econômica, desde que utilizadas técnicas não predatórias.

Na área em estudo predominam em áreas acima de 400 metros de altitude, com Floresta Ombrófila Densa Submontana.

Ca₁₅ - CAMBISSOLO ÁLICO fase floresta tropical altimontana relevo montanhoso substrato migmatitos + LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO ÁLICO podzólico fase floresta tropical perúmida relevo forte ondulado e ondulado ambos A moderado textura argilosa. Encontra-se em proporção de 55% (relevo forte ondulado) e 45% (relevo ondulado). O Cambissolo ocorre em áreas de relevo mais acentuado e o Latossolo, em áreas de relevo ondulado e forte ondulado. Ambos originam-se de materiais provenientes da intemperização do migmatito Pré-Cambriano. O clima predominante é Af. A altitude varia de 30 a 400 metros. Susceptíveis à erosão, baixa fertilidade natural. A topografia impõe critérios de uso, exigindo medidas de controle à erosão, quando esses solos não estão protegidos.

Ocupam a região central da bacia, com altitude de até 200 metros, com predomínio de Floresta Ombrófila densa de Terras Baixas.

4.6.4 - SOLOS HIDROMÓRFICOS

São considerados solos mal drenados ou muito mal drenados. A fertilidade é variável, com granulometria muito fina, com textura argilosa quando originados de sedimentos aluviais ou coluviais de natureza variável.

HG₃ - SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYSADOS INDISCRIMINADOS textura argilosa fase campo tropical de várzea relevo plano. Desenvolveram-se a partir de materiais provenientes da intemperização de sedimentos do Quaternário. Ocorrem nas partes baixas do relevo plano, com altitudes máximas de 50 metros. A

vegetação predominante é gramínea, algumas ervas e arbustos. São solos pouco utilizados e as limitações de uso são decorrentes do excesso de água.

Na bacia do rio Tagaçaba, estão presentes no baixo curso, onde predomina os aluviões e a Floresta Ombrófila densa e Terras Baixas, com uma ocorrência de capoeirinha.

4.6.5 - SOLOS DE MANGUE

Solos minerais predominantemente halomórficos, alagados, com profundidade limitada em função da pouca profundidade do lençol freático. Normalmente não possuem diferenciação de horizontes, podendo ocorrer o horizonte A sobre o C.

Ocorrem em áreas sujeitas ao fluxo e refluxo das marés, localizando-se, principalmente, nas desembocaduras dos rios na região litorânea.

SM - SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE + SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS textura argilosa fase campo subtropical de várzea relevo plano. O material de origem é recente, do Quaternário, rico em matéria orgânica em putrefação. A área de ocorrência recebe influência do clima tipo Af, com relevo plano e altitude muito próximas ao nível do mar. A vegetação é mangue, apresentando árvores de pequeno a médio porte, troncos finos.

Esse tipo de solo ocorre próximo à foz do rio Tagaçaba, onde predomina os aluviões e sujeito a inundações.

4.6.6 - AFLORAMENTOS DE ROCHAS

A sua identificação está muito relacionada com as feições do relevo, vinculada à topografia montanhosa e declividade alta. Apresentam rochas nuas ou com reduzidas partes de materiais detríticos grosseiros, com finas camadas de material heterogêneo e inconsolidado. Esse material provém da intemperização das rochas locais com algum material terroso.

AR₂ - AFLORAMENTOS DE ROCHA (granitos e quartzitos) + SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS A proeminente textura argilosa fase campo e floresta subtropical perenifolia relevo escarpado e montanhoso substrato granitos e quartzitos. A proporção ocorre de 70% (relevo escarpado) e 30% (relevo montanhoso). Originam-se da intemperização de granitos e quartzitos. Ocorrem em áreas com tipo climático Cfb, em altitudes superiores a 1.000 metros. A totalidade da ocorrência deverá ser preservada, em função da acentuada declividade.

Na bacia do rio Tagaçaba, predomina na porção norte, onde ocorre o granito intrusivo Rio Pardinho, possuindo como cobertura vegetal a Floresta Ombrófila Densa Montana e a Altomontana.

As características principais dos solos presentes na bacia do rio Tagaçaba são apresentados no Quadro 15.

QUADRO 15 - TIPOS E LOCALIZAÇÃO DOS SOLOS DA BACIA DO RIO TAGAÇABA – GUARAQUEÇABA - PR

TIPOS DE SOLOS	LOCALIZAÇÃO
Latossolo Vermelho-Amarelo	Baixa encosta, localizado no baixo curso do rio Tagaçaba
Podzólico Vermelho-Amarelo	Encontrados nos morros isolados, em baixas encostas e relevo ondulado com altitudes em torno de 200 metros
Cambissolos	Solos distróficos presentes, principalmente nas planícies aluviais dos rios Tagaçaba, Potinga e Capivari. Solos álicos ocorrem em áreas com relevo forte e relevo ondulado. Nas áreas de planaltos podem estar associados ao Latossolo Vermelho-Amarelo
Solos Hidromórficos	Presentes nas planícies aluviais
Solos de Mangue	Baixo curso do rio Tagaçaba, próximo à sua foz
Afloramentos de Rocha	Presente em área de relevo escarpado e montanhoso.

Fonte: Adaptado de Tommasino (2002: 54)

Para Tommasino (2002: 54), os solos da região da APA de Guaraqueçaba apresentam baixas aptidões agrícolas devido a processos hidromórficos, elevadas concentrações de alumínio, originando um caráter álico (solos ácidos) e, também, pela pouca profundidade ou ausência de solos.

As áreas influenciadas pelos processos hidromórficos possuem, em sua grande maioria, declividades baixas, com presença de água na superfície, ou nível freático muito próximo à superfície, impõem restrições de uso agrícola.

Os solos rasos, litólicos álicos e afloramentos de rochas, estão presentes em regiões com declividade acentuada, possuindo baixa fertilidade natural, restringindo a sua utilização agrícola.

Os solos mais profundos (cambissolos, latossolos e podzólicos), com exceção dos cambissolos, a concentração de alumínio é alta, com elevada acidez e baixa fertilidade natural, sendo necessário serem fertilizados e corrigidos para serem utilizados para fins agrícola (TOMMASINO, 2002: 55).

4.7 - VEGETAÇÃO E USO DO SOLO

Para a definição das classes de uso do solo na bacia do rio Tagaçaba, utilizou-se informações estabelecidas por IPARDES (1995 e 2001), cartas topográficas, imagens de satélite TM LANDSAT, fotografias aéreas e controle (pesquisa) de campo.

Os padrões de uso definidos são decorrentes da própria evolução da ocupação do município de Guaraqueçaba. Uma das classes presentes na bacia e que foi sofrendo alterações é a agricultura, tendo sua área diminuída ao longo dos anos, principalmente, após a implantação da APA.

No Quadro 16, estão representado os usos e a cobertura do solo do Município de Guaraqueçaba, no período de 1980 a 1999. A utilização agrícola, apesar da redução entre 1980 e 1994, no período de 1994 e 1999, apresenta um aumento de sua área. O uso florestal mantém-se equilibrado nesse período.

QUADRO 16 - USOS E COBERTURA DO SOLO DO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA – PR – 1980/1999

USO E COBERTURA	1980		1986		1994		1999	
	Área ha	%						
Agrícola	17.290	8,3	13.721	6,7	12.150	5,9	16.343	7,9
Florestal	190.693	91,7	188.178	92,9	191.841	93,4	188.315	91,4
Outros	-	-	832	0,4	1.377	0,7	1.464	0,7
TOTAL	207.983	100,0	202.731	100,0	205.368	100,0	206.122	100,0

Fonte: Tommasino (2002: 156).

Para Tommasino (2002: 165), a diminuição do uso florestal (3.526 hectares) entre 1994 e 1999, pode ter sido interpretada como área de capoeira em estágio avançado de regeneração. Assim, o mesmo autor ressalta que, o aumento da área agrícola nesse mesmo período, deva ser diminuída em torno de 13.000 hectares, o que daria em torno de 6% ou 7,9% de área com uso agrícola².

Em sua análise histórica, Tommasino, refere-se à agricultura na bacia do rio Tagaçaba:

- no período de 1980/86: ocorreu um aumento significativo na comunidade de Bromado/Potinga, próximo à BR 405 (Figura 08). Na comunidade de Tagaçaba de Cima, em sua região mais alta, ocorreu uma redução significativa de área com uso agrícola, ao longo das margens do rio Tagaçaba.

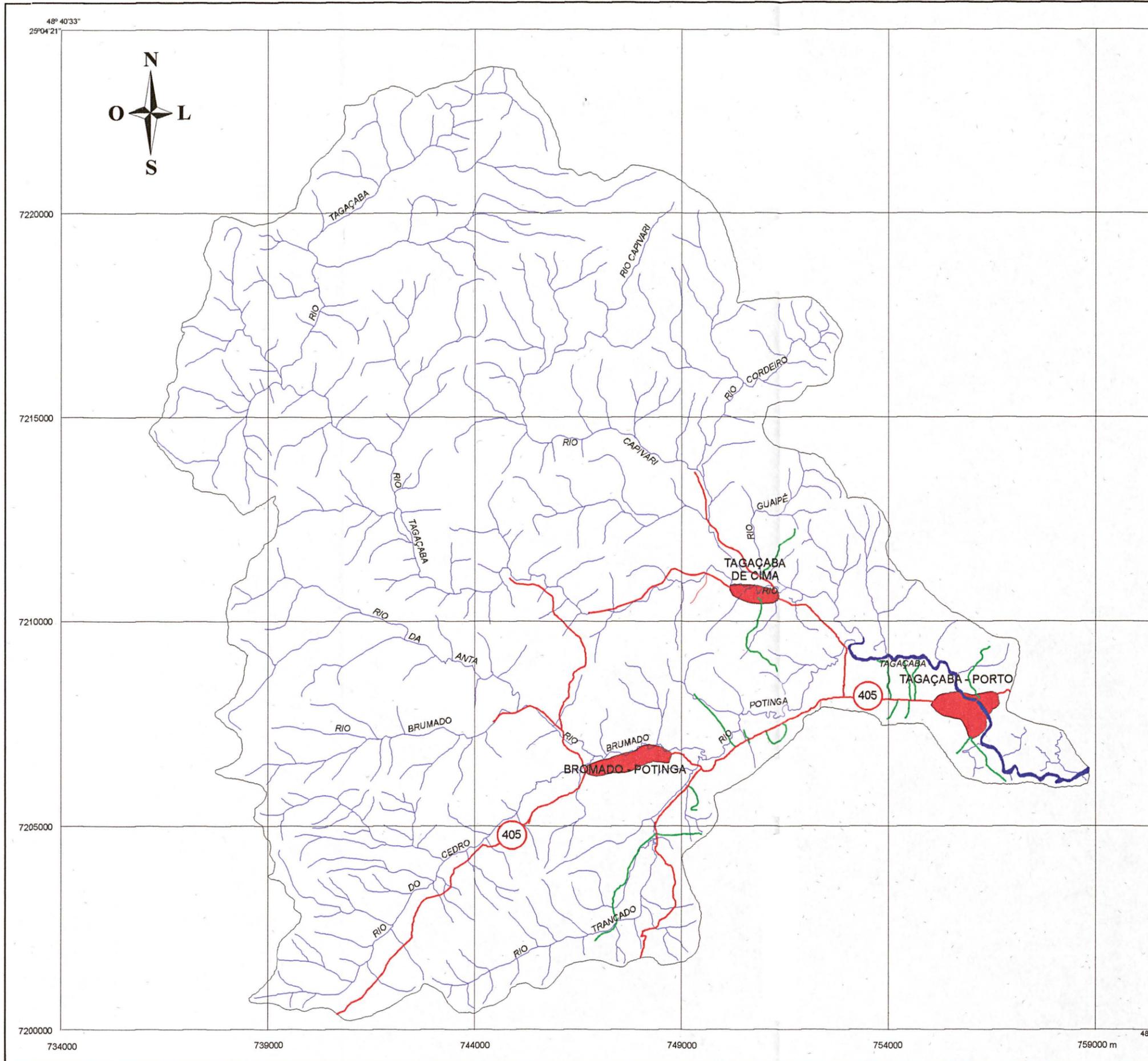
- no período de 1986/94: houve um aumento na comunidade de Bromado/Potinga mas, não tão significativo como no período anterior e, na comunidade de Tagaçaba – Porto.

Na comunidade de Tagaçaba de Cima, a área de usos agrícolas continuou a diminuir, mas não tão significativamente como no período anterior.

² Acontece que entre 94 y 99 se registro uma caída de 3.526 ha em la cobertura florestal, indicando que parte de esa área puede haber sido interpretada como área de capoeira em estágio avançado de regeneración. Y em esse caso, com impedimentos legales em cuanto al uso agrícola. Así, es probable que el área em uso realmente agrícola em el município em 1999, deba ser disminuída para algo em torno de 13.000 ha, lo que daria poço más de 6% y no 7,9% Del área em uso agrícola.

FIGURA 08

CARTA DA LOCALIZAÇÃO DOS NÚCLEOS URBANOS DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR



Legenda

- Drenagem
- Comunidades
- Estradas
- Caminhos

Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias



Fonte:
Cartas Topográficas em Escala 1:50000
- Antonina - IBGE (1992)
- Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
- Serra Negra - IBGE(1987)

* - no período de 1994/99: não há referência de aumento ou diminuição de áreas agrícolas na bacia do rio Tagaçaba.

Na bacia do rio Tagaçaba, foram identificadas as seguintes classes de uso do solo (Figura 09):

Floresta Ombrófila Densa Altomontana: formação arbórea localizando-se nas regiões mais altas da bacia sobre solos litólicos, progressivamente menos desenvolvida, com espécies adaptadas às condições desfavoráveis, sujeitas à intensa insolação e influenciadas pelos ventos. Caracteriza-se por associação arbórea compacta e de porte reduzido, com flora pouco diversificada e com endemismos específicos, como é o caso da caúna-da-serra (*Ilex microdonta*), do ipê-da-serra (*Tabebuia catarinensis*) e da carne-de-vaca (*Clethra uleana*). Representa 1,63% da área da bacia.

O estrato herbáceo/arbustivo está caracterizado pelas bromélias e pteridófitas, sendo que nos locais mais “abertos” são ocupados por gramíneas, podendo ocorrer densos taquarais (IPARDES, 1995: 41).

Essa classe de uso está presente na porção nordeste da bacia.

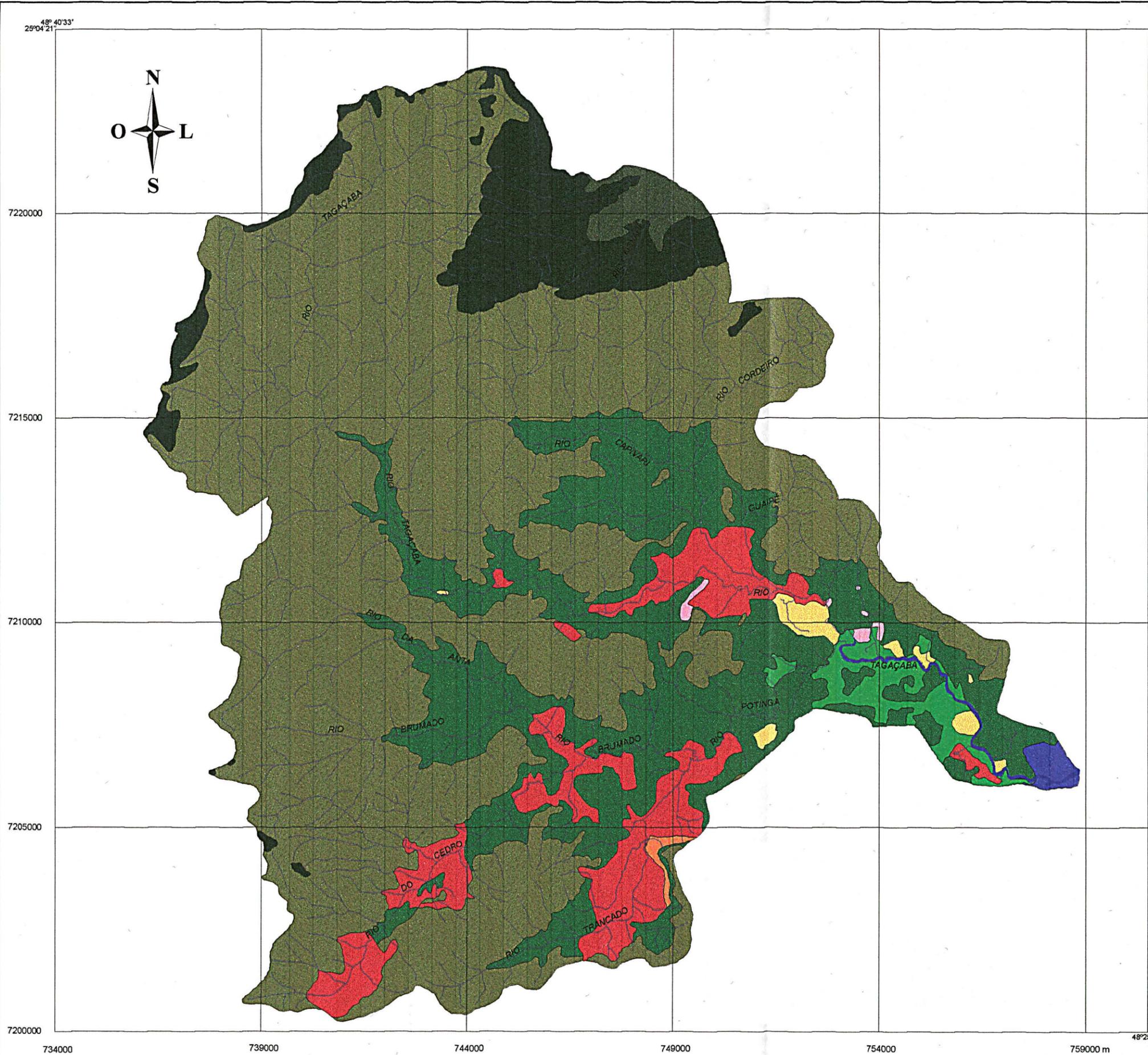
Floresta Ombrófila Densa Montana: representada por árvores em torno de 20 a 25 metros de altura, variando conforme as condições edáficas localizadas. São fisionomicamente parecidas com as formações submontanas, diferenciando-se, além da altimetria, pelas declividades mais acentuadas, ambiente superúmido, em função da elevação, pelo resfriamento e precipitação com taxas maiores.

As lauráceas estão presentes, contribuindo significativamente para a sua composição e fisionomia, representadas pela canela-preta (*Ocotea catharinensis*) e canela-sassafrás (*Ocotea pretiosa*). Apesar de abundantes, foram intensamente exploradas devido ao valor econômico e comercial (IPARDES, 1995: 40).

As leguminosas são árvores de grande porte, sendo que o cavió (*Newtonia glaziovii*) e o pau-óleo (*Copaifera trapezifolia*) são consideradas as árvores mais altas dessa formação. Ocorre a redução do palmito (*Euterpe edulis*), não ultrapassando as cotas de 700/800 metros a.n.m.

FIGURA 09

CARTA DE USO ATUAL DO SOLO DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

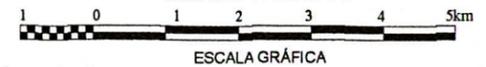


Legenda

-  Agricultura
-  Agricultura - Banana
-  Reforestamento
-  Capoeirinha
-  Pastagem
-  Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas
-  Floresta Ombrófila Densa Submontana
-  Floresta Ombrófila Densa Montana
-  Floresta Ombrófila Densa Altomontana
-  Terreno Sujeito a Inundação - Mangue
-  Drenagem

Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias

Escala 1:100000



ESCALA GRÁFICA

Fonte:

- Cartas Topográficas em Escala 1:50000
- Antonina - IBGE (1992)
- Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
- Serra Negra - IBGE (1987)
- Cartas Topográficas IPARDES (1989,2001)
- Imagem Landsat Tm7 - Nov. 2000
- Bandas 5(R)4(G)3(B)
- Órbitas 220/77 e 220/78

Grande parte do seu aspecto é primitivo, com extensões contínuas ao longo da Serra da Virgem Maria, representando 7,45% da área total da bacia em estudo, ocupando a porção nordeste e as bordas à noroeste.

Floresta Ombrófila Densa Submontana: ambiente influenciado pelo clima, que afeta o crescimento das espécies, deixando alta a umidade no interior da floresta, com má ventilação, rico em epífitas e presença de espesso manto de detritos vegetais.

A cobertura arbórea é densa e uniforme, com grupo heterogêneo de espécies, sendo que algumas raramente ultrapassam 600 metros a.n.m., como o guapuruvú, bocuva, maçaranduba, canjerana (*Cabralea cangerana*), cedro (*Cedrela fissilis*), entre outras (IPARDES, 1995: 39). As espécies do estrato intermediário estão representadas pelo palmito, erva-de-macuco e a embaúba. Os xaxins, caeté, erva-cidreira (*Hedyosmun brasiliense*), bromélias, representam o estrato herbáceo/arbustivo.

Representa 56,81 % da área da bacia do rio Tagaçaba, destacando-se em todas as porções da bacia.

Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas: apresenta variações na composição e estrutura, em função da influência das condições de drenagem e fertilidade dos solos. O fator condicionante é edáfico.

As espécies arbóreas possuem troncos bem formados e copas bem desenvolvidas, destacando-se as figueiras (*Ficus spp.*), guanandí (*Callophyllum brasiliense*), dominantes sobre solos encharcados e mais úmidos. Nos solos que possuem uma drenagem melhor, a cupiúva (*Tapirira guianensis*) predomina. As palmáceas caracterizam o interior das florestas, representado pelo jerivá (*Cocos romanzoffianum*), indaiá (*Attalea dúbia*) e o palmito.

Representa 20,94% do total da área da bacia, predominante nos vales dos principais rios.

Agricultura: ocorre principalmente ao longo das rodovias, PR-405 e secundárias e nas comunidades de Bromado/Potinga, Tagaçaba – Porto e Tagaçaba de Cima.

A prática pode ser considerada como de subsistência, com baixa produtividade, com exceção do cultivo da banana (1,17% da área da bacia). Além do

cultivo da banana, a agricultura representa 0,64% da área de estudo, concentrando-se no baixo curso do rio Tagaçaba.

As culturas de caráter temporário, em ordem de importância, são: mandioca, arroz de sequeiro. As olerícolas estão representadas pela abobrinha, chuchu, feijão de vagem, entre outros. As culturas permanentes são a banana, café e cana-de-açúcar e, a fruticultura, pela laranja, tangerina, abacaxi, maracujá e mamão.

O cultivo da banana é a principal atividade agrícola da bacia do rio Tagaçaba, ocupando uma área maior que os demais produtos, localizando-se em várzeas drenadas ou onde não há problemas de alagamento. Pode ser cultivada nas encostas, com declividade inferior a 45%. A grande maioria dos produtores é considerada pequenos proprietários. A produção é rudimentar, com a área sendo ocupada para essa finalidade, com 3 a 4 roçadas anuais. Em função da sua importância para a economia local, na carta de uso do solo, foi identificada como uma classe à parte dos outros tipos de cultivo.

De maneira geral, os produtores agrícolas não utilizam técnicas conservacionistas. Abandonam a terra por um período de 3 a 4 anos após intenso uso, quando o solo já apresenta sinais de baixa fertilidade. Nesse período de abandono, a vegetação se regenera, havendo o predomínio de espécies que possuem um rápido crescimento, formando as capoeiras. Essas capoeiras são derrubadas e queimadas, iniciando uma nova fase de exploração (IPARDES, 1995: 93).

Pastagens: inclui áreas de plantio de pastos e pastos naturais, formados pela regeneração natural após abandono de áreas já utilizadas. Forma-se a partir da introdução de gramíneas, sobressaindo a *Brachiaria humidicola* nas várzeas e a *Brachiaria decubens*, nas encostas (IPARDES, 1995: 93).

A pastagem natural forma-se a partir da regeneração de “gramão” ou “grama”, que pertence ao gênero *Paspalum* (IPARDES, 1995: 94). Após um cultivo, essa gramínea domina por completo a área.

Esta presente em 2,31% da área da bacia do rio Tagaçaba.

Reflorestamento: pequena área ocupada pelo cultivo de *Pinus* ou *Eucalyptus*, espécies exóticas. Ocupa 0,63% da área, localizando-se na microbacia do rio Potinga, em seu curso médio.

Capoeirinha: representa o primeiro estágio de sucessão secundária. São áreas com vegetação arbustiva intercalada por arvoretos ou vassourinhas (IPARDES, 2001: 39). Apresenta-se em 7,56% da área de estudo localizando-se ao longo das rodovias e planícies aluviais. Surgem do abandono do solo após uso agropecuário (principalmente) e/ou cultivos intensivos.

Terreno sujeito à inundação – mangue: vegetação pioneira com influências fluvio-marinha. A vegetação é especializada, dominada por espécies arbóreas, com áreas menores ocupadas por vegetação herbácea, variando conforme a influência de água doce.

A partir dos dados da figura 09, foi elaborada a classificação de uso do solo da bacia do rio Tagaçaba e suas respectivas áreas (Quadro 17)

QUADRO 17 - USO ATUAL DO SOLO NA BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR

Classe de uso	Km ²	Hectare	%
F.O.D. Submontana	166,07	16.607,0	56,81
F.O.D. Terras baixas	61,23	6.123,0	20,94
Capoeirinha	22,11	2.211,0	07,56
F.O.D. Montana	21,79	2.179,0	07,45
Pastagem	06,75	675,0	02,31
F.O.D. Altomontana	04,70	470,0	01,63
Agricultura - Banana	03,42	342,0	01,17
Terreno sujeito à inundação - mangue	02,53	253,0	00,86
Agricultura	01,88	188,0	00,64
Reflorestamento	01,85	185,0	00,63
TOTAL	292,33	29.233,0	100,00

4.8 - ZONAS AMBIENTAIS

As zonas ambientais da bacia do rio Tagaçaba (Figura 10), foram identificadas a partir do trabalho apresentado por IPARDES (2001: 123/134):

Zonas de Proteção

Zona de Proteção das Altas Serras: Serra da Virgem Maria - ZPAS

Área com altitudes acima de 800 metros, com predomínio da floresta ombrófila densa Montana. Em função da alta suscetibilidade à erosão, caracterizando uma região de altos riscos ambientais, esta área enquadra-se em proteção máxima, não sendo permitido qualquer tipo de uso ou ocupação.

Zona de Proteção dos Manguezais - ZPMA

O tipo de solo presente é o Indiscriminado de Mangue, com litologia de sedimentos areno-argilosos com alto percentual de matéria orgânica. A vegetação é característica, dominada por espécies arbóreas. Não serão permitidas atividades de mineração, silvicultura e extração vegetal, agropecuária, indústria, esporte, serviços diversos e públicos, bem como atividades de aquacultura que necessitem de construção de tanques e barragens. Poderão ser desenvolvidas atividades de aquacultura, infra-estrutura energética, atividades científicas, desde que comprovem a sua importância e sejam avaliadas pelo IBAMA.

Zonas de Conservação

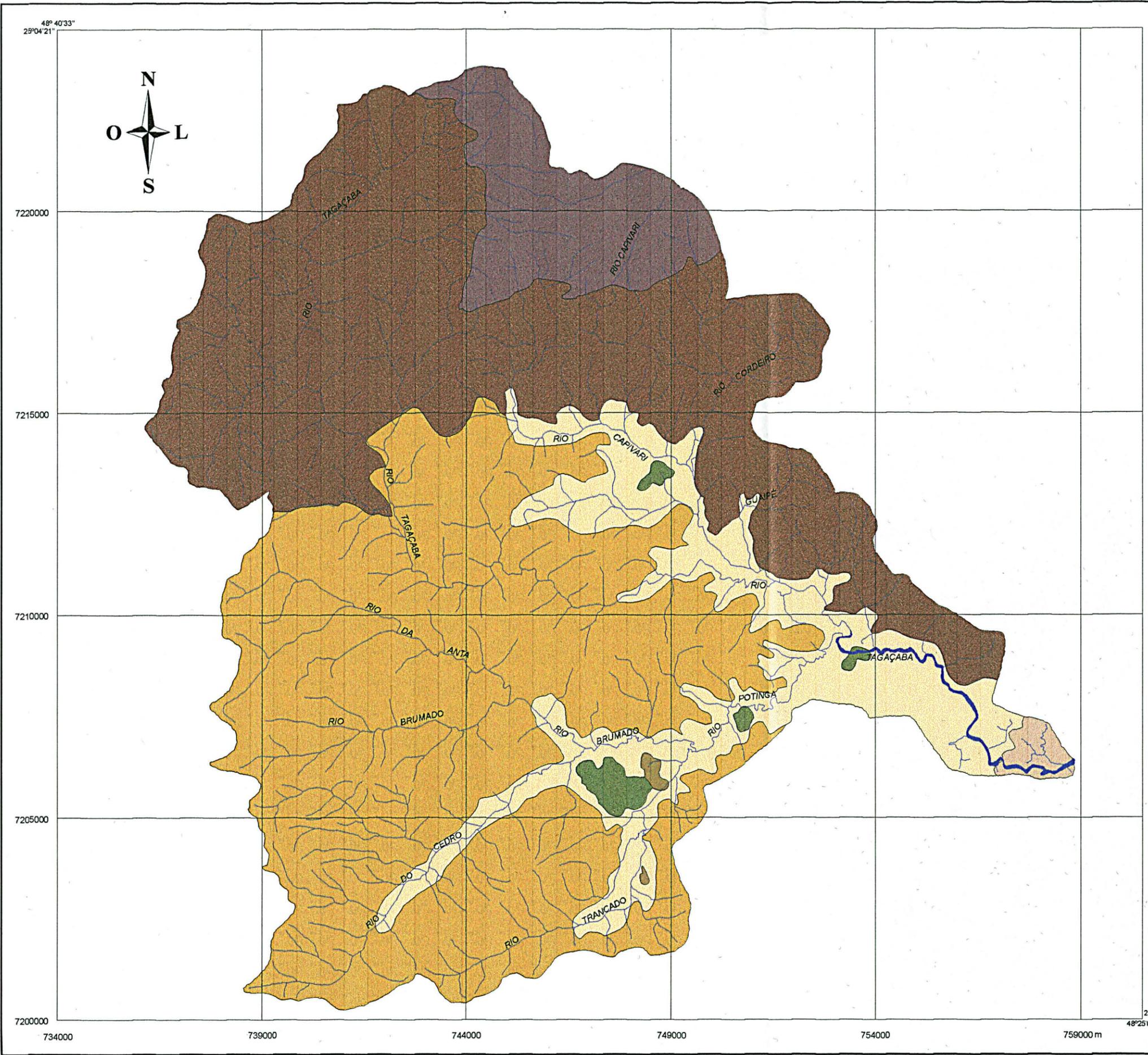
Zona de Conservação das Serras - ZCSE

Serras com altitudes, em média, abaixo de 800 metros a.n.m., com baixo impacto, predominando a floresta ombrófila densa Montana e submontana. São incluídas as áreas de colúvios.

Na bacia do rio Tagaçaba, esta unidade está representada pela Serra Santa Luzia, onde ocorre o predomínio de solos Cambissolos, em áreas de migmatitos, charnokitos e quartzitos. A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas e Submontana.

FIGURA 10

CARTA DAS ZONAS AMBIENTAIS DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR



Legenda

ZONAS DE PROTEÇÃO

- Altas Serras: Serra da Virgem Maria
- Manguezais

ZONAS DE CONSERVAÇÃO

- Serras
- Serra de Santa Luzia
- Morros Isolados
- Colinas
- Planície Aluvial dos Rios Tagaçaba, Capivari e Potinga

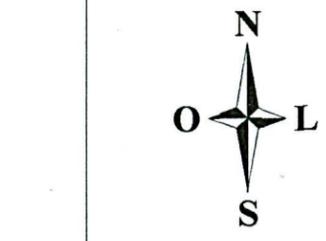
Drenagem

Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias



Fonte:
IPARDES - 1989
Cartas Topográficas em Escala 1:50000
- Antonina - IBGE (1992)
- Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
- Serra Negra - IBGE(1987)

48° 40' 33"



7220000

7215000

7210000

7205000

7200000

734000

739000

744000

749000

754000

759000m

25° 17' 53"

48° 25' 03"

Nas demais áreas os solos predominantes são o Cambissolo e, nas encostas, o Latossolo Vermelho-Amarelo Álico. Nas áreas mais elevadas, o substrato rochoso é o migmatito do Pró-Cambriano e, próximo ao vale do Rio Tagaçaba. A vegetação predominante é a floresta ombrófila densa submontana, participando com a maior parte da área e, em seguida, a formação Montana.

São consideradas áreas de uso restrito, podendo ser desenvolvidas algumas atividades:

* - mineração: extração de minérios carentes autorizadas pelo departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); a exploração não deverá alterar as características dominantes da paisagem; deverá haver obras de contenção para as encostas exploradas e/ou afetadas durante e após o término da atividade; em exploração a céu aberto, é obrigatória a recomposição do terreno.

* - silvicultura e extração vegetal: permitida a retirada de espécies exóticas, mediante a autorização do IBAMA; não é permitido o desmatamento da cobertura vegetal nativa; o corte seletivo de espécies nativas será permitido, mediante compromisso formal de adensamento, pelo extrator, desde que as espécies sejam adequadas ao local; não será permitida a extração da canela-sassafrás, por estar ameaçada de extinção e ser considerada uma espécie rara.

* - agropecuária: as atividades já existentes podem continuar, desde que a sua localização não origine a desestabilização das encostas; deverá haver a orientação dos produtores que possuam atividades em desacordo com as normas estabelecidas.

Zona de Conservação dos Morros Isolados - ZCMI

A litologia granito intrusivo Rio Pardinho no rio Capivari; charnokitos e quartzitos, entre os rios Brumado e Trancado e, charnokito no baixo curso do rio Potinga. Os solos predominantes são o Podzólico Vermelho-Amarelo e o Cambissolo Álico. A vegetação presente é a floresta ombrófila densa de terras baixas e capoeirinha.

Em relação à utilização, será necessário observar:

* - mineração: extração de minérios carentes autorizadas pelo departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); a exploração não deverá alterar as

características dominantes da paisagem; deverá haver obras de contenção para as encostas exploradas e/ou afetadas durante e após o término da atividade; em exploração à céu aberto, é obrigatório a recomposição do terreno.

* - silvicultura e extração vegetal: permitida a retirada de espécies exóticas, mediante a autorização do IBAMA, devendo ser mantidas intactas as áreas que possam desestabilizar as encostas, devendo ser adotado um plano que possibilite a regeneração paulatina de espécies nativas; não é permitido o desmatamento da cobertura vegetal nativa; o corte seletivo de espécies nativas nas áreas com declividade inferior a 45% será permitida, mediante compromisso formal de adensamento, pelo extrator, desde que as espécies sejam adequadas ao local; será permitida a extração de lenha para consumo familiar e de toras para construção de embarcações exclusivamente para uso das comunidades de pescadores; não será permitido a remoção da cobertura vegetal em área com declividade acima de 45%.

* - agropecuária: não será permitido o desmatamento para implantação dessas atividades; as já existentes poderão continuar desde que não desestabilizem as encostas; não será permitida atividades agrícolas em áreas com declividade superior a 25%; deverá haver a orientação dos produtores que possuam atividades em desacordo com as normas estabelecidas.

Não será permitido qualquer tipo de atividade industrial. Atividades de infraestrutura energética, turística, científica, cultural, esportiva e de lazer poderão ser implantadas desde que avaliadas pelo IBAMA.

Zona de Conservação das Planícies e Colinas

Planície Aluvial do Rio Tagaçaba

O tipo de solo predominante próximo ao Porto Tagaçaba, é o Cambissolo Distrófico, com núcleos menores de solos Hidromórficos. A estrutura litológica predominante é representada pelos sedimentos recentes, com vegetação influenciada pelos rios: floresta ombrófila densa das planícies aluviais.

Colina:

As colinas diferenciam-se da unidade anterior em função de possuírem altura/diâmetros menores que os morros isolados.

Em função das características do solo e declividade, estas zonas permitem desenvolver atividades agropecuárias, florestais e turísticas. Deverá haver a recuperação das matas ciliares e adoção de práticas conservacionistas no uso do solo.

Algumas atividades poderão ser desenvolvidas, desde que respeitados alguns critérios:

* - exploração imobiliária: a implantação de loteamentos para chácaras de lazer poderá ocorrer, desde que 20% da área loteada destinem-se à recuperação da cobertura vegetal utilizando espécies nativas, ou de preservação da vegetação primitiva, quando ainda existir; não será permitida a ocupação urbana.

* - mineração: extração de minérios carentes autorizadas pelo departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); a exploração não deverá alterar as características dominantes da paisagem; deverá haver obras de contenção para as encostas exploradas e/ou afetadas durante e após o término da atividade; em exploração à céu aberto, é obrigatório a recomposição do terreno.

* - silvicultura e extração vegetal: permitida a retirada de espécies exóticas, mediante a autorização do IBAMA; não é permitido o desmatamento da cobertura vegetal nativa; o corte seletivo de espécies nativas nas áreas com declividade inferior a 45% será permitida, mediante compromisso formal de adensamento, pelo extrator, desde que as espécies sejam adequadas ao local; será permitida a extração de lenha para consumo familiar e de toras para construção de embarcações exclusivamente para uso das comunidades de pescadores.

* - Agropecuária: será permitida em áreas já desmatadas; não será permitido o desmatamento de matas ciliares para esse fim.

* - indústria: será permitida a implantação de pequenas fábricas de agroindústria, com baixo potencial poluidor e que utilizem e processem produtos das atividades agropecuárias da região.

Atividades de infra-estrutura energética, turística, científica, cultural, esportiva e de lazer poderão ser implantadas desde que avaliadas pelo IBAMA e prefeitura local.

5 - APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA NA BACIA DO RIO TAGAÇABA

5.1 - SETORIZAÇÃO DA BACIA

A setorização da bacia é fator fundamental para que os resultados obtidos, após a aplicação do DFC, sejam o mais real possível. Com a setorização, a bacia será subdividida conforme o seu comportamento estrutural interno, o que permitirá que as ações mitigadoras que forem implantadas respeitem o diferencial ambiental de cada setor.

Para a setorização da bacia do rio Tagaçaba, foram utilizadas as informações hidrográficas, hipsométricas, perfil longitudinal dos rios, geológicas e morfométricas.

Observando a fisiografia da bacia do rio Tagaçaba, percebe-se uma assimetria no arranjo espacial dos elementos de drenagem (ver Figura 05, página 058). Em função desta diferenciação, foram pesquisadas as possíveis causas desta assimetria. Para isso, foram detalhados os dados geológicos, determinados os sistemas de falhas (inferidas) na bacia e calculados os parâmetros morfométricos da bacia.

Os litotipos da bacia do rio Tagaçaba são diferenciados, havendo predominância de rochas do Pré-Cambriano que apresentam sistemas relativamente densos de linhas estruturais que indicam linhas de falhas inferidas, fato este que determina um controle estrutural significativo sobre o desenvolvimento da rede de drenagem.

Segundo Hack (1972) o equilíbrio dinâmico de uma paisagem implica na interação entre os processos de erosão linear e a resistência das rochas. E, para Soares *et alii* (1982), o relevo e a drenagem tendem a desenvolver padrões específicos devido a fatores litológicos e estruturais.

Assim, a heterogeneidade do substrato rochoso, quer por diferenças litológicas, quer por sistemas de linhas de fraqueza estrutural, pode condicionar o

desenvolvimento da rede de drenagem. Em função dessas influências e dos demais elementos ambientais, o arranjo espacial da rede hidrográfica poderá ser diferenciado, refletido numericamente através dos parâmetros morfométricos.

A assimetria na estruturação da rede de canais de uma bacia hidrográfica, indica que os canais fluviais desenvolveram-se sobre um substrato geológico não homogêneo. No caso da Serra do Mar tais anomalias podem ser atribuídas tanto ao controle das linhas de fraqueza estrutural e deslocamento de blocos como à diferenciação litológica. No caso de controle de blocos levemente basculados, os afluentes desta margem serão mais longos, de baixa angularidade, pois escoam no mesmo sentido da inclinação do basculamento. Já os rios que correm em sentido perpendicular ao basculamento, serão curtos, com ângulos abertos. Assim, o comprimento médio e o arranjo de cada lado do canal principal, ou de hierarquia mais alta, serão diferentes.

Na bacia do rio Tagaçaba, observa-se esta diferenciação. Alguns afluentes das sub-bacias são mais longos, com gradiente mais baixo que os afluentes mais curtos e com gradientes mais altos.

Assim, o controle que parece ter originado a assimetria da rede de drenagem da bacia do rio Tagaçaba, deve estar ligado tanto a litologia como ao controle das linhas estruturais, associados a inclinação dos basculamentos dos blocos falhados.

Para Canali; Oka-Fiori (1998: 35), a análise morfométrica “é uma fase importante na pesquisa ambiental, pois o desenvolvimento e a estruturação das redes hidrográficas resultam da interação de vários elementos do ambiente, tais como a natureza geológica, o relevo, as condições climáticas e as coberturas pedológica e vegetacional. Além disso, condiciona as propriedades hidrodinâmicas do deflúvio”.

Para Machado, *apud* Canali; Oka-Fiori (1998: 36),

o desenvolvimento de uma bacia hidrográfica é determinado por um grupo de leis a que se designou “leis da composição da drenagem”, nas quais são relacionadas características tais como número, comprimento, área de declividade de canais e bacias às respectivas ordens das redes e, com isso, os dados fornecidos pela análise morfométrica possibilitam caracterizar a estrutura das redes, baseando-se na comparação das diversas ordens.

Para a bacia do rio Tagaçaba, a metodologia para a análise morfométrica baseou-se em Christofletti (1980), onde foram calculados os índices referentes a:

1 – Parâmetros morfométricos referentes a análise linear da rede hidrográfica.

- Relação de Bifurcação - Rb
- Comprimento do Rio Principal - Lcp
- Extensão do Percurso Superficial – Eps
- Gradiente dos Canais - Gc
- Índice de Sinuosidade - Sin
- Comprimento Médio dos Canais – Lm

2 – Parâmetros morfométricos referentes a análise areal da rede hidrográfica

- Área da bacia – A
- Forma da Bacia – Ff
- Densidade de Rios – Dr
- Densidade de Drenagem – Dd
- Coeficiente de Manutenção – Cm

3 – Parâmetros morfométricos referentes a análise hipsométrica da rede hidrográfica

- Amplitude Altimétrica Máxima da Bacia – Hm
- Relação do Relevo – Rr
- Índice de Rugosidade – Ir
- Textura Topográfica – Tt

A hierarquização da rede hidrográfica foi desenvolvida a partir do método de Strahler (1960).

Para o desenvolvimento da análise morfométrica, a bacia do rio Tagaçaba foi dividida em sub-bacias, arbitrando-se trabalhar a partir da 2ª ordem, as de 1ª ordem não foram subdivididas. Em relação aos dois maiores afluentes, os rios Capivari (margem direita) e Potinga (margem esquerda), foram mantidas as duas sub-bacias, sem subdividi-las.

No Quadro 18 estão relacionadas as sub-bacias utilizadas para a análise morfométrica, bem como as suas respectivas áreas, percentuais de participação na bacia do rio Tagaçaba, hierarquia fluvial, eixo e número de segmentos fluviais.

QUADRO 18 - RELAÇÃO DAS SUB-BACIAS PERTENCENTES À BACIA DO RIO TAGAÇABA – GUARAQUEÇABA - PR E UTILIZADAS PARA A ANÁLISE MORFOMÉTRICA

Bacia e Sub-bacias	Margem	Área (Km ²)	% na Bacia *	Hierarquia Fluvial	Eixo (Km)	N.º Segmentos
Rio Tagaçaba	Nascente	20,5	07,02	3ª	9,1	25
Rio Capivari	Direita	62,82	21,49	4ª	10,3	86
Rio Sem Nome 1	Direita	10,1	03,46	3ª	6,9	11
Rio Sem Nome 2	Direita	0,88	00,30	2ª	1,6	03
Rio Sem Nome 3	Direita	9,82	03,36	3ª	4,9	15
Rio Sem Nome 4	Direita	0,69	00,23	2ª	1,5	03
Rio Sem Nome 5	Direita	3,06	01,05	2ª	2,6	04
Rio Potinga	Esquerda	107,13	36,65	5ª	17,1	150
Rio Sem Nome 6	Esquerda	1,44	00,49	2ª	2	04
Rio Sem Nome 7	Esquerda	5,75	01,96	3ª	4,3	10
Rio Sem Nome 8	Esquerda	8,38	02,87	3ª	3,5	11
Rio Sem Nome 9	Esquerda	1,8	00,62	2ª	1,9	03
Rio Sem Nome 10	Esquerda	4,63	01,58	2ª	3,0	06
Rio Sem Nome 11	Esquerda	0,57	00,19	2ª	1,3	03
Rio Sem Nome 12	Esquerda	1,24	00,42	2ª	1,7	03
Bacia Rio Tagaçaba		292,33		6ª	24,15	418

* - A somatória dos percentuais da participação das Sub-bacias na bacia do rio Tagaçaba, não fecha em 100, tendo em vista que não foram computadas as sub-bacias de 1ª ordem.

Na bacia do rio Tagaçaba, estão presentes 321 canais de 1ª ordem, 74 de 2ª ordem, 16 de 3ª ordem, 04 de 4ª ordem, 2 de 5ª ordem e um de 6ª ordem, dando uma relação de bifurcação de $1^{\text{a}}/2^{\text{a}} = 4,34$; $2^{\text{a}}/3^{\text{a}} = 4,63$; $3^{\text{a}}/4^{\text{a}} = 4,0$; $4^{\text{a}}/5^{\text{a}} = 2$ e $5^{\text{a}}/6^{\text{a}} = 2$ (Quadros 19 e 20).

QUADRO 19 - ORDEM DE HIERARQUIA FLUVIAL DAS SUB-BACIAS PERTENCENTES À BACIA DO RIO TAGAÇABA – GUARAQUEÇABA - PR

Bacia e Sub-bacias	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
	Ordem	Ordem	Ordem	Ordem	Ordem	Ordem
	Número Canais					
Rio Tagaçaba	19	05	01	-	-	-
Rio Capivari	65	15	05	01	-	-
Rio Sem Nome 1	09	02	01	-	-	-
Rio Sem Nome 2	02	01	-	-	-	-
Rio Sem Nome 3	11	03	01	-	-	-
Rio Sem Nome 4	02	01	-	-	-	-
Rio Sem Nome 5	03	01	-	-	-	-
Rio Potinga	116	25	06	02	01	-
Rio Sem Nome 6	03	01	-	-	-	-
Rio Sem Nome 7	07	02	01	-	-	-
Rio Sem Nome 8	08	02	01	-	-	-
Rio Sem Nome 9	02	01	-	-	-	-
Rio Sem Nome 10	05	01	-	-	-	-
Rio Sem Nome 11	02	01	-	-	-	-
Rio Sem Nome 12	02	01	-	-	-	-
B. Rio Tagaçaba	321	74	16	04	02	01

QUADRO 20 - RELAÇÃO DE BIFURCAÇÃO (Rb) ENTRE AS ORDENS DAS SUB-BACIAS PERTENCENTES A BACIA DO RIO TAGAÇABA – GUARAQUEÇABA - PR

Bacia e Sub-bacias	Rb				
	2ª/1ª	3ª/2ª	4ª/3ª	5ª/4ª	6ª/5ª
Rio Tagaçaba	3,8	5,0	-	-	-
Rio Capivari	4,3	3,0	5,0	-	-
Rio Sem Nome 1	4,5	2,0	-	-	-
Rio Sem Nome 2	2,0	-	-	-	-
Rio Sem Nome 3	3,67	3,0	-	-	-
Rio Sem Nome 4	2,0	-	-	-	-
Rio Sem Nome 5	3,0	-	-	-	-
Rio Potinga	4,64	4,2	3,0	2,0	-
Rio Sem Nome 6	3,0	-	-	-	-
Rio Sem Nome 7	3,5	2,0	-	-	-
Rio Sem Nome 8	4,0	2,0	-	-	-
Rio Sem Nome 9	2,0	-	-	-	-
Rio Sem Nome 10	5,0	-	-	-	-
Rio Sem Nome 11	2,0	-	-	-	-
Rio Sem Nome 12	2,0	-	-	-	-
Bacia Rio Tagaçaba	4,34	4,6	4,0	2,0	2,0

A Relação de Bifurcação (Quadro 20) indica a influência da estrutura litológica e estrutural na organização interna da rede de drenagem que compõem àquela bacia. O resultado não deverá ser inferior a 2,0. Quanto maior for a diferença entre os resultados, maior será a influência litológica e estrutural. Resultados muito próximos, indicam que os canais “escolheram” os seus caminhos, não recebendo influência litológica e estrutural.

Nas sub-bacias estudadas percebe-se que há uma diferenciação de resultados da Relação de Bifurcação, revelando uma influência significativa da litologia e da estrutura geológica sobre a organização interna dos canais.

Quando ocorre uma diferença significativa entre os índices de Relação de Bifurcação, significa que o controle estrutural, sobre a organização da rede de drenagem, é ainda muito forte. Na bacia do rio Tagaçaba, percebe-se que a diferença entre as Rb é significativa a partir da 4ª e 5ª ordem (4,0 e 2,0). Entre a 1ª e 4ª ordem (4,34 - 4,6 e 4,0), a diferença é pequena, e o Rb entre a 4ª/5ª e 5ª/6ª é a mesma.

Estas informações indicam que, o controle estrutural tem um controle relativo significativo sobre os trechos dos rios de até 4ª ordem, pois estes encontram-nas nas encostas da Serra do Mar. Os trechos de 5ª e 6ª ordem percorrem a planície litorânea que, por ser formada de sedimentos mais recentes e relevo menos movimentado, não influenciam muito a organização da rede de drenagem.

As sub-bacias dos rios Capivari, Potinga e Tagaçaba, abrangem cerca de 62% dos canais de 1ª ordem, ou seja, de nascentes.

No Quadro 21 estão descritas as áreas das sub-bacias pertencentes a bacia do rio Tagaçaba e os resultados quanto aos parâmetros da análise areal: fator forma, densidade de drenagem, densidade de rios e coeficiente de manutenção.

Em relação ao fator forma – Ff, quanto mais próximo a 1 (um), mais arredondada será a bacia e, quanto menor for este valor, mais alongada será a forma da bacia. Bacias mais alongadas favorecem a um deflúvio mais equilibrado, enquanto que bacias mais circulares, favorecem a concentração mais rápida da drenagem no canal principal, portanto, a uma maior variação entre as cheias e vazantes.

QUADRO 21 - PARÂMETROS DE ANÁLISE AREAL DAS SUB-BACIAS PERTENCENTES À BACIA DO RIO TAGAÇABA - GUARAQUEÇABA – PR

Bacia e Sub-bacias	Área (Km ²)	Fator Forma Ff	Densidade Rios Dr	Densidade Drenagem Dd	Coefficiente Manutenção Cm
Rio Tagaçaba	20,5	0,24	0,93	1,70	588,24
Rio Capivari	62,82	0,59	1,03	1,79	558,66
Rio Sem Nome 1	10,1	0,22	0,89	1,64	609,76
Rio Sem Nome 2	0,88	0,34	2,27	2,61	383,14
Rio Sem Nome 3	9,82	0,41	1,12	1,62	617,29
Rio Sem Nome 4	0,69	0,31	2,90	2,32	431,03
Rio Sem Nome 5	3,06	0,45	1,63	1,60	625,00
Rio Potinga	107,13	0,36	1,08	1,67	598,80
Rio Sem Nome 6	1,44	0,36	2,08	2,50	400,00
Rio Sem Nome 7	5,75	0,31	1,22	1,88	531,92
Rio Sem Nome 8	8,38	0,68	0,95	1,63	613,50
Rio Sem Nome 9	1,8	0,49	1,10	1,80	555,56
Rio Sem Nome 10	4,63	0,51	1,08	1,99	502,51
Rio Sem Nome 11	0,57	0,34	3,51	2,99	334,45
Rio Sem Nome 12	1,24	0,51	1,75	1,67	598,80
Bacia Rio Tagaçaba	292,33	0,50	1,10	1,81	555,56

As sub-bacias encaixam-se em índices menores que o Ff da bacia do rio Tagaçaba, que é de 0,50 (Quadro 21). Somente a sub-bacia dos rios Capivari e Sem Nome 8, que estão acima do valor da bacia. A maioria das sub-bacias possui formas mais alongadas.

A densidade de drenagem representa quanto a topografia foi dissecada pela incisão linear dos canais fluviais. Onde a densidade de drenagem é baixa, a presença de rios é menor, e o coeficiente de permeabilidade é maior devido a natureza dos solos ou da inclinação das vertentes ou do substrato geológico, de modo que ocorre o predomínio da infiltração sobre o escoamento superficial. Onde a densidade de drenagem é mais alta, há maior número de rios, portanto o coeficiente de permeabilidade é menor pelas mesmas razões e ocorre o predomínio do escoamento superficial sobre a infiltração.

Comparando os dados encontrados nas sub-bacias estudadas com a classificação apresentada no Quadro 07 (página 28), percebe-se que 12 delas (75%)

possuem densidade mediana e 4 (25%), densidade de drenagem alta. Das quatro que se destacam, duas sub-bacias pertencem à margem direita e duas à margem esquerda. O índice mais alto é o de 3,51, da microbacia do rio Sem Nome 11, próximo à foz do rio Tagaçaba, em sua margem esquerda.

Canali; Oka-Fiori (1998: 38) estudando 29 bacias afluentes da baía de Paranaguá e Antonina, encontraram como densidade de drenagem a média de 2,23 km/km².

A densidade de rios considera as nascentes, sendo a relação entre as mesmas e a área da bacia, representando o comportamento hidrográfico da bacia, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos d'água. A densidade de rios da bacia do rio Tagaçaba é de 1,10. O menor valor encontrado foi na sub-bacia Rio Sem Nome 8, com 0,89 e, o maior, no rio Sem Nome 11, com 3,51.

O coeficiente de manutenção (Cm) fornece a área mínima necessária para a manutenção de 1 metro de canal de escoamento. O menor valor encontrado foi de 334,45 na sub-bacia rio Sem Nome 11 e, o maior, de 625,00 no rio Sem Nome 1. O coeficiente de manutenção da bacia do rio Tagaçaba é de 555,56.

Foram efetuados, também, cálculos referentes aos parâmetros de análise hipsométrica: altitude (máxima, mínima e amplitude), relação de relevo, índice de rugosidade e textura topográfica. Os resultados estão representados no Quadro 22.

Em relação ao Índice de Rugosidade, os valores altos, indicam vertentes íngremes e longas. Para Patton; Baker (1976), *in* Christofolletti (1980: 121), áreas potencialmente assoladas por cheias rápidas são possuidoras de altos índices de rugosidade, incorporando a fina textura de drenagem, com o comprimento mínimo de escoamento superficial em vertentes íngremes e altos valores dos gradientes de canais.

Na área em estudo, o menor índice encontrado foi o de 113,71 na sub-bacia do rio Sem Nome 11 e o mais alto de 843,58 na sub-bacia do rio Capivari.

QUADRO 22 - PARÂMETROS DE ANÁLISE HIPSOMÉTRICA DAS SUB-BACIAS PERTENCENTES À BACIA DO RIO TAGAÇABA - GUARAQUEÇABA - PR

Bacia e Sub-bacias	Altitude (m)			Relação Relevo Rr (m/km)	Índice Rugosidade Ir	Textura Topográfica Tt
	Máx.	Mín.	Amp.			
Rio Tagaçaba	1.530	420	1.110	121,98	652,94	2,99
Rio Capivari	1.530	20	1.510	146,60	843,58	3,17
Rio Sem Nome 1	1.145	320	825	119,57	503,05	2,88
Rio Sem Nome 2	600	160	440	275,00	168,58	4,83
Rio Sem Nome 3	1.045	100	945	192,86	583,33	2,84
Rio Sem Nome 4	340	60	280	186,67	120,69	4,23
Rio Sem Nome 5	690	60	630	242,31	393,75	2,80
Rio Potinga	757	20	737	43,09	441,32	2,94
Rio Sem Nome 6	675	280	395	171,74	158,00	4,61
Rio Sem Nome 7	858	190	668	155,35	355,32	3,35
Rio Sem Nome 8	817	190	627	179,14	384,66	2,86
Rio Sem Nome 9	530	120	410	1,00	227,78	3,194
Rio Sem Nome 10	638	80	558	186,0	280,40	3,57
Rio Sem Nome 11	400	60	340	261,54	113,71	5,62
Rio Sem Nome 12	240	40	200	117,65	119,76	2,93
Bacia Rio Tagaçaba	1.530	6	1.542	63,11	2.758,44	3,213

A Textura Topográfica (Tt), é outro parâmetro que representa numericamente o grau de entalhamento topográfico realizado pelos rios, sendo de importância fundamental no estudo da dissecação do relevo (Quadro 22).

Nas sub-bacias analisadas, encontrou-se o menor índice no rio Sem Nome 3 (margem direita), com 2,84 e, o mais alto, no rio Sem Nome 10 (margem esquerda), com 5,62.

Quanto à amplitude altimétrica, a sub-bacia do rio Capivari apresenta o valor mais alto, de 1.510 metros (com altitude máxima de 1.530 metros e a mínima de 20 metros).

A relação de relevo (Rr) é a relação entre a amplitude altimétrica máxima e a maior extensão da bacia, medida paralelamente ao rio principal. Na bacia do rio Tagaçaba, o valor encontrado foi de 63,11 m/km. O valor mais alto foi de 275,00, na sub-bacia do rio Sem Nome 2 e, o menor, foi de 1,00 na sub-bacia do rio Sem Nome 9.

No Quadro 23, estão os resultados da análise linear das sub-bacias: comprimento do rio principal, extensão do percurso superficial (Eps), índice de sinuosidade (Is), gradiente do canal principal e comprimento médio dos canais (Lm).

QUADRO 23 - PARÂMETROS DE ANÁLISE LINEAR DAS SUB-BACIAS PETENCENTES A BACIA DO RIO TAGAÇABA - GUARAQUEÇABA - PR

Bacia e Sub-bacias	Comprimento Rio Principal (m)	Eps	Is	Gradiente Canal Principal %	Lm (m)
Rio Tagaçaba	13.000	0,85	1,43	6,46	1.400
Rio Capivari	17.500	0,895	1,70	7,43	1.309,30
Rio Sem Nome 1	6.800	0,82	0,99	11,18	1.651,8
Rio Sem Nome 2	1.600	1,305	1,00	23,75	766,67
Rio Sem Nome 3	5.600	0,81	1,14	14,28	1.060,0
Rio Sem Nome 4	1.000	1,16	0,67	20,00	533,34
Rio Sem Nome 5	2.500	0,80	0,96	14,40	1.633,0
Rio Potinga	20.400	0,835	1,19	2,80	1.193,0
Rio Sem Nome 6	2.300	1,25	1,15	13,04	0,900
Rio Sem Nome 7	5.600	0,94	1,30	8,04	1.080,0
Rio Sem Nome 8	4.700	0,815	1,34	11,28	1.250,0
Rio Sem Nome 9	1.900	0,55	1,00	18,95	1.650,0
Rio Sem Nome 10	3.100	0,995	1,03	14,84	1.533,0
Rio Sem Nome 11	1.200	1,495	0,92	21,66	566,67
Rio Sem Nome 12	1.500	0,835	0,88	6,67	633,34
Bacia Rio Tagaçaba	45.740	0,90	1,89	2,09	1.270,0

Para a compreensão do índice de sinuosidade (Is), foi adotado a classificação mencionada por Christofletti e utilizada por Canali; Oka-Fiori (1998: 37), cujas categorias são as seguintes:

- Canais retos: aqueles que apresentam $Is < 1,1$
- Canais Sinuosos: com $Is > 1,1$ e $< 1,5$
- Canais Meândricos Regulares: com $Is = 1,5$
- Canais Meândricos Irregulares: com $Is > 1,5$ e $< 2,0$
- Canais Tortuosos: com $Is > 2,0$.

O predomínio de canais reto indica controle estrutural forte, visto que a tendência ao equilíbrio dinâmico dos canais fluviais é o de desenvolverem

sinuosidades. O Índice de Sinuosidade indica se há predomínio de transporte, sedimentação ou erosão.

Na bacia do rio Tagaçaba, das 16 sub-bacias analisadas, oito (50%) encaixam-se na classe de canais retos, seis (37,5%) em canais sinuosos e, dois (12,5%) em canais meândricos irregulares. Nessa última classe, encontram-se os rios Capivari e Tagaçaba, nos seus cursos baixos.

A extensão do percurso superficial (Eps) é a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis independentes mais importantes, pois afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem. Durante a evolução do sistema de drenagem, a extensão do Eps, está ajustada ao tamanho apropriado relacionado com as bacias de 1ª ordem, sendo, aproximadamente, igual à metade do recíproco do valor da densidade da drenagem.

Na bacia em estudo, o valor é de 0,90. O menor valor encontrado foi de 0,55 na sub-bacia do rio Sem Nome 9 e, o maior, foi de 1,495 no rio Sem Nome 11.

A relação entre a extensão total dos rios e o número total de rios chama-se comprimento médio dos canais (Lm). Na bacia do rio Tagaçaba o valor é de 1.270,0 metros. Na sub-bacia do rio Sem Nome 1 está o valor mais alto, de 1.651,8 metros e, no rio Sem Nome 11, o menor valor, de 566,67 metros.

O gradiente dos canais é a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do canal fluvial. Indica a declividade do canal. Quando o resultado for menor que 1%, o gradiente é mais suave, a velocidade da água é menor, a erosão é menor e a inclinação do terreno também é menor. Quando o resultado for maior que 1%, o gradiente é maior, a velocidade é mais, a erosão hídrica é mais intensa e a inclinação do terreno é mais acentuada.

O gradiente do rio Tagaçaba é de 2,09% representando o menor valor encontrado. A sub-bacia do rio Sem Nome 2 apresentou o gradiente mais alto, de 23,75%.

Após a análise dos índices morfométricos, chegou-se à decisão de setorizar a bacia do rio Tagaçaba, em sub-bacias, sendo definida as sub-bacias dos rios Capivari, Potinga e Tagaçaba, visto que os comportamentos diferenciados

resultantes de seus parâmetros indicaram uma relação diferenciada quanto as suas propriedades hidrodinâmicas.

Para definir melhor esta subdivisão, foram elaborados os perfis longitudinais dos rios Capivari, Potinga (confluência dos rios Bromado e Cedro) e Tagaçaba, no sentido de compartimentar cada uma de suas respectivas sub-bacias (Figura 11). Em cada sub-bacia, aplicou-se a análise hipsométrica e, setorizando-as em baixo, médio e alto curso (Quadro 24 e Figuras 12, 13 e 14), levando-se em consideração o predomínio de processos erosivos (alto curso), início deposição (médio curso) e predomínio de deposição (baixo curso).

QUADRO 24- SETORIZAÇÃO DA BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR

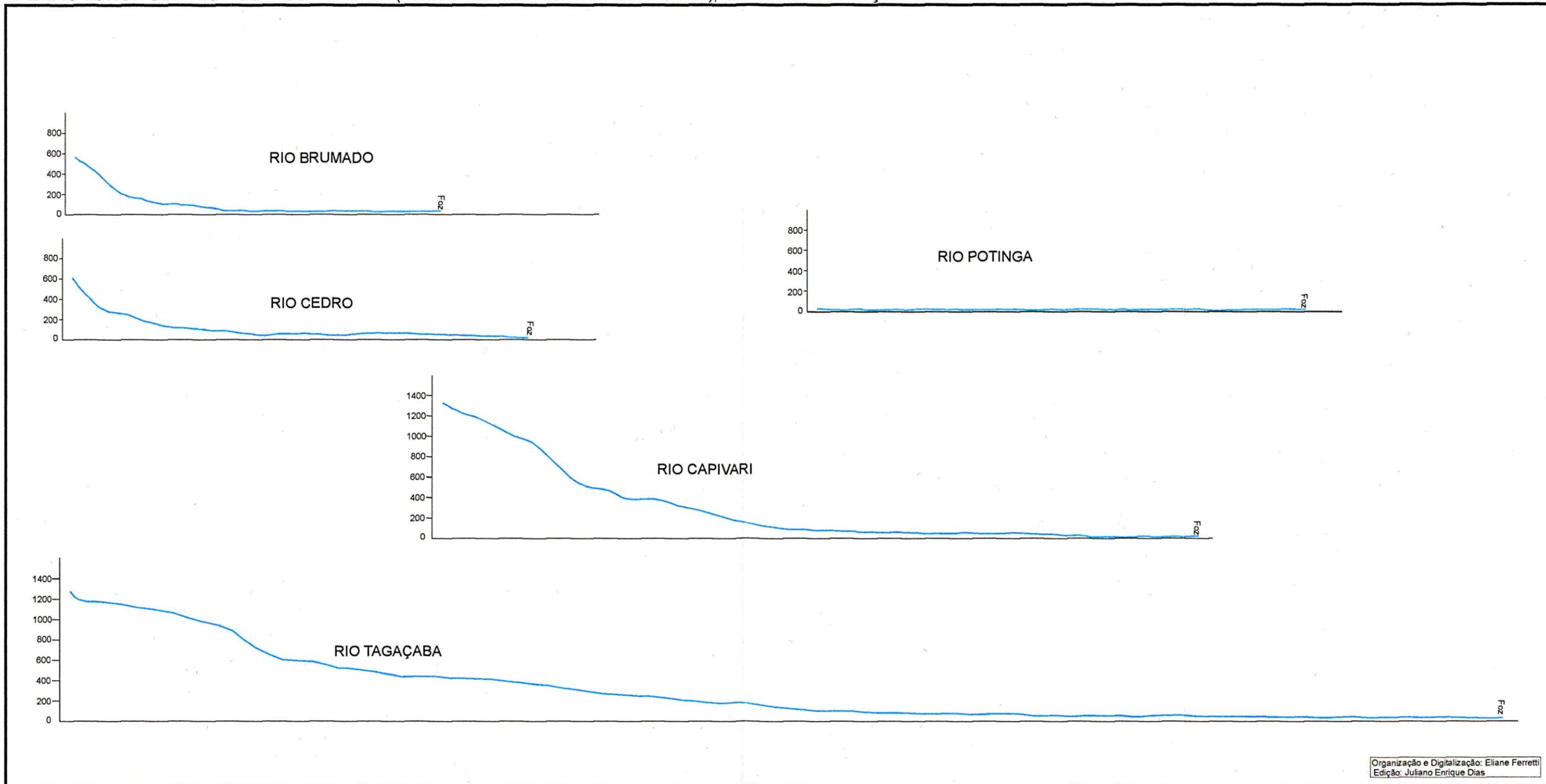
Sub-bacias	Setores	Área		%	Abrangência
		Km ²	ha		
Tagaçaba	1	45,35	4.535,0	15,52	Baixo curso
	2	63,02	6.302,0	21,56	Médio curso
	3	14,64	1.464,0	05,00	Alto curso
Subtotal		123,01	12.301,0	42,08	
Capivari	1	24,09	2.409,0	08,24	Baixo curso
	2	28,82	2.882,0	09,86	Médio curso
	3	8,83	883,0	03,02	Alto curso
Subtotal		61,74	6.174,0	21,12	
Potinga	1	41,98	4.198,0	14,36	Baixo curso
	2	38,50	3.850,0	13,17	Médio curso
	3	27,10	2.710,0	09,27	Alto curso
Subtotal		107,58	10.758,0	36,80	
Total		292,33	29.233,0	100,00	

A sub-bacia do rio Tagaçaba, representa 42,08% do total da bacia. Analisando o perfil longitudinal do rio, foi definido que a cota de 200 metros a.n.m., é o limite do seu baixo curso; dessa cota até a de 700 metros a.n.m., é o seu curso médio e, acima de 700 metros, o seu alto curso. A setor mais representativo (em área) dessa microbacia é o médio curso.

Para a sub-bacia do rio Capivari (21,12% do total da bacia), as cotas utilizadas para a divisão dos setores baixo, médio e alto curso são as mesmas da sub-bacia do rio Tagaçaba. O médio curso representa a maior área da microbacia do rio Capivari.

PERFIS LONGITUDINAIS DOS RIOS POTINGA (Confluência dos Rios Brumado e Cedro), CAPIVARI E TAGAÇABA - PR

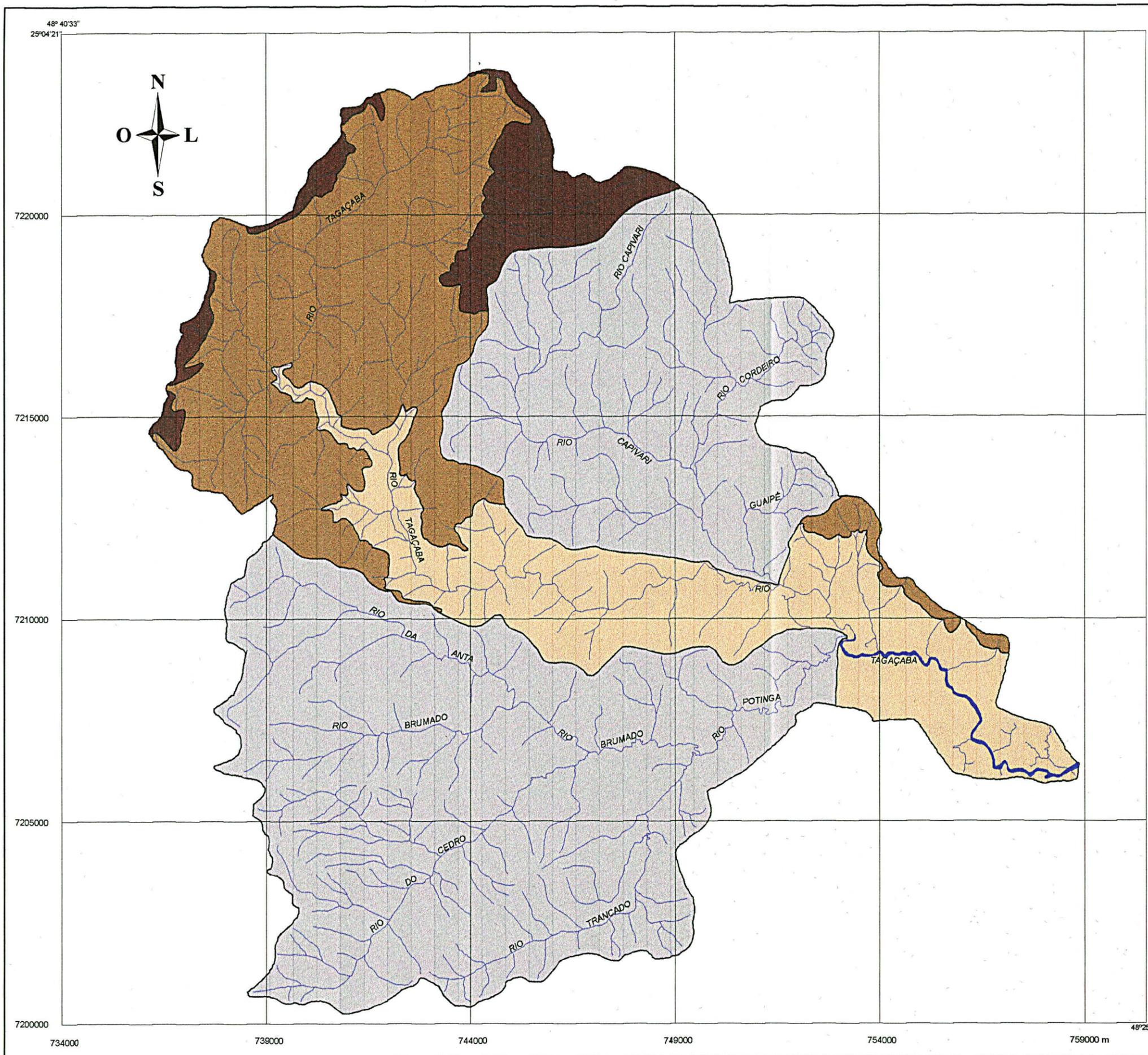
FIGURA 11



Escala Horizontal - 1:100.000
Escala Vertical - 1:40.000

FIGURA 12

CARTA DE SETORIZAÇÃO DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR Sub-bacia do Rio Tagaçaba



Legenda

- Setor 1 - Baixo Curso
- Setor 2 - Médio Curso
- Setor 3 - Alto Curso
- Drenagem

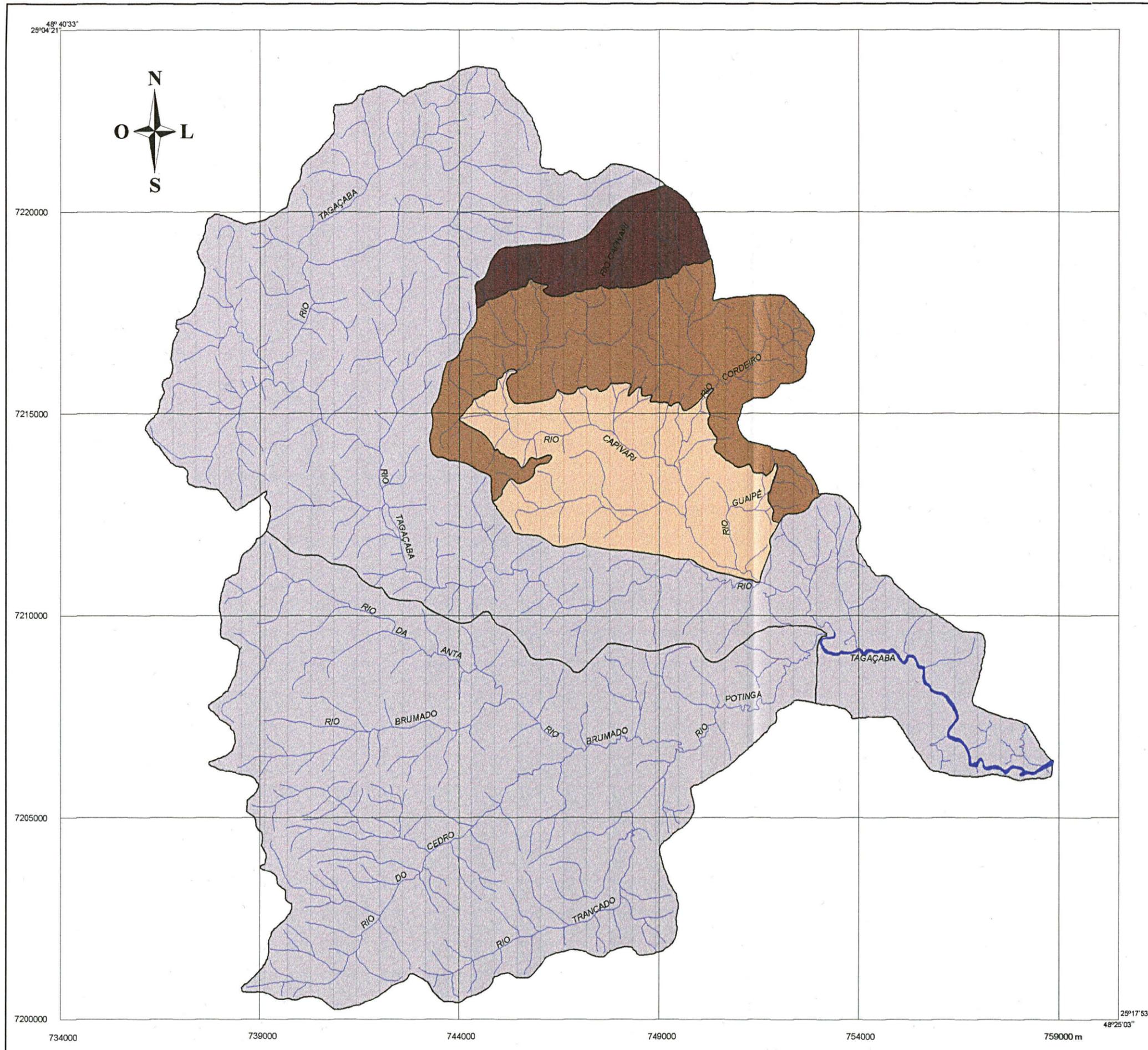
Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias



Fonte:
Cartas Topográficas em Escala 1:50000
- Antonina - IBGE (1992)
- Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
- Serra Negra - IBGE(1987)

FIGURA 13

CARTA DE SETORIZAÇÃO
DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR
Sub-bacia do Rio Capivari



Legenda

-  Setor 1 - Baixo Curso
-  Setor 2 - Médio Curso
-  Setor 3 - Alto Curso
-  Drenagem

Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias



Fonte:
Cartas Topográficas em Escala 1:50000
- Antonina - IBGE (1992)
- Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
- Serra Negra - IBGE (1987)

FIGURA 14

CARTA DE SETORIZAÇÃO DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

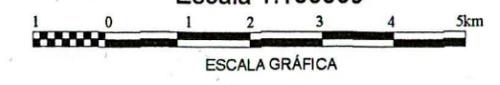
Sub-bacia do Rio Potinga

Legenda

-  Setor 1 - Baixo Curso
-  Setor 2 - Médio Curso
-  Setor 3 - Alto Curso
-  Drenagem

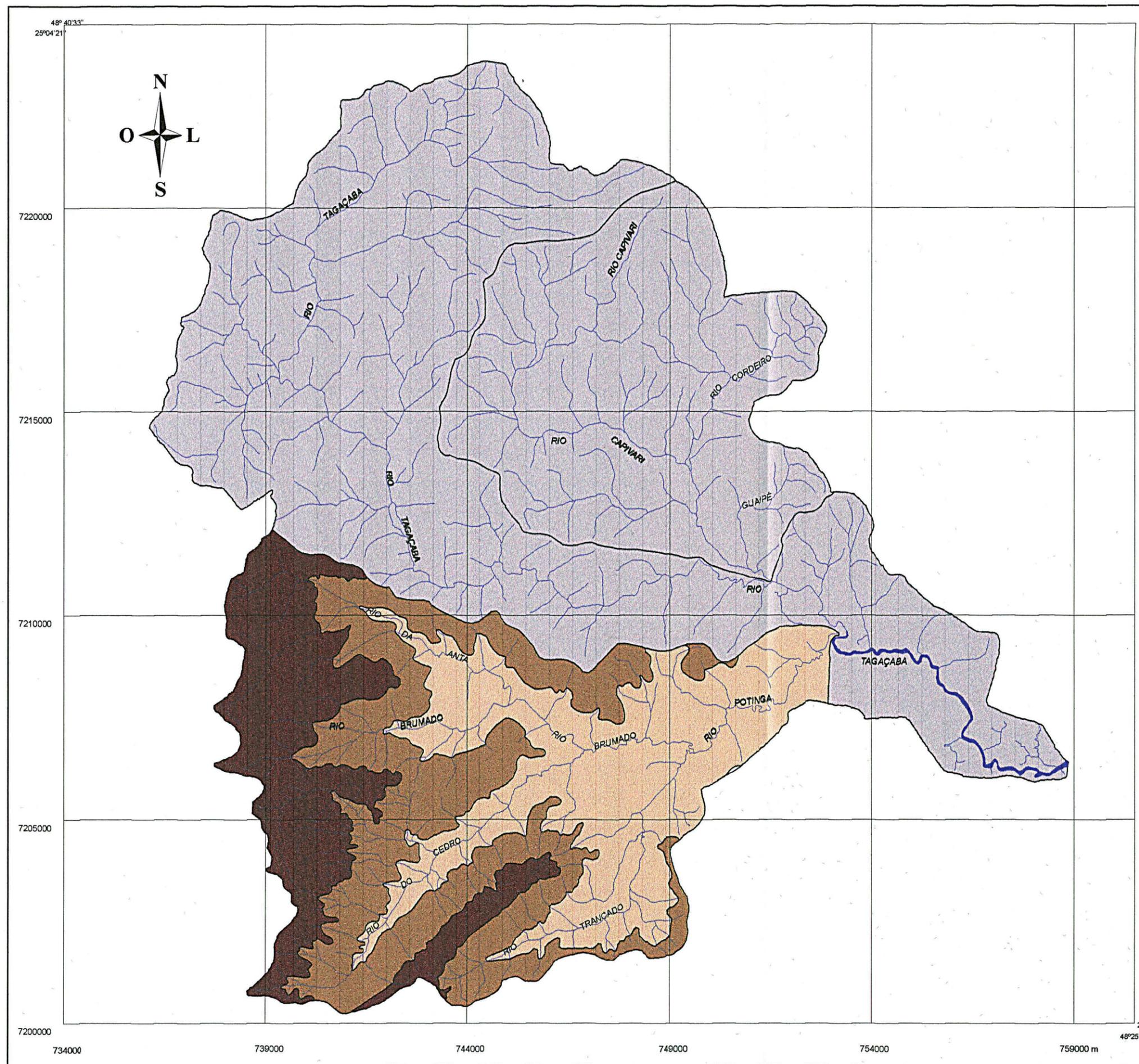
Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias

Escala 1:100000



Fonte:

- Cartas Topográficas em Escala 1:50000
- Antonina - IBGE (1992)
- Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
- Serra Negra - IBGE(1987)



A sub-bacia do rio Potinga representa 36,80 % do total da bacia. As cotas utilizadas para subdividi-la em setores foram: 100 metros a.n.m. é o limite para o seu baixo curso; de 100 a 300 metros a.n.m., representa o médio curso e, acima de 300 metros a.n.m., está o seu alto curso. Nessa sub-bacia, o baixo curso é o setor mais representativo (em área).

5.2 - COBERTURA VEGETAL ORIGINAL - PARÂMETRO CO

As leis que regulamentam a Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, aliadas às características ambientais identificadas na bacia em estudo, contribuem para a manutenção da cobertura vegetal nativa, que em muitos casos, auxilia na manutenção do equilíbrio das encostas, evitando a origem de movimentos de massa.

A Floresta Ombrófila Densa está presente em 86,83% da área da bacia do rio Tagaçaba (Quadro 17, página 87), indicando uma excelente preservação da vegetação original.

Para a definição do parâmetro CO, utilizou-se a denominação de “mata”, que engloba a Floresta Ombrófila Densa, subdividida em: Altomontana, Montana, Submontana e de Terras Baixas.

Apesar de que o índice de preservação da Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas seja mais baixo que as demais subdivisões, em vista às influências do processo de ocupação da bacia, optou-se em mantê-la nessa classe, apesar dessas influências antrópicas, pois o ambiente encontra-se ainda preservado e em regeneração.

Para a determinação do parâmetro CO, seguiu-se a mesma classificação apresentada no Quadro 01 (página 21) e, ressalta-se que, o grau de semelhança

atribuído refere-se ao tipo da cobertura vegetal, e não à semelhança botânica entre as espécies originais e atuais. No Quadro 25, apresenta-se o grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual com a original, nos setores da bacia do rio Tagaçaba.

QUADRO 25 - PARÂMETRO CO POR SETOR - BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

Sub-bacias	Setores*	Área - Mata			Índice	Nível Semelhança
		Km ²	ha	%		
Tagaçaba	1	33,62	3.362,0	74,14	CO ₂	Semelhante
	2	63,02	6.302,0	100,00	CO ₁	Altamente semelhante
	3	14,64	1.464,0	100,00	CO ₁	Altamente semelhante
Subtotal		111,28	11.128,0	90,46		
Capivari	1	22,07	2.207,00	91,63	CO ₁	Altamente semelhante
	2	28,81	2.881,0	100,00	CO ₁	Altamente semelhante
	3	8,83	883,00	100,00	CO ₁	Altamente semelhante
Subtotal		59,71	5.971,0	96,71		
Potinga	1	28,19	2.819,0	67,16	CO ₂	Semelhante
	2	35,85	3.850,0	93,14	CO ₁	Altamente semelhante
	3	27,10	2.710,0	100,00	CO ₁	Altamente semelhante
Subtotal		91,14	9.114,0	84,72		
Total		262,13	26.213,0	89,67		

* - 1: Baixo curso; 2: médio curso; 3: alto curso.

Quantificou-se a área atualmente coberta por mata em cada um dos setores da bacia e partir da Carta do Uso Atual do Solo da Bacia do rio Tagaçaba (Figura 08), para determinar a proporção ocupada atualmente pela mesma. Para a quantificação utilizou-se papel milimetrado e, posteriormente, conferido no programa *Spring*. O Índice do parâmetro CO foi encontrado tomando por base o quadro 01 – Classificação quanto ao Grau de Semelhança para o Parâmetro CO (página 21).

5.3 - PROTEÇÃO DA COBERTURA VEGETAL ATUAL AO SOLO - PARÂMETRO CA

As classes de uso do solo determinadas na bacia do rio Tagaçaba, foram definidas a partir das informações estabelecidas pelo IPARDES (1995 e 2001), cartas topográficas, imagens de satélite TM LANDSAT, fotografias aéreas e idas a campo.

Foram verificados os usos do solo das sub-bacias e delimitados segundo os setores correspondentes. No Quadro 26, estão representadas as classes de uso atual do solo na sub-bacia do rio Tagaçaba.

Quadro 26 - USO ATUAL DO SOLO NOS SETORES DA SUB-BACIA DO RIO TAGAGAÇA – BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR

Classes de Uso do Solo	Setor 1		Setor 2		Setor 3		Total	
	ha	%	Ha	%	ha	%	ha	%
Terreno sujeito Inundação - Mangue	114,0	0,93	-	-	-	-	114,0	0,93
Agricultura	49,0	0,40	-	-	-	-	49,0	0,40
Agricultura – Banana	167,0	1,36	-	-	-	-	167,0	1,36
Capoeirinha	390,0	3,17	-	-	-	-	390,0	3,17
Pastagem	454,0	3,70	-	-	-	-	454,0	3,70
Reflorestamento	-	-	-	-	-	-	-	-
F.O.D. Terras Baixas	1864,0	15,14	-	-	-	-	1864,0	15,14
F.O.D. Submontana	1497,0	12,17	6302,0	51,23	-	-	7799,0	63,40
F.O.D. Montana	-	-	-	-	1303,0	10,59	1303,0	10,59
F.O.D. Altomontana	-	-	-	-	161,0	1,31	161,0	1,31
TOTAL	4535,0	36,87	6302,0	51,23	1464,0	11,90	12.301,0	100,00

Total de cada classe: 5% de ajuste em função da tabulação por pixels.

Na sub-bacia do rio Tagaçaba, a classe que está mais presente no setor 1, é a Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas; no Setor 2, há apenas uma classe presente, que é a Floresta Ombrófila Densa Montana. No setor 3, partes mais altas e com declividades acentuadas dessa microbacia, estão presentes a Floresta Ombrófila Densa Altomontana e Montana, sendo que essa última é a mais representativa (ocupando maior área do setor).

Nessa sub-bacia, estão presentes classes que não aparecem nas outras sub-bacias: terreno sujeito à inundação – Mangue, agricultura e reflorestamento.

No Quadro 27 estão representadas as classes de uso atual do solo na sub-bacia do rio Capivari.

Quadro 27 - USO ATUAL DO SOLO NOS SETORES DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI – BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR

Classes de Uso do Solo	Setor 1		Setor 2		Setor 3		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Terreno sujeito Inundação - Mangue	-	-	-	-	-	-	-	-
Agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-
Agricultura – Banana	-	-	-	-	-	-	-	-
Capoeirinha	202,0	3,27	-	-	-	-	202,0	3,27
Pastagem	-	-	-	-	-	-	-	-
Reflorestamento	-	-	-	-	-	-	-	-
F.O.D. Terras Baixas	1308,0	21,19	-	-	-	-	1308,0	21,19
F.O.D. Submontana	899,0	14,56	2882,0	46,68	-	-	3781,0	61,24
F.O.D. Montana	-	-	-	-	713,0	11,55	713,0	11,55
F.O.D. Altomontana	-	-	-	-	170,0	2,75	170,0	2,75
TOTAL	2409,0	39,02	2882,0	46,68	883,0	14,30	6.174,0	100,00

Total de cada classe: 5% de ajuste em função da tabulação por pixels.

Na sub-bacia do rio Capivari, o setor 1 está representado pela Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas (que ocupa grande parte da área), Submontana e capoeirinha. No setor 2 está presente somente uma classe, a Floresta Ombrófila Densa Submontana e, no setor 1, a Montana e a Altomontana. Não ocorre a presença de agricultura, agricultura – banana, pastagem e reflorestamento.

No Quadro 28, estão representadas as classes de uso atual do solo na sub-bacia do rio Capivari.

Quadro 28 - USO ATUAL DO SOLO NOS SETORES DA SUB-BACIA DO RIO POTINGA – BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR

Classes de Uso do Solo	Setor 1		Setor 2		Setor 3		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Terreno sujeito Inundação - Mangue	-	-	-	-	-	-	-	-
Agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-
Agricultura – Banana	35,0	0,33	-	-	-	-	35,0	0,33
Capoeirinha	1216,0	11,30	264,0	2,45	-	-	1480,0	13,75
Pastagem	82,0	0,76	-	-	-	-	82,0	0,76
Reflorestamento	46,0	0,43	-	-	-	-	46,0	0,43
F.O.D. Terras Baixas	2811,0	26,13	2,0	0,01	-	-	2813,0	26,14
F.O.D. Submontana	8,0	0,07	3584,0	33,32	2686,0	24,97	6278,0	58,36
F.O.D. Montana	-	-	-	-	24,0	0,22	24,0	0,22
F.O.D. Altomontana	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	4198,0	39,02	3850,0	35,79	2710,0	25,19	10.758,0	100,00

Total de cada classe: 5% de ajuste em função da tabulação por pixels.

No setor 1 da sub-bacia do rio Potinga, a classe mais representativa é a Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas, seguida da capoeirinha. Com menor expressão ocorre a Floresta Ombrófila Densa Submontana, não havendo a presença

de agricultura, sendo o único setor onde ocorre reflorestamento. No setor 2, a Floresta Ombrófila Densa Montana é predominante, o mesmo ocorrendo no setor 3.

No Quadro 29, estão representadas, em síntese, as classes de uso atual do solo nas sub-bacias da bacia do rio Taçaçaba, permitindo uma melhor compreensão da proteção que as diferentes formas de usos fornecem ao solo.

QUADRO 29 - USO ATUAL DO SOLO NAS SUB-BACIAS DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

Classes de Uso do Solo	Sub-bacia Taçaçaba		Sub-bacia Capivari		Sub-bacia Potinga		Bacia do rio Taçaçaba		
	ha	%	Ha	%	ha	%	Km ²	ha	%
Terreno sujeito Inundação - Mangue	114,0	0,39	-	-	-	-	1,14	114,0	0,39
Agricultura	49,0	0,17	-	-	-	-	0,49	49,0	0,17
Agricultura – Banana	167,0	0,57	-	-	35,0	0,12	2,02	202,0	0,69
Capoeirinha	390,0	1,33	202,0	0,70	1480,0	5,06	20,72	2072,0	7,09
Pastagem	454,0	1,55	-	-	82,0	0,28	5,36	536,0	1,83
Reflorestamento	-	-	-	-	46,0	0,16	0,46	46,0	0,16
F.O.D. Terras Baixas	1864,0	6,38	1308,0	4,47	2813,0	9,62	59,85	5985,0	20,47
F.O.D. Submontana	7799,0	26,68	3781,0	12,93	6278,0	21,48	178,58	17858,0	61,09
F.O.D. Montana	1303,0	4,46	713,0	2,44	24,0	0,08	20,40	2040,0	6,98
F.O.D. Altomontana	161,0	0,55	170,0	0,58	-	-	3,31	331,0	1,13
TOTAL	12.301,0	42,08	6.174,0	21,12	10.758,0	36,80	292,33	29233,0	100,0

Total de cada classe: 5% de ajuste em função da tabulação por pixels.

Estabeleceu-se uma classificação para avaliar a proteção fornecida ao solo pela cobertura vegetal atual (Quadro 30), tendo por base a metodologia do DFC apresentada anteriormente.

QUADRO 30 - CLASSIFICAÇÃO DA PROTEÇÃO FORNECIDA AO SOLO PELA COBERTURA VEGETAL - ADAPTAÇÃO DO QUADRO 02.

COBERTURA	ÍNDICE DE PROTEÇÃO
Floresta Ombrófila Densa Altomontana Floresta Ombrófila Densa Montana Floresta Ombrófila Densa Submontana	1,0
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas	0,7
Pastagem	0,7
Terreno Sujeito a Inundação	0,7
Capoeirinha	0,65
Reflorestamento	0,5
Agricultura Agricultura - Banana	0,3

Para obtenção do índice de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal atual de cada setor, foi necessário (Quadro 31):

– cálculo da área de cada tipo de cobertura vegetal. Assim, determinou-se o valor da coluna (1), tomando-se por bases os QUADROS 26, 27 e 28.

– na coluna (2), colocação dos respectivos índices de proteção de cada tipo de cobertura vegetal existente no setor, de acordo com o QUADRO 30;

– a coluna (3) é produto da coluna (1) pela (2);

– para cada setor, somou-se o valor das colunas (1) e (3);

– para cada setor, dividiu-se o valor da somatória das colunas (3) pela coluna (1) para obter o índice de proteção total.

QUADRO 31 - ÍNDICE DE PROTEÇÃO FORNECIDO AO SOLO PELA COBERTURA VEGETAL DOS SETORES NA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

SETOR	COBERTURA	(1) ÁREA ha	(2) ÍNDICE DE PROTEÇÃO	(3) SUPERFÍCIE E REDUZIDA	ÍNDICE DE PROTEÇÃO TOTAL DO SETOR
SUB-BACIA DO RIO TAGAÇABA					
1	Terreno sujeito a Inundação	114,0	0,7	79,8	
	Agricultura	49,0	0,3	14,7	
	Agricultura – Banana	167,0	0,3	50,1	
	Capoeirinha	390,0	0,65	253,5	
	Pastagem	454,0	0,7	317,8	
	F.O.D. Terras Baixas	1.864,0	0,7	1.304,8	
	F.O.D. Submontana	1.497,0	1,0	1.497,0	
	TOTAL	4.535,0		3.517,7	0,78
2	F.O.D. Submontana	6.302,0	1,0	6.302,0	
TOTAL	6.302,0		6.302,0	1,0	
3	F.O.D. Montana	1.303,0	1,0	1.303,0	
	F.O.D. Altomontana	161,0	1,0	161,0	
TOTAL	1.464,0		1.464,0	1,0	
SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI					
1	Capoeirinha	202,0	0,65	131,3	
	F.O.D. Terras baixas	1.308,0	0,7	915,6	
	F.O.D. Submontana	899,0	1,0	899,0	
TOTAL	2.409,0		1.945,9	0,81	
2	F.O.D. Submontana	2.882,0	1,0	2.882,0	
TOTAL	2.882,0		2.882,0	1,0	
3	F.O.D. Montana	713,0	1,0	713,0	
	F.O.D. Altomontana	170,0	1,0	170,0	
TOTAL	883,0		883,0	1,0	
SUB-BACIA DO RIO POTINGA					
1	Agricultura – Banana	35,0	0,3	10,5	
	Capoeirinha	1.216,0	0,65	790,4	
	Pastagem	82,0	0,7	57,4	
	Reflorestamento	46,0	0,5	23,0	
	F.O.D. Terras Baixas	2.811,0	0,7	1.967,7	
	F.O.D. Submontana	8,0	1,0	8,0	
	TOTAL	4.198,0		2.857,0	0,68
2	Capoeirinha	264,0	0,65	171,6	
	F.O.D. Terras Baixas	2,0	1,0	2,0	
	F.O.D. Submontana	3.584,0	1,0	3.584,0	
TOTAL	3.850,0		3.757,6	0,98	
3	F.O.D. Submontana	2.686,0	1,0	2.686,0	
	F.O.D. Montana	24,0	1,0	24,0	
TOTAL	2.710,0		2.710,0	1,0	

OBSERVAÇÃO: a classe “área urbana”, não foi considerada.

Obtido o índice de proteção total por setores, associou-se ao Quadro 03 - Parâmetro CA – Índice de Proteção Total, apresentado anteriormente (página 23), chegando-se ao símbolo correspondente apresentado no QUADRO 32.

QUADRO 32 - PARÂMETRO CA POR SETOR - BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR.

SUB-BACIA	SETOR	ÍNDICE DE PROTEÇÃO	SÍMBOLO
Tagaçaba	1	0,78	CA ₃
	2	1,0	CA ₁
	3	1,0	CA ₁
Capivari	1	0,8	CA ₂
	2	1,0	CA ₁
	3	1,0	CA ₁
Potinga	1	0,68	CA ₃
	2	0,98	CA ₂
	3	1,0	CA ₁

Quanto ao índice de proteção, percebe-se que os setores 1 e 2 das sub-bacias Tagaçaba e Capivari, estão com proteção máxima. A sub-bacia do rio Potinga, apresenta proteção máxima somente em seu setor 3 (alto curso), sendo que o seu setor 1 apresenta o menor índice de proteção da área em estudo.

5.4 - DECLIVIDADE MÉDIA - PARÂMETRO DM

Com base nas classes de declividade e características identificadas na morfometria, elaborou-se o Quadro 33.

QUADRO 33 - CLASSES DE DECLIVIDADE, ÍNDICES E SÍMBOLOS UTILIZADOS NO DFC DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR.

DECLIVIDADE	RELEVO	SÍMBOLO E SUBÍNDICE
A (0 – 3%)	Plano	DM ₁
B (3 – 10%)	Suave ondulado	DM ₂
C (10 – 20%)	Ondulado	DM ₃
D (20 – 45%)	Forte ondulado	DM ₄
E (acima de 45%)	Abrupto	DM ₅

Portanto, as declividades médias encontradas para cada setor da bacia foram classificadas de acordo com o quadro anterior, obtendo-se os resultados apresentados no Quadro 34.

QUADRO 34 - PARÂMETRO DM POR SETOR - BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

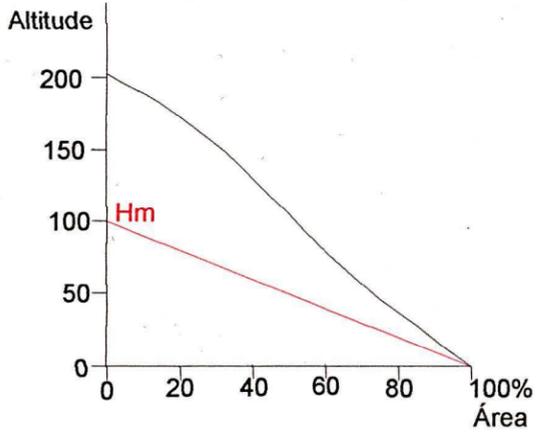
SUB-BACIA	SETOR	I.C.N. (Km)	E Km	A (Km ²)	DM %	RELEVO	SÍMBOLO
Tagaçaba	1	80,83	0,100	45,35	17,83	Ondulado	DM ₃
	2	244,57	0,100	63,02	38,80	Forte Ondulado	DM ₄
	3	48,40	0,100	14,64	33,06	Forte Ondulado	DM ₄
Capivari	1	53,12	0,100	24,09	22,05	Forte Ondulado	DM ₄
	2	106,75	0,100	28,82	37,04	Forte Ondulado	DM ₄
	3	47,13	0,100	8,83	53,37	Abrupto	DM ₅
Potinga	1	68,58	0,100	41,98	16,34	Ondulado	DM ₃
	2	149,97	0,100	38,50	38,96	Forte Ondulado	DM ₄
	3	101,88	0,100	27,10	37,59	Forte Ondulado	DM ₄

Para uma caracterização do relevo, foram elaboradas as curvas hipsométricas dos setores (Figura 15). Nos Quadros 35 (sub-bacia do rio Tagaçaba), 36 (sub-bacia do rio Capivari) e 37(sub-bacia do rio Potinga) apresenta-se o procedimento do cálculo das respectivas curvas hipsométricas e da integral hipsométrica nas sub-bacias pertencentes à bacia do rio Tagaçaba.

QUADRO 35 - CURVAS HIPSONÉTRICAS E INTEGRAL HIPSONÉTRICA DOS SETORES DA SUB-BACIA DO RIO TAGAÇABA - BACIA DO RIO TAGAÇABA - GUARAQUEÇABA - PR

1	2	3	4	5	6	7
COTAS (m)	P.MÉDIO (m)	ÁREA (Km ²)	A. ACUM. (Km ²)	%	% ACUM.	2 X 3
SETOR 1						
200 - 100	150	15,04	15,04	33,16	33,16	2.256
100 - 0	50	30,31	45,35	66,84	100,00	1.151,5
TOTAL		45,35				3.771,50
SETOR 2						
700 - 600	650	06,14	6,14	9,74	9,74	3.991,0
600 - 500	550	04,30	10,44	6,82	16,56	5.742,0
500 - 400	450	15,45	25,89	24,52	41,08	6.952,5
400 - 300	350	17,64	43,53	28,00	69,08	1.764,0
300 - 200	250	19,50	63,02	30,92	100,00	4.875,0
TOTAL		63,02				23.324,5
SETOR 3						
1500 - 1400	1.465	00,63	00,63	04,30	04,30	922,95
1400 - 1300	1.350	00,11	00,74	00,76	05,06	148,50
1300 - 1200	1.250	00,35	01,09	02,39	07,45	437,50
1200 - 1100	1.150	01,89	02,98	12,91	20,36	2.362,50
1100 - 1000	1.050	02,86	05,84	19,54	39,90	3.289,00
1000 - 900	950	03,34	09,18	22,81	62,71	3.173,00
900 - 800	850	03,03	12,21	20,70	83,41	2.575,50
800 - 700	750	02,43	14,64	16,59	100,00	1.822,50
TOTAL		14,64				16.067,95

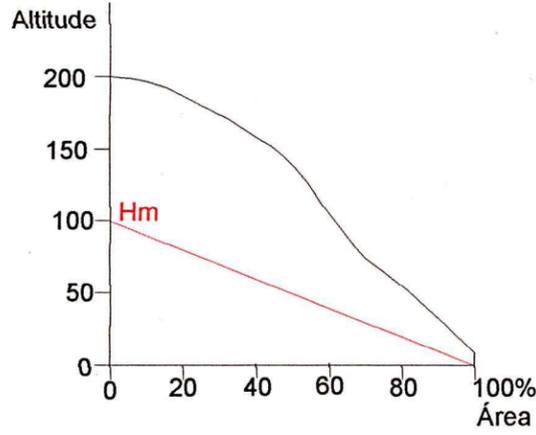
Sub-bacia
do Tagaçaba



Hm = 100m

Setor 1

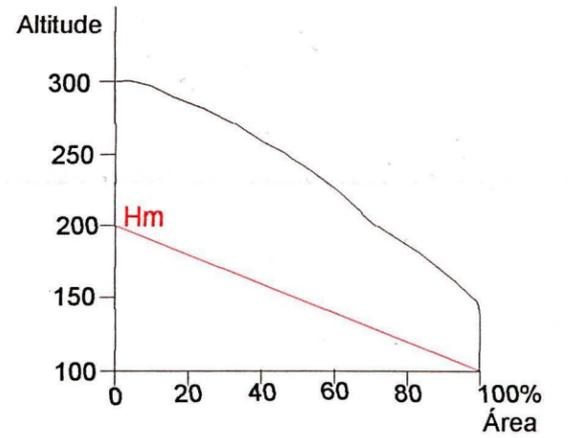
Sub-bacia
do Capivari



Hm = 100m

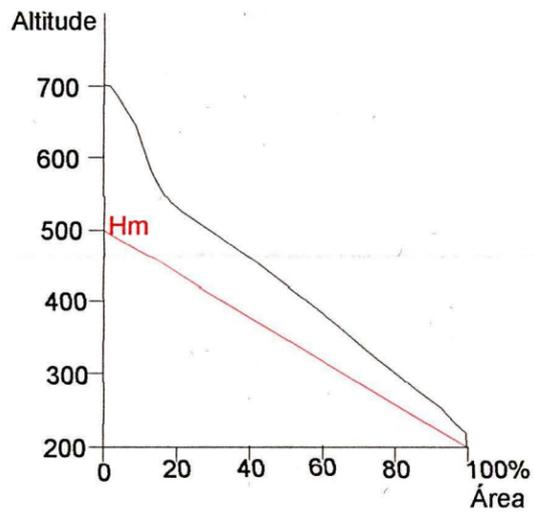
Setor 1

Sub-bacia
do Potinga



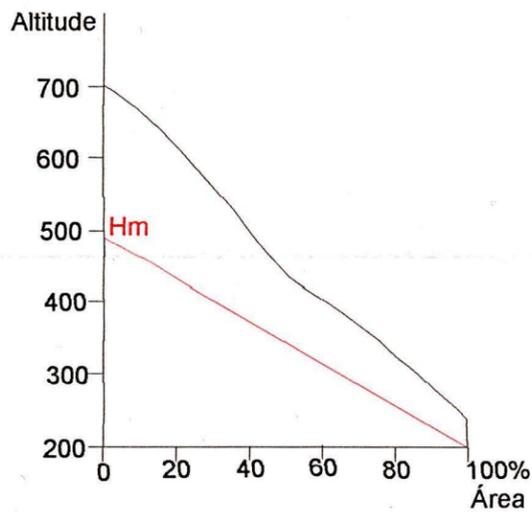
Hm = 200m

Setor 2



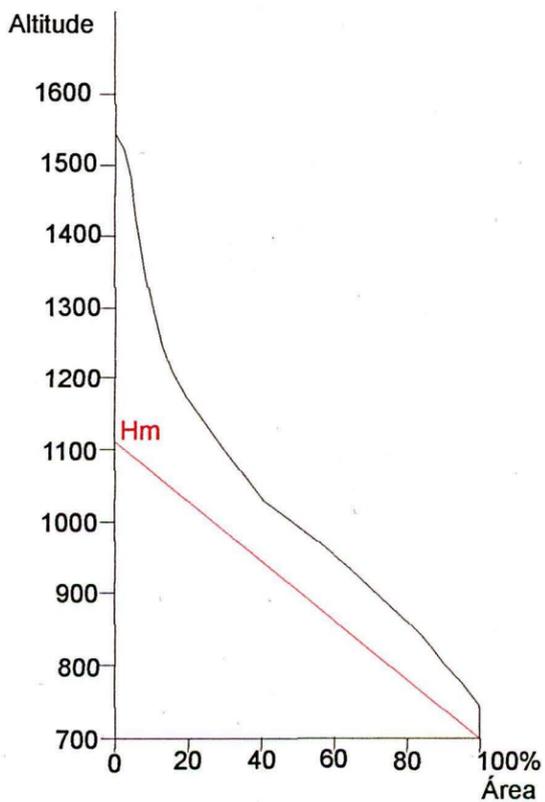
Hm = 500m

Setor 2



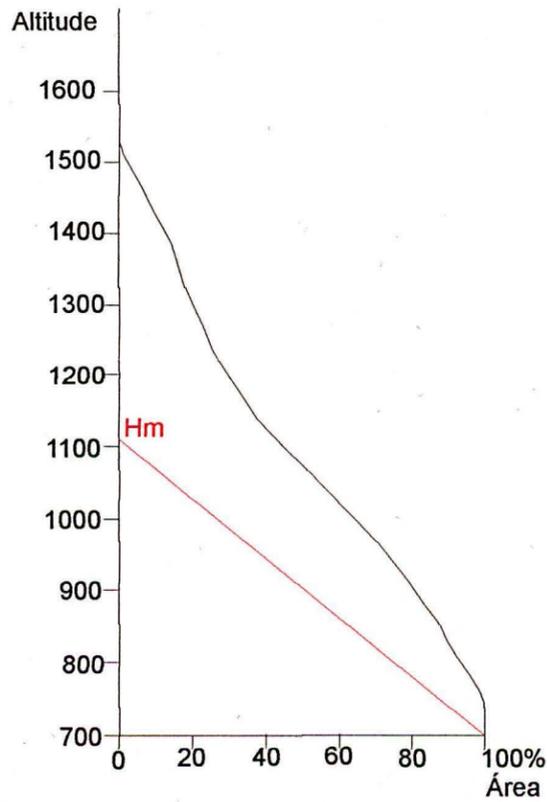
Hm = 500m

Setor 2



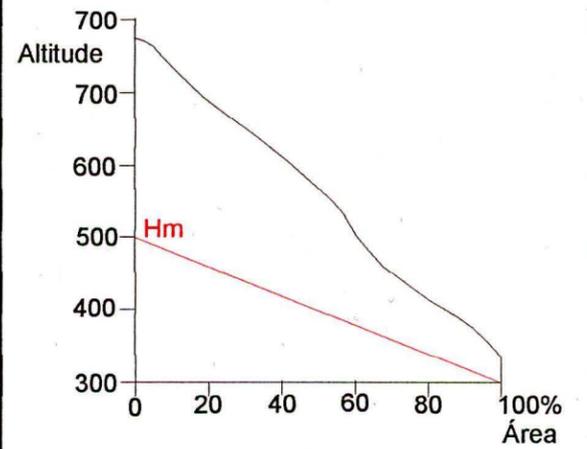
Hm = 1.115m

Setor 3



Hm = 1.115m

Setor 3



Hm = 500m

Setor 3

QUADRO 36 - CURVAS HIPSOMÉTRICAS E INTEGRAL HIPSOMÉTRICA DOS SETORES DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI - BACIA DO RIO TAGAÇABA - GUARAQUEÇABA - PR

1	2	3	4	5	6	7
COTAS (m)	P.MÉDIO (m)	ÁREA (Km ²)	B. ACUM. (Km ²)	%	% ACUM.	2 X 3
SETOR 1						
200 - 100	150	17,88	17,88	45,59	45,59	2.682,00
100 - 0	50	24,10	41,98	57,41	100,00	1.205,00
TOTAL		41,98				3.887,00
SETOR 2						
700 - 600	650	05,65	05,65	14,68	14,68	655,65
600 - 500	550	07,46	13,11	19,38	34,06	4.103,00
500 - 400	450	06,11	19,22	15,87	49,93	2.749,50
400 - 300	350	09,62	28,84	24,99	74,92	3.367,00
300 - 200	250	09,66	38,50	25,08	100,00	2.415,00
TOTAL		38,50				13.290,15
SETOR 3						
1530 - 1500	1.515	00,01	0,01	0,04	0,04	15,15
1500 - 1400	1.450	02,40	02,41	08,86	08,90	3.480,00
1400 - 1300	1.350	02,90	05,31	10,70	19,60	3.915,00
1300 - 1200	1.250	03,30	08,61	12,18	31,78	4.125,00
1200 - 1100	1.150	03,41	12,02	12,58	44,36	3.921,50
1100 - 1000	1.050	03,85	15,87	14,21	58,57	4.042,50
1000 - 900	950	03,83	19,70	14,13	72,70	3.638,50
900 - 800	850	03,74	23,44	13,80	86,50	3.179,00
800 - 700	750	03,66	27,10	13,50	100,00	2.745,00
TOTAL		27,10				29.061,65

QUADRO 37 - CURVAS HIPSOMÉTRICAS E INTEGRAL HIPSOMÉTRICA DOS SETORES DA SUB-BACIA DO RIO POTINGA - BACIA DO RIO TAGAÇABA - GUARAQUEÇABA - PR

1	2	3	4	5	6	7
COTAS (m)	P.MÉDIO (m)	ÁREA (Km ²)	C. ACUM. (Km ²)	%	% ACUM.	2 X 3
SETOR 1						
100 - 0	50	41,98	41,98	100,00	100,00	2.99,00
TOTAL		41,98				2.099,00
SETOR 2						
300 - 200	250	19,02	19,02	49,40	49,40	4.755,00
200 - 100	150	19,48	38,50	50,60	100,00	2.922,00
TOTAL		38,50				7.677,00
SETOR 3						
800 - 700	728	01,98	01,98	07,31	07,31	1.441,44
700 - 600	650	06,24	08,22	23,03	30,34	4.056,00
600 - 500	550	06,88	15,08	25,31	55,65	3.773,00
500 - 400	450	04,11	19,19	15,17	70,82	1.849,50
400 - 300	350	07,91	27,10	29,18	100,00	2.768,50
TOTAL		27,10				13.888,44

Na microbacia do rio Potinga, foi calculado a curva hipsométrica dos setores 2 e 3. Como o setor 1 apresenta somente uma curva de nível mestra de 100 metros, não foi possível a representação do cálculo.

Para Vieira (1978: 42), as curvas hipsométricas apresentam a distribuição de um volume rochoso desde as partes mais baixas até as mais altas e, tem-se como unidade de referência, um sólido com limites laterais pela projeção vertical do perímetro da bacia, no topo e na base por planos paralelos, que atravessam o cume e a foz.

A curva hipsométrica não representa dimensões, pois não se aplicam valores absolutos mas, parâmetros relativos, o que nos permite comparar estágios relativos à erosão com tamanhos e topografias diferentes através do tempo, com referência ao presumido bloco original e estável.

Para Christofolletti (1980: 118), as curvas hipsométricas representam o volume de rochas existentes na região de estudo. Observa-se que, o setor 2 da

microbacia do rio Potinga apresenta maior volume rochoso que os demais setores e, o setor 1 da microbacia do rio Tagaçaba, o menor volume.

No Gráfico 01, apresentam-se as curvas características do ciclo de erosão (VIEIRA, 1978: 43), onde se visualiza a fase de ajuste (desequilíbrio), a fase de equilíbrio e a fase de aplainamento.

Comparando-se as curvas hipsométricas dos setores, com o Gráfico 01, percebe-se que:

- sub-bacia do rio Tagaçaba: o setor 1 encontra-se em fase de aplainamento, mas, ainda em equilíbrio. O setor 2 está em fase de equilíbrio e o setor 3, também está em fase de aplainamento.

- sub-bacia do rio Capivari: os setores 1 e 2 estão em fase de equilíbrio em relação aos processos erosivos. O setor 3 encaixa-se na fase de aplainamento, mais próximo do limite da fase de equilíbrio.

- sub-bacia do rio Potinga: o setor 2 encontra-se em fase de ajuste, retratando que os processos erosivos estão atuantes e constantes. O Setor 3 está em fase de equilíbrio.

5.5 - EROSIVIDADE PELA CHUVA - PARÂMETRO E

Na presente tese foi considerada a equação desenvolvida por Bertoni; Moldenhauer (In: BELTRAME, 1990:128) e, com os dados da estação predominante, foi calculado o potencial erosivo da chuva a partir da equação, onde a unidade é toneladas de solo por hectare por milímetros de chuva por hora:

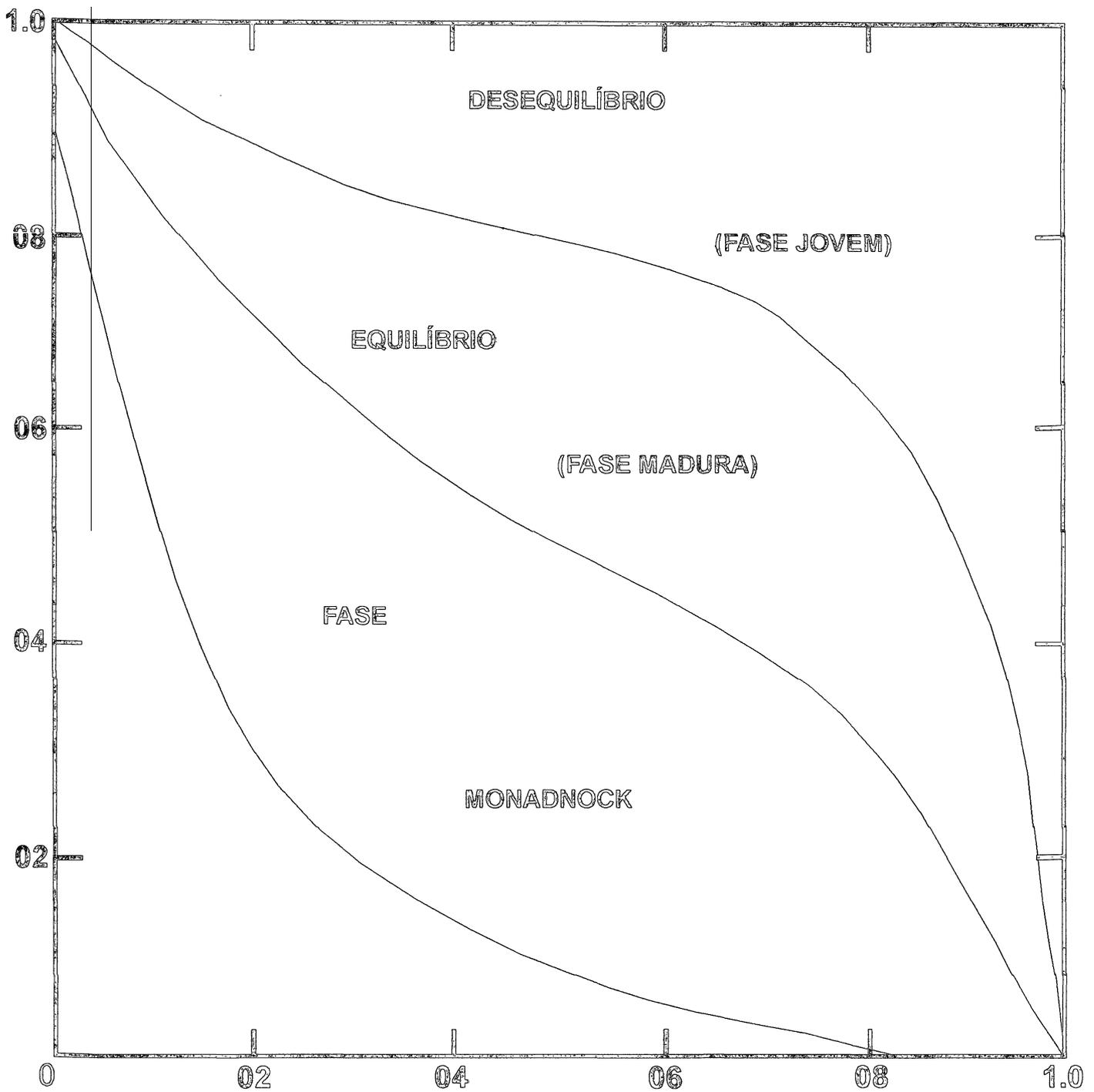
$$E = 6,886 (r^2/P)^{0,85}$$

Onde, E – média mensal do índice de erosão (t/ha.mm/h);

r - precipitação média mensal em mm;

P - precipitação média anual em mm.

GRÁFICO 01 - CURVAS CARACTERÍSTICAS DO CICLO DE EROÇÃO



Para o cálculo da erosividade média da chuva anual dos setores, foi utilizado o período de abril de 1999 a agosto de 2000 como base (Quadro 38).

QUADRO 38 - EROSIVIDADE DA CHUVA NA BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR.

MESES	ESTAÇÃO TAGAÇABA
	EROSIVIDADE (t/ha.mm/h) 04/1999 a 08/2000
Janeiro	348,76
Fevereiro	218,89
Março	160,93
Abril	60,90
Maio	04,89
Junho	45,64
Julho	58,39
Agosto	25,34
Setembro	62,94
Outubro	73,08
Novembro	91,05
Dezembro	174,76
TOTAL	1.325,57

Os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro apresentaram os maiores índices de erosividade devido o volume de precipitação mensal ser maior. Maio foi o mês de menor volume precipitado, caracterizando uma erosividade menor.

Com base em dados de precipitação anual e mensal para o Estado do Paraná, elaborou-se uma classificação dos índices de erosividade. Para isso, foi utilizado os dados das estações pluviométricas paranaenses, onde verificou-se a mais baixa precipitação anual e a mais alta precipitação anual para o período de abril de 1999 a agosto de 2000 (SIMEPAR). Portanto, a Estação Meteorológica de Cerro Azul, com 976,9 mm de precipitação no período de 04/1999 a 08/2000 registrou o mais baixo índice e, a Estação Meteorológica de Guaraqueçaba, com 2.402,9 mm de precipitação para o período de 04/1999 a 08/2000 registrou o mais alto índice.

A partir destes dados, calculou-se a média anual dos índices de erosividade para Guaraqueçaba, com 1.325,57 t/ha.mm/h e, para Cerro Azul, com 243,69 t/ha.mm/h. E, finalmente, definiu-se a classificação apresentada no QUADRO 39.

QUADRO 39 - CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DE EROSIVIDADE DA CHUVA PARA O ESTADO DO PARANÁ EM 04/1999 A 08/2000.

ÍNDICE (T/HA.MM/H)	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO E SUBÍNDICE
Menor 243,69	Erosividade débil	E ₁
243,7 - 603,7	Erosividade média	E ₂
603,8 - 963,7	Erosividade forte	E ₃
963,8 - 1.323,8	Erosividade muito forte	E ₄
Acima 1.323,8	Erosividade excessiva	E ₅

A partir do cálculo da erosividade da bacia do rio Tagaçaba para o período de 04/1999 a 08/2000, foram obtidos os índices de erosividade para os setores da bacia (Quadro 40).

QUADRO 40 - PARÂMETRO E POR SETOR - BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR.

SUB-BACIA	SETOR	ÍNDICE (t/ha/mm/h)	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO
Tagaçaba	1	1.325,57	Erosividade Excessiva	E ₅
	2	1.325,57	Erosividade Excessiva	E ₅
	3	1.325,57	Erosividade Excessiva	E ₅
Capivari	1	1.325,57	Erosividade Excessiva	E ₅
	2	1.325,57	Erosividade Excessiva	E ₅
	3	1.325,57	Erosividade Excessiva	E ₅
Potinga	1	1.325,57	Erosividade Excessiva	E ₅
	2	1.325,57	Erosividade Excessiva	E ₅
	3	1.325,57	Erosividade Excessiva	E ₅

O parâmetro E apresentou-se igual para todos os setores em função da influência da mesma estação pluviométrica para todos os setores. Ressalta-se,

porém que, apesar dessa igualdade, a distribuição dos índices hídricos se faz ao longo do ano, mas, com desigualdade entre as estações. Essa desigualdade é afetada, também, pelo relevo e declividade.

5.6 - POTENCIAL EROSIVO DOS SOLOS - PARÂMETRO PE

Para a determinação do parâmetro PE (potencial erosivo do solo), foram inter-relacionadas as seguintes informações: informações sobre declividade do terreno e tipos de solos, representadas nas cartas clinográfica e pedológica, respectivamente; geologia; geomorfologia e características físicas dos solos.

Com base nas classes de declividade do terreno adotadas e das propriedades físicas dos solos, foi elaborado a matriz de integração entre os índices de declividade e os de suscetibilidade a erosão.

Para a elaboração da referida matriz, os dados de declividade, das propriedades físicas do solo foram ordenados em ordem crescente de suscetibilidade à erosão, conforme Quadro 41.

As propriedades físicas do solo foram inferidas a partir da descrição das características físicas dos tipos de solo, portanto, no quadro, foram indicados os tipos de solos representando a síntese das referidas propriedades.

QUADRO 41 - MATRIZ DE IDENTIFICAÇÃO - DECLIVIDADE E TIPOS DE SOLO PARA A BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR

DECLIVIDADE		SOLOS	
CLASSES	Nº IDENTIFICAÇÃO	TIPOS*	Nº IDENTIFICAÇÃO
00 – 03%	1	LVa ₄	1
03 – 10%	2	PVa ₂₅	2
10 - 20%	3	Cd	3
20 – 45%	4	Ca ₁₅	4
+ de 45%	5	Ca ₁	5
		Hg ₃	6
		Sm	7
		AR ₂	8

* - Lva₄ - Latossolo Vermelho – Amarelo Álico; Pva₂₅ - Associação Podzólico Vermelho – Amarelo Álico + Solos Hidromórficos Gleysados Indiscriminados; Cd - Cambissolo Distrófico; Ca₁₅ - Cambissolo Álico + Latossolo Vermelho – Amarelo Álico; Ca₁ - Cambissolo Álico; HG₃ - Solos Hidromórficos Gleysados Indiscriminados; SM - Solos indiscriminados de Mangue + Solos Hidromórficos Gleysados Indiscriminados; AR₂ - Afloramentos de Rocha (granitos e quartzitos) + Solos Litólicos Álicos A.

Utilizando-se o programa *SPRING*, cruzou-se a carta clinográfica e a carta pedológica da bacia do rio Tagaçaba, mantendo-se o maior valor do *pixel* entre estas informações. Neste cruzamento, a base para a inter-relação foi a matriz de identificação. Este cruzamento resultou na Carta do Potencial Erosivo dos Solos da Bacia do rio Tagaçaba (Figura 16).

Os valores obtidos com este cruzamento, foram às classes de potencial erosivo dos solos para a bacia do rio Tagaçaba (Quadro 42).

QUADRO 42 - MATRIZ DE INTEGRAÇÃO ENTRE OS SUBÍNDICES DE DECLIVIDADE E SUSCETIBILIDADE DOS SOLOS À EROSÃO PARA A BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR.

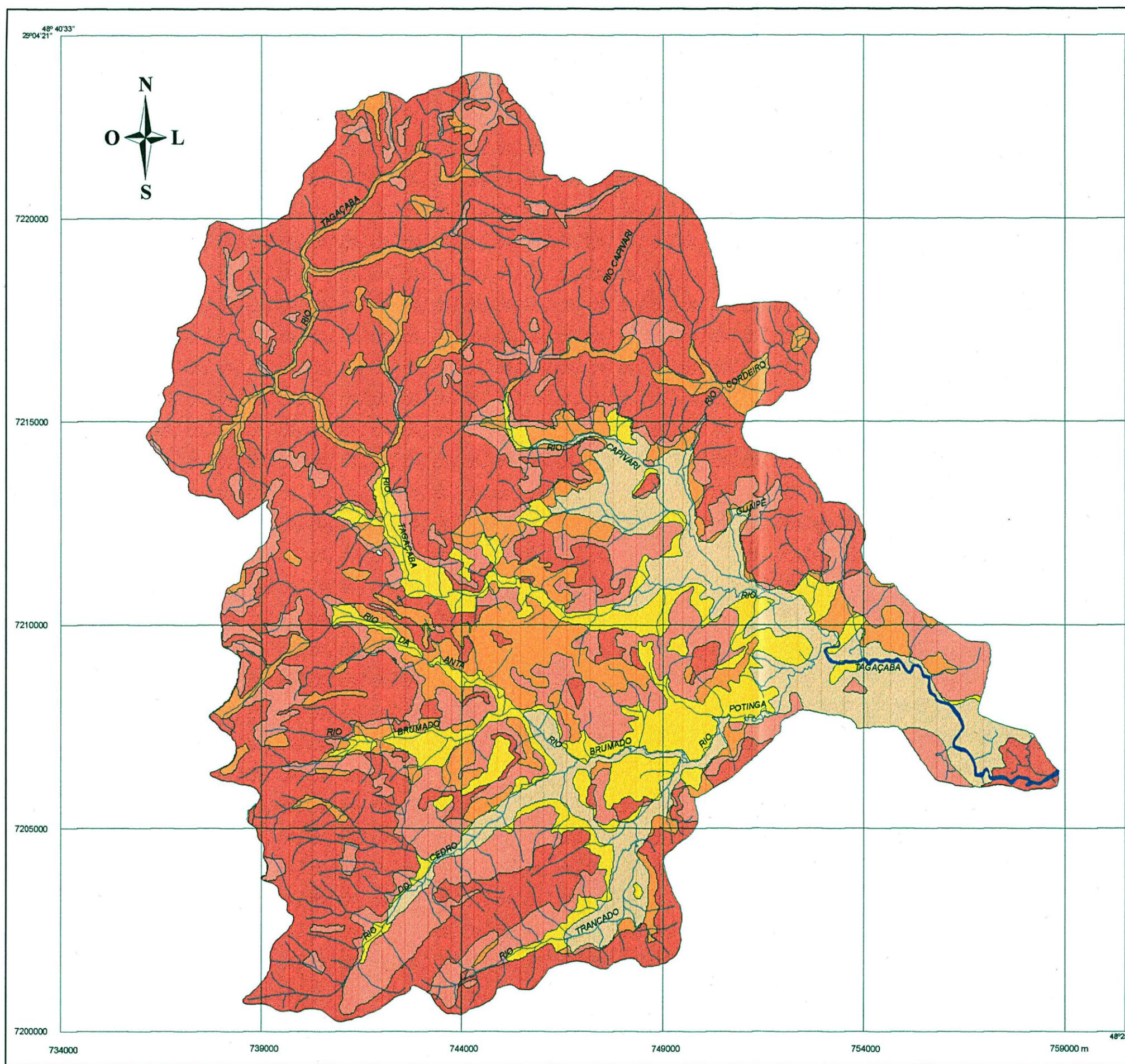
CLASSES	POTENCIAL EROSIVO	CRUZAMENTO INFORMAÇÕES: DECLIVIDADE E SOLOS*
1	Baixo	1-3
2	Baixo Moderado	1-1 ; 1-2 ; 1-4 ; 2-1 ; 2-2 ; 2-3 ; 2-4
3	Moderado	1-5 ; 2-5 ; 3-1 ; 3-3 ; 3-4
4	Alto	1-6 ; 1-8 ; 2-6 ; 2-8 ; 3-2 ; 3-5 ; 3-6 ; 3-7 ; 4-1 ; 4-3 ; 4-4 ; 4-6 ; 4-7 ; 5-3 ; 5-6 ; 5-7
5	Muito Alto	1-7 ; 2-7 ; 3-8 ; 4-2 ; 4-5 ; 4-8 ; 5-1 ; 5-2 ; 5-4 ; 5-5 ; 5-8

OBSERVAÇÃO: * primeiro dígito: declividade
segundo dígito: tipo de solo

A distribuição da participação das classes de potencial erosivo dos solos por setor na sub-bacia do rio Tagaçaba está representado no Quadro 43.

FIGURA 16

CARTA POTENCIAL EROSIVO DOS SOLOS DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR



Legenda

- Muito Alto
- Alto
- Moderado
- Baixo Moderado
- Baixo
- Drenagem

Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias



Fonte da Rede de Drenagem:
Cartas Topográficas em Escala 1:50000
- Antonina - IBGE (1992)
- Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
- Serra Negra - IBGE(1987)

QUADRO 43 - POTENCIAL EROSIVO DOS SOLOS DA SUB-BACIA DO RIO TAGAÇABA – BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

Classes de Potencial Erosivo	Setor1		Setor 2		Setor 3		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Baixo	1122,17	9,14	-	-	-	-	1122,17	9,14
Baixo Moderado	924,35	7,51	438,67	3,57	-	-	1363,02	11,08
Moderado	773,83	6,29	976,15	7,94	82,01	0,67	1831,99	14,90
Alto	1122,35	9,12	987,67	8,02	172,64	1,40	2282,66	18,54
Muito Alto	592,32	4,81	3899,51	31,30	1209,35	9,83	5701,18	45,94
TOTAL	4535,0	36,87	6302,0	51,23	1464,0	11,90	12.301,0	100,00

Total de cada classe: 5% de ajuste em função da tabulação por pixels.

Nessa sub-bacia, percebe-se a maior participação da classe de muito alto potencial erosivo dos solos, tendo o setor 2 como o principal.

A distribuição da participação das classes de potencial erosivo dos solos por setor na sub-bacia do rio Capivari está representado no Quadro 44.

QUADRO 44 - POTENCIAL EROSIVO DOS SOLOS DOS SETORES DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI – BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

Classes de Potencial Erosivo	Setor1		Setor 2		Setor 3		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Baixo	787,5	12,76	-	-	-	-	787,5	12,76
Baixo Moderado	228,24	3,70	-	-	-	-	228,24	3,70
Moderado	450,36	7,29	538,39	8,72	-	-	988,75	16,01
Alto	639,27	10,35	482,95	7,85	-	-	1.122,22	18,20
Muito Alto	303,63	4,92	1860,66	30,14	883,0	14,30	3.047,29	49,36
TOTAL	2409,0	39,02	2882,0	46,68	883,0	14,30	6.174,0	100,00

Total de cada classe: 5% de ajuste em função da tabulação por pixels.

Identifica-se, novamente, que a classe de muito alto potencial erosivo também predomina na sub-bacia do rio Capivari, tendo o setor 2 com o predominante.

No Quadro 45 apresenta-se a classes de potencial erosivo dos solos por setor na sub-bacia do rio Potinga.

QUADRO 45 - POTENCIAL EROSIVO DOS SOLOS DOS SETORES DA SUB-BACIA DO RIO POTINGA – BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR

Classes de Potencial Erosivo	Setor1		Setor 2		Setor 3		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Baixo	1049,59	9,76	-	-	-	-	1.049,59	9,76
Baixo Moderado	1366,39	12,70	358,54	3,33	267,91	2,49	1.992,84	18,52
Moderado	560,26	5,21	727,63	6,76	414,07	3,85	1.701,96	15,82
Alto	927,64	8,63	1559,68	14,50	670,75	6,23	3.158,07	29,36
Muito Alto	294,13	2,72	1204,15	11,18	1357,27	12,62	2.855,55	26,52
TOTAL	4198,0	39,02	3850,0	35,79	2710,0	25,19	10.758,0	100,00

Total de cada classe: 5% de ajuste em função da tabulação por pixels.

Nessa sub-bacia há um relativo equilíbrio na participação das classes de alto e muito alto potencial erosivo, sendo que o setor 2 apresenta-se com maior predomínio em ambas as classes.

No Quadro 46 estão representadas, em síntese, as classes de uso atual do solo nas sub-bacias da bacia do rio Tagaçaba.

QUADRO 46 - POTENCIAL EROSIVO DO SOLO NAS SUB-BACIAS DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

Classes de Potencial Erosivo	Sub-bacia Tagaçaba		Sub-bacia Capivari		Sub-bacia Potinga		Bacia do rio Tagaçaba		
	ha	%	ha	%	ha	%	Km ²	ha	%
Baixo	1122,17	03,84	787,5	02,69	1049,59	03,59	29,59	2.959,26	10,12
Baixo Moderado	1363,02	04,66	228,24	00,79	1992,84	06,82	35,84	3.584,10	12,27
Moderado	1831,99	06,27	988,75	03,38	1701,96	05,82	45,22	4.522,7	15,47
Alto	2282,66	07,80	1122,22	03,84	3158,07	10,80	65,61	6.562,95	22,44
Muito Alto	5701,18	19,51	3047,29	10,43	2855,55	09,77	116,07	11.604,24	39,70
TOTAL	12.301,0	42,08	6.174,0	21,12	10.758,0	36,80	292,33	29233,0	100,0

Total de cada classe: 5% de ajuste em função da tabulação por pixels.

Segue uma descrição mais detalhada das classes de potencial erosivo dos solos:

Classe 1 – Solos com baixo potencial erosivo: áreas com relevo ondulado, com predomínio de declive de até 03%. Ocorrem apenas nos setores 1 das sub-bacias, estando próximos aos vales fluviais e nos topos arredondados, representando 10,12% (2.959,26 ha) do total da bacia do rio Tagaçaba. A sub-bacia do rio Tagaçaba apresenta a maior participação (em área) dessa classe (1.122,17 hectares). O solo que apresenta baixo potencial erosivo é Cd. Eventual erosão poderá ser controlada por práticas simples de manejo (cultivo em curvas de nível, cordões de vegetação, rotação de culturas, etc). Sem práticas conservacionistas poderão perder-se 25% da camada superficial num período de 10 a 20 anos (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985:193).

Classe 2 - Solos com baixo moderado potencial erosivo: áreas com declive de até a 10%, podendo apresentar algumas inclusões abaixo de 3%. Corresponde a 12,27% (3.584,1 ha) da bacia, sendo representativa no setor 1 da sub-bacia do rio Potinga, com 1.366,39 ha (5,22 %) do total da área da sub-bacia. Apenas nos setores 3 da sub-bacia do rio Tagaçaba, 2 e 3 da sub-bacia do rio Capivari não está presente. Para controlar a erosão, torna-se necessário à adoção de práticas conservacionistas intensivas desde o início do uso agrícola (plantio em nível, culturas em faixas, rotação de culturas, terraços de base larga em nível, plantio direto sem aração). Abrange os solos: LVa₄, PVa₂₅, Ca₁₅, e Cd. Sem práticas

conservacionistas, pode-se perder de 25 a 75% de camada superficial em 10 a 20 anos (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985:193).

Classe 3 - Solos com moderado potencial erosivo: ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado, com declividade variada, de até 20%. Compreende 15,47% da área da bacia do rio Tagaçaba, não estando presente apenas no setor 3 da sub-bacia do rio Capivari. Apesar de ocupar uma pequena parte da bacia, torna-se preocupante pois a proteção e controle são difíceis e dispendiosos. No caso de serem utilizados na agricultura, a erosão danificará rapidamente os solos. Abrange todas as classes de solo.

Classe 4 – Solos com alto potencial erosivo: ocorrem em áreas com declividade variada, de até acima de 45% mas, com predomínio entre 10% e 45% . Corresponde a 22,44% (6.562,95 ha) da área total da bacia do rio Tagaçaba. Na sub-bacia do rio Tagaçaba, predomina no setor 1. Abrange todas as classes de solos.

Classe 5: Solos com potencial erosivo muito alto: áreas com relevo montanhoso a escarpado, com declives variados mas, com predomínio de acima de 45%. Corresponde a 39,70% (11.604,24 ha) da área da bacia, representando a classe de maior predomínio. Predomina, também, nos setores 2 e 3 da sub-bacia do rio Tagaçaba; setor 2 da sub-bacia do rio Capivari e setor 3 da sub-bacia do rio Potinga. Os solos desta classe não devem ser usados para agricultura, pois podem ser completamente erodidos em poucos anos. Estas áreas devem ser preservadas permanentemente por matas nativas. As áreas desmatadas e/ou em uso inadequado, devem ser recuperadas por meio de reflorestamentos com espécies nativas.

Sabe-se que, dentro de cada classe, ainda há uma variação para mais ou para menos.

Para que este parâmetro faça parte da fórmula descritiva, é preciso que ele corresponda a um símbolo com subíndice representativo desse potencial. Tendo em vista a variabilidade da suscetibilidade à erosão em cada classe, decidiu-se utilizar uma variação para mais e para menos em cada classe (Quadro 47).

QUADRO 47 - ESCALONAMENTO DO POTENCIAL EROSIVO DOS SOLOS DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR, QUALIFICAÇÃO E SÍMBOLO

POTENCIAL EROSIVO (QUALIFICAÇÃO)	SÍMBOLO	SUBÍNDICE (*)
Baixo	PE ₁	0.00 - 0.1
Baixo moderado	PE ₂	0.11 - 0.2
Moderado baixo	PE ₃	0.21 - 0.3
Moderado	PE ₄	0.31 - 0.4
Moderado alto	PE ₅	0.41 - 0.5
Alto moderado	PE ₆	0.51 - 0.6
Alto	PE ₇	0.61 - 0.7
Alto muito alto	PE ₈	0.71 - 0.8
Muito alto alto	PE ₉	0.81 - 0.9
Muito alto	PE ₁₀	0.91 - 1.0

(*) – para os subíndices definiu-se o potencial erosivo baixo como sendo zero (0) e o potencial erosivo alto como 1 (um). De acordo com as 10 subclasses, estabeleceu-se 10 intervalos ou faixas de potencial erosivo dos solos.

Para o cálculo do índice de potencial erosivo dos solos de cada setor, procedeu-se da seguinte maneira (Quadro 48):

- na coluna (1), resultado transferido dos QUADROS 43, 44 e 45;
- na coluna (2), índices médios com base no QUADRO 47;
- na coluna (3), produtos dos valores das colunas (1) e (2);
- para cada setor, somou-se o valor das colunas (1) e (3);
- para cada setor, dividiu-se o valor da somatória das colunas (3) e (1), para obter o índice do potencial erosivo dos solos.

QUADRO 48 - CÁLCULO DO POTENCIAL EROSIVO DOS SOLOS POR SETOR DA BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR

SETOR	COBERTURA	(1) ÁREA ha	(2) ÍNDICE DE PROTEÇÃO	(3) SUPERFÍCIE E REDUZIDA	ÍNDICE DE PROTEÇÃO TOTAL DO SETOR
SUB-BACIA DO RIO TAGAÇABA					
1	Baixo	1122,17	0,1	112,217	
	Baixo Moderado	924,35	0,15	138,66	
	Moderado	773,83	0,4	309,58	
	Alto	1122,35	0,7	785,65	
	Muito Alto	592,32	0,95	562,71	
TOTAL		4.535,0		1.908,9	0,42
2	Baixo Moderado	438,67	0,15	65,81	
	Moderado	976,15	0,4	390,46	
	Alto	987,67	0,7	691,37	
	Muito Alto	3899,51	0,95	3704,54	
TOTAL		6.302,0		4.793,18	0,76
3	Moderado	82,01	0,4	32,81	
	Alto	172,64	0,7	120,85	
	Muito Alto	1209,35	0,95	1148,89	
TOTAL		1.464,0		1.302,55	0,89
SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI					
1	Baixo	787,5	0,1	78,75	
	Baixo Moderado	228,24	0,15	34,24	
	Moderado	450,36	0,4	180,15	
	Alto	639,27	0,7	447,49	
	Muito Alto	303,63	0,95	288,45	
TOTAL		2.409,0		1.029,08	0,43
2	Moderado	538,39	0,4	215,36	
	Alto	482,95	0,7	338,07	
	Muito Alto	1860,66	0,95	1767,63	
TOTAL		2.882,0		2.231,06	0,81
3	Muito Alto	883,0	0,95	838,85	
TOTAL		883,0		838,85	0,95
SUB-BACIA DO RIO POTINGA					
1	Baixo	1049,59	0,1	104,96	
	Baixo Moderado	1366,39	0,15	204,96	
	Moderado	560,26	0,4	224,10	
	Alto	927,64	0,7	649,35	
	Muito Alto	294,13	0,95	279,43	
TOTAL		4.198,0		1.462,8	0,35
2	Baixo Moderado	358,54	0,15	53,78	
	Moderado	727,63	0,4	291,06	
	Alto	1559,68	0,7	1091,18	
	Muito Alto	1204,15	0,95	1143,95	
TOTAL		3.850,0		2.579,97	0,67
3	Baixo Moderado	267,91	0,15	40,19	
	Moderado	414,07	0,4	165,63	
	Alto	670,75	0,7	469,53	
	Muito Alto	1357,27	0,95	1289,41	
TOTAL		2.710,0		1.964,76	0,73

No Quadro 49, estão resumidos os índices e símbolos do potencial erosivo dos solos encontrados para cada setor da bacia do rio Tagaçaba.

QUADRO 49 - PARÂMETRO PE POR SETOR - BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR.

SUB-BACIA	SETOR	ÍNDICE DE PROTEÇÃO	SÍMBOLO
Tagaçaba	1	0,42	PE ₅
	2	0,76	PE ₈
	3	0,89	PE ₉
Capivari	1	0,43	PE ₅
	2	0,81	PE ₉
	3	0,95	PE ₁₀
Potinga	1	0,35	PE ₄
	2	0,67	PE ₇
	3	0,73	PE ₈

Na sub-bacia do rio Tagaçaba, o setor 3 apresenta o índice mais alto com 0,89 (PE₉ - muito alto alto). O setor 3 da sub-bacia do rio Potinga também apresenta o valor mais alto (para essa sub-bacia), de 0,73 (PE₈ – alto muito alto). O setor 3 da sub-bacia do rio Capivari apresenta o valor mais alto para toda a bacia do rio Tagaçaba, com 0,95 (PE₁₀ – muito alto potencial erosivo do solo).

Cada solo tem um comportamento diferente frente à erosão, alguns erodem mais que outros, mesmo que a chuva, declividade, cobertura vegetal e técnicas conservacionistas sejam as mesmas. Esse comportamento diferenciado advém das características dos solos, sendo denominado de erodibilidade do solo.

5.7 - DENSIDADE DE DRENAGEM - PARÂMETRO DD

A densidade de drenagem para Christofolletti (1980: 116) repercute o comportamento hidrológico das rochas em um mesmo ambiente climático. Nas rochas onde a infiltração é baixa, há melhores condições para o escoamento

superficial, gerando possibilidades para a esculturação de canais, como entre as rochas de granulação fina, caracterizando elevada densidade de drenagem. O contrário ocorre com as rochas de granulação grossa.

Tem relação inversa com os comprimentos dos rios pois, à medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais da bacia.

Com base na classificação apresentada no Quadro 07 - Classificação da Densidade de Drenagem – Parâmetro DD (página 28), foi elaborado o Quadro 50, que apresenta a classificação para valores de densidade de drenagem dos setores da bacia do rio Tagaçaba e respectiva simbologia representativa.

QUADRO 50 - PARÂMETRO DD POR SETOR - BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

MICROBACIA	SETOR	Dd (Km/Km²)	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO
Tagaçaba	1	2,14	Alta	DD ₃
	2	1,73	Mediana	DD ₂
	3	1,16	Mediana	DD ₂
Capivari	1	2,50	Alta	DD ₃
	2	1,88	Mediana	DD ₂
	3	1,52	Mediana	DD ₂
Potinga	1	1,98	Mediana	DD ₂
	2	1,43	Mediana	DD ₂
	3	1,38	Mediana	DD ₂

Observa-se que, nos setores 1 das sub-bacias dos rios Tagaçaba e Capivari, encontra-se as densidades de drenagem mais altas. Nestes setores encontram-se uma quantidade menor de rios mas, são mais longos, com um fluxo hídrico mais significativo. Esse fato é respaldado pela proximidade do lençol freático em relação à superfície.

5.8 - BALANÇO HÍDRICO - PARÂMETRO BH

O balanço hídrico é parâmetro de fundamental importância para o diagnóstico físico-conservacionista, pois desequilíbrios em seu comportamento poderão causar danos irreversíveis sobre os recursos naturais (BELTRAME, 1990: 72).

A análise desses dados torna-se necessária no estudo ambiental e deve-se considerar e analisá-los juntamente com os demais elementos, principalmente com a vegetação que, em muitos casos, é um agente detentor de erosão dos solos, o que dificulta a atividade de escoamento superficial e facilita a infiltração de água.

Após o cálculo do balanço hídrico foi encontrado o parâmetro BH para os setores. Como a estação pluviométrica de maior influência na bacia é a Estação de Tagaçaba e em função de haver meses sem fornecimento de dados, optou-se para indicação do excedente hídrico médio do período de obtenção de dados, que é de 1.120,66 mm/ano e, deficiência hídrica média, de 9,75 mm/ano. Em relação aos dados do Posto Passo do Vau, não foram utilizados para definição desse parâmetro, por não haver dados de temperatura, o que é necessário para o cálculo do balanço hídrico.

No Estado do Paraná não há uma qualificação dos balanços hídricos. Há uma maior ocorrência de estudos isolados, mas sem finalidade de estruturar uma classificação estadual.

Assim, tendo em vista as características climáticas da região em estudo e a bibliografia utilizada, onde há um consenso em caracterizar este excedente hídrico de 1.120,66 mm como alto, decidiu-se utilizar a mesma simbologia apresentada no Quadro 08 - Classificação Qualitativa dos Valores do Balanço Hídrico e respectivos Símbolos para Santa Catarina (página 30).

Assim, foi elaborada a classificação do balanço hídrico para os setores das sub-bacias pertencentes à bacia do rio Tagaçaba (Quadro 51).

QUADRO 51 - PARÂMETRO BH POR SETOR - BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR

SUB-BACIA	SETOR	EXCEDENTE (mm)	DÉFICIT (mm)	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO
Tagaçaba	1	1,120,66	9,75	Alta	BH ₂
	2	1,120,66	9,75	Alta	BH ₂
	3	1,120,66	9,75	Alta	BH ₂
Capivari	1	1,120,66	9,75	Alta	BH ₂
	2	1,120,66	9,75	Alta	BH ₂
	3	1,120,66	9,75	Alta	BH ₂
Potinga	1	1,120,66	9,75	Alta	BH ₂
	2	1,120,66	9,75	Alta	BH ₂
	3	1,120,66	9,75	Alta	BH ₂

A igualdade dos resultados dos setores refere-se ao fato de ter-se tomado por base dados de uma só estação meteorológica, que possui a maior influência na bacia em estudo.

Ressalta-se que, para uma melhor diagnose físico-conservacionista de uma bacia hidrográfica, é necessária uma classificação estadual de balanço hídrico para chegar-se, o mais próximo possível do real estado ambiental da área. Para este estudo, optou-se em não desenvolver uma classificação hídrica para o Estado do Paraná, pois este procedimento exige conhecimentos específicos e um número representativo de localidades, o que está totalmente fora dos objetivos que norteiam esta tese.

5.9 - VALOR DO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DA BACIA DO RIO TAGAÇABA

A partir dos parâmetros determinados neste capítulo, utilizou-se a fórmula descritiva, adaptando-se os índices de cada parâmetro para a bacia do rio Tagaçaba:

$$E(f): CO_a CA_b DM_c E_d PE_e DD_f BH_g$$

Onde:

$E(f)$ é o estado físico-conservacionista do setor, que é proporcional aos parâmetros:

CO: grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a atual; "a" é o índice específico do parâmetro, que varia de 1 (altamente semelhante) a 5 (nenhuma semelhança).

CA: proteção da cobertura vegetal atual ao solo; "b" é o índice específico do parâmetro, que varia entre 1 (proteção máxima) e 7 (nenhuma proteção).

DM: declividade média; "c" é o índice específico deste parâmetro, que varia entre 1 (relevo plano) e 5 (montanhoso à escarpado).

E: erosividade pela chuva; "d" é o índice específico do setor, que varia entre 1 (erosão débil) e 5 (erosão excessiva).

PE: potencial erosivo dos solos; "e" é o índice específico do parâmetro, que varia de 1 (baixo) a 10 (muito alto).

DD: densidade de drenagem; "f" é o índice específico do parâmetro, que varia de 1 (baixa) a 4 (muito alta).

BH: balanço hídrico; "g" é o índice específico do parâmetro, que varia de 1 (muito alto) e 4 (baixo).

Os resultados dos respectivos índices de cada parâmetro nos setores da bacia do rio Tagaçaba, estão sintetizados no QUADRO 52.

QUADRO 52 - SÍNTESE DOS VALORES DE E(f) PARA OS SETORES - BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR

PARÂMETRO	Tagaçaba			Capivari			Potinga		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Cobertura Vegetal Original	CO ₂	CO ₁	CO ₂	CO ₁	CO ₁				
Cobertura Vegetal Atual	CA ₃	CA ₁	CA ₁	CA ₂	CA ₁	CA ₁	CA ₃	CA ₂	CA ₁
Declividade Média	DM ₃	DM ₄	DM ₄	DM ₄	DM ₄	DM ₅	DM ₃	DM ₄	DM ₄
Erosividade da Chuva	E ₅	E ₅	E ₅	E ₅					
Potencial Erosivo dos Solos	PE ₅	PE ₈	PE ₉	PE ₅	PE ₉	PE ₁₀	PE ₄	PE ₇	PE ₈
Densidade de Drenagem	DD ₃	DD ₂	DD ₂	DD ₃	DD ₂	DD ₂	DD ₂	DD ₂	DD ₂
Balanço Hídrico	BH ₂	BH ₂	BH ₂	BH ₂					
SOMATÓRIA	23	23	24	22	24	26	21	23	23

Para a obtenção das unidades de risco de degradação física (objetivo do DFC) dos setores das sub-bacias pertencentes a bacia do rio Tagaçaba, foi utilizado (como sugere a metodologia do DFC) a equação da reta.

De acordo com as classificações utilizadas e/ou elaboradas, o valor mínimo possível de ser obtido na fórmula descritiva é 7 (somatório de todos os índices iguais a 1), o que representa o melhor estado físico-conservacionista de que o setor poderia apresentar; o valor máximo possível de se obter na fórmula descritiva para a

bacia do rio Tagaçaba é 40 (somatória de todos os índices com valores máximos), o que representa o pior estado físico-conservacionista que o setor poderia apresentar. Com estes valores mínimo de 7 e máximo de 40, tem-se o ângulo de inclinação da reta. Plotando-se os valores nos eixos cartesianos, obtém-se os índices de degradação ambientais dos setores (Figura 17).

Para uma maior precisão e/ou confirmação, pode-se utilizar a equação da reta:

$$y = ax + b$$

$$\text{Se } y = 0$$

$$x = 7$$

$$7a + b = 0$$

$$40a + b - 100 = 0$$

$$\underline{7a + b = 0} \quad (-1)$$

$$33a - 100 = 0$$

$$a = 3,03 \quad \text{e} \quad b = 21,21$$

$$\text{Se } y = 100$$

$$x = 40$$

$$40a + b - 100 = 0$$

Portanto, a equação da reta será:

$$y = 3,03x - 21,21$$

Microbacia do rio Tagaçaba:

$$\text{Setor 1: } y = 3,03 \times 23 - 21,21 \quad y = 48$$

$$\text{Setor 2: } y = 3,03 \times 23 - 21,21 \quad y = 48$$

$$\text{Setor 3: } y = 3,03 \times 24 - 21,21 \quad y = 52$$

Microbacia do Rio Capivari:

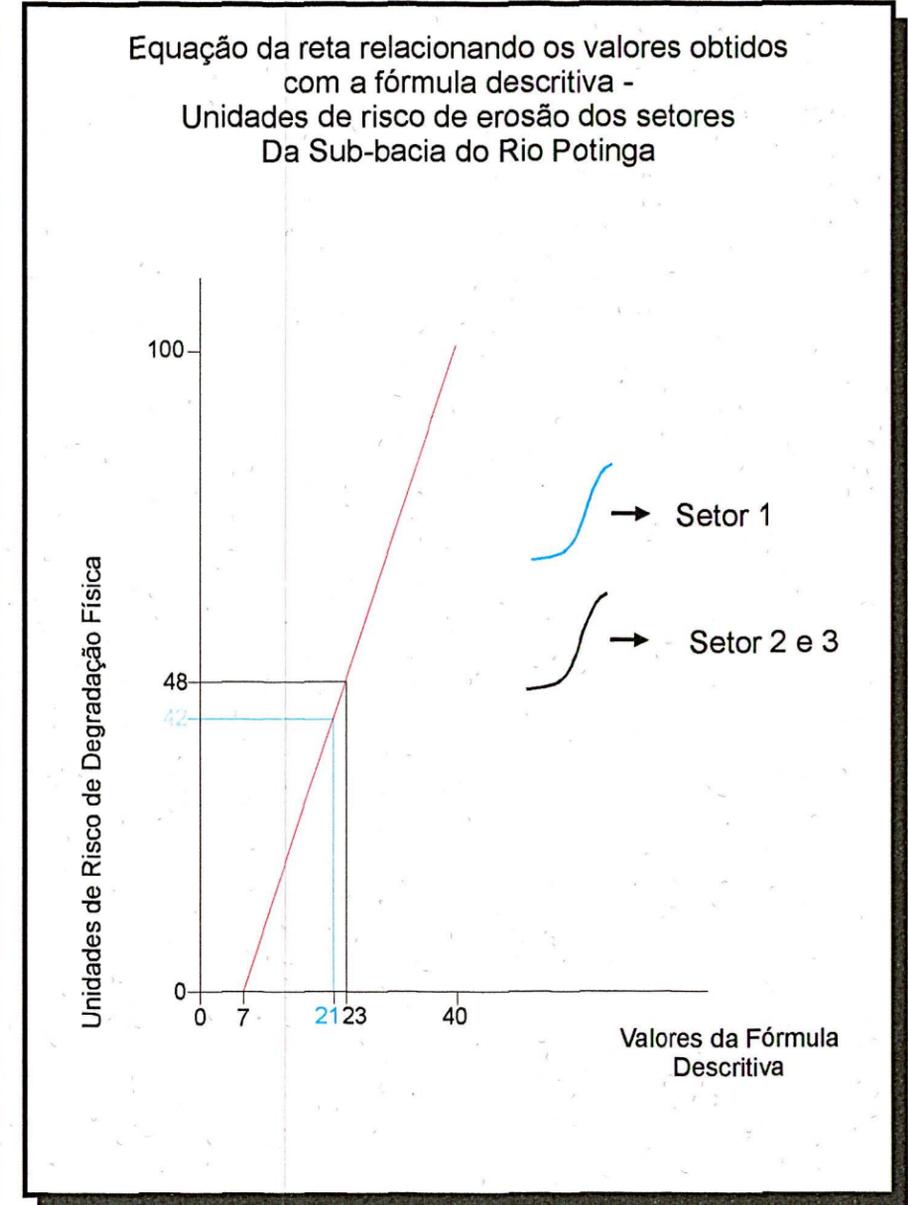
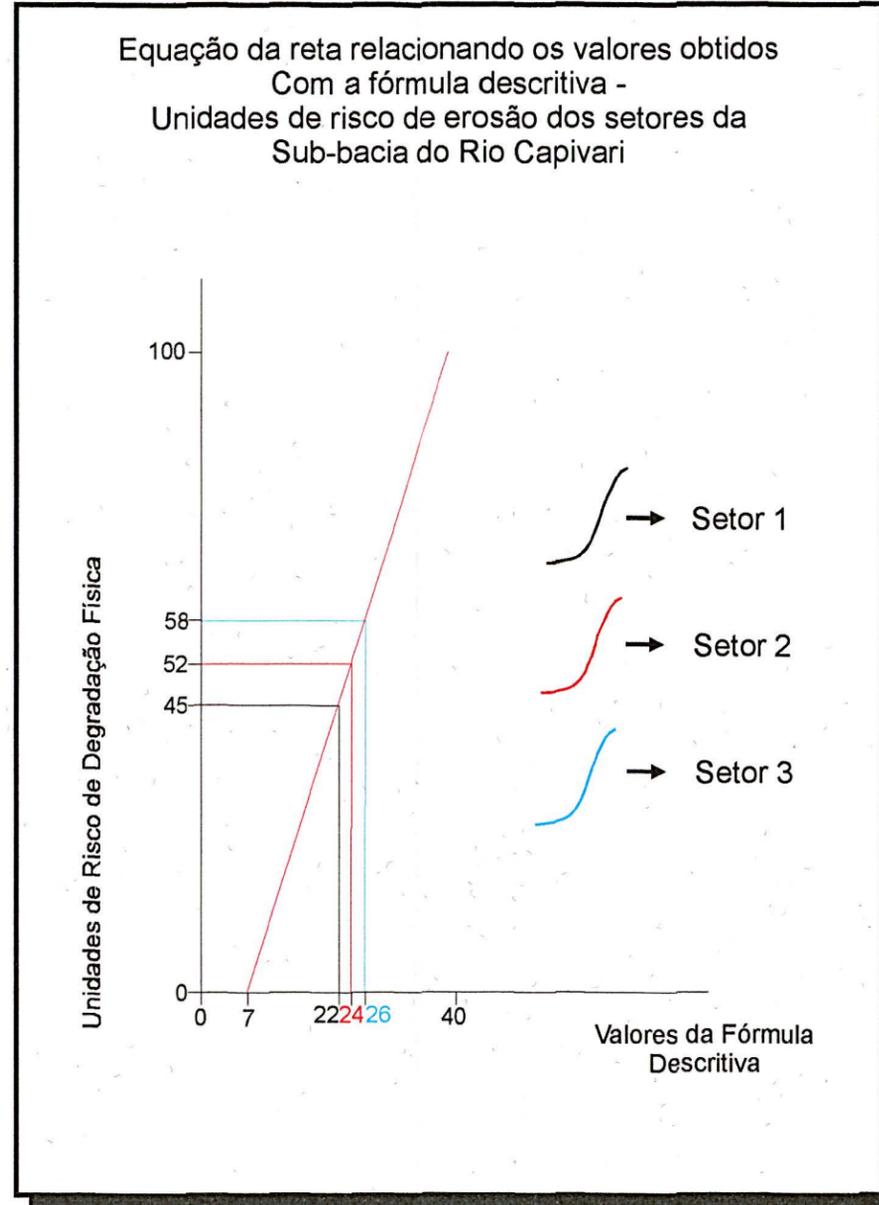
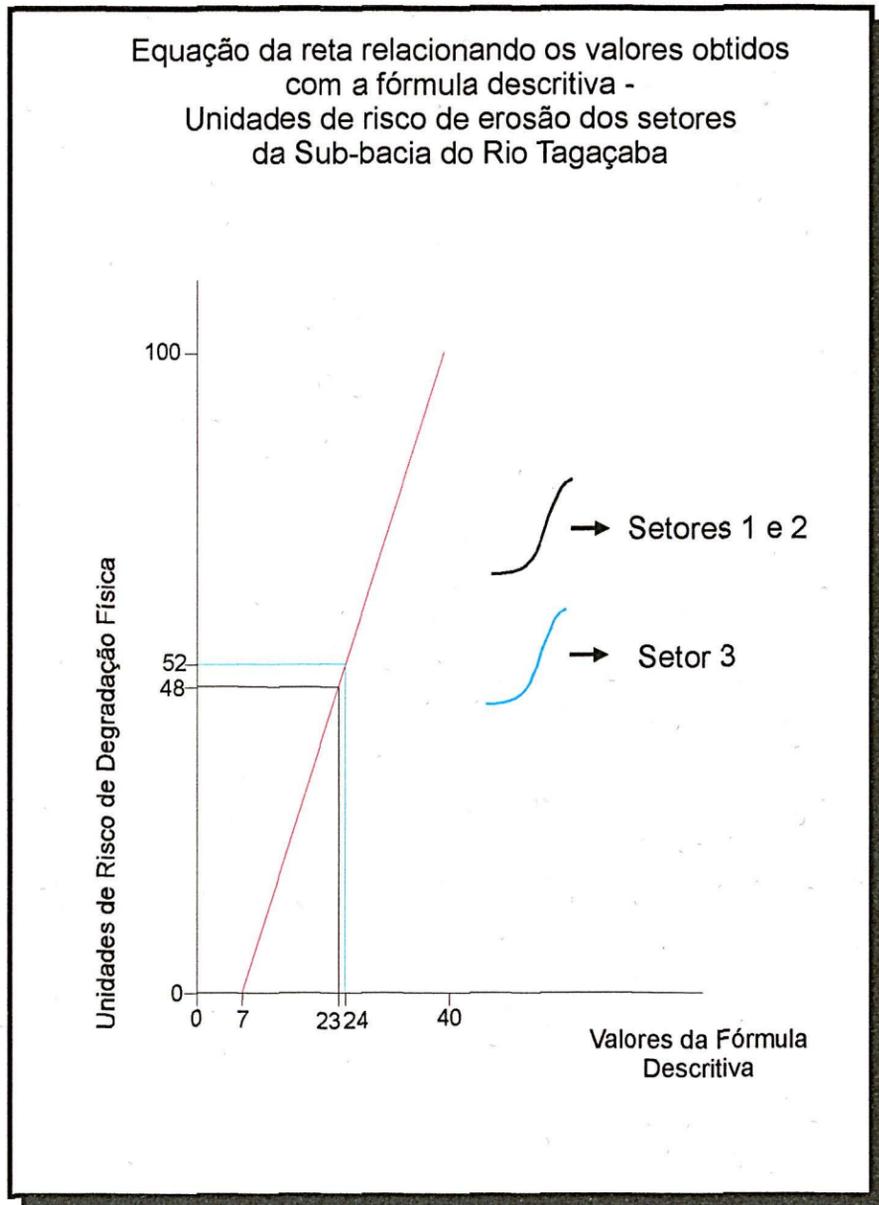
$$\text{Setor 1: } y = 3,03 \times 22 - 21,21 \quad y = 45$$

$$\text{Setor 2: } y = 3,03 \times 24 - 21,21 \quad y = 52$$

$$\text{Setor 3: } y = 3,03 \times 26 - 21,21 \quad y = 58$$

ÍNDICE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DOS SETORES DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

FIGURA 17



Microbacia do Rio Potinga:

Setor 1: $y = 3,03 \times 21 - 21,21$ $y = 42$

Setor 2: $y = 3,03 \times 23 - 21,21$ $y = 48$

Setor 3: $y = 3,03 \times 23 - 21,21$ $y = 48$

Assim, finalmente, no Quadro 53, apresenta-se a unidade de risco de erosão dos setores da bacia do rio Tagaçaba.

QUADRO 53 - UNIDADES DE RISCO DE EROSÃO DOS SETORES DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

Sub-bacias	Setores	Unidades de Risco de Erosão (0 – 100)
Tagaçaba	1	45
	2	49
	3	45
Capivari	1	43
	2	37
	3	55
Potinga	1	49
	2	45
	3	45

5.10 - ESTADO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO TAGAÇABA

Com base nos resultados obtidos, quantificou-se o potencial de degradação física de cada setor das sub-bacias que compõem a bacia do rio Tagaçaba.

Observa-se que o estado físico-conservacionista da bacia do rio Tagaçaba não é bom, pois as unidades de risco de erosão dos setores são significativas. O setor com maior unidade de risco de erosão é o 3 da sub-bacia do rio Capivari, com

58 e, o setor com menor unidade é o 1 da sub-bacia do rio Potinga, com 42 (diferença de 16 unidades críticas). Numa escala que varia de 0 a 100, todas as unidades são representativas.

Interessante observar que, se comparados os parâmetros entre os setores, apresentaram-se semelhantes e, em alguns casos os mesmos (E e BH). Os parâmetros E e BH são iguais em função da influência da mesma estação (Guaraqueçaba) para todos os setores.

Os parâmetros com índices distintos foram:

Cobertura Vegetal Original (CO): a cobertura vegetal apresenta-se bem preservada em toda a bacia do rio Tagaçaba, pois 86,83% da área da bacia está presente a Floresta Ombrófila Densa. Neste percentual fazem parte a Floresta Ombrófila Densa Altomontana, a Montana, a Submontana e a de Terras Baixas.

A inclusão da subdivisão de Terras Baixas nesse percentual, é em função da sua preservação. O seu índice de preservação é mais baixo que as demais subdivisões, tendo em vista as influências recebidas durante o processo de ocupação da bacia. Mas, apesar dessas influências antrópicas, o ambiente encontra-se preservado e/ou em regeneração.

Dos setores analisados, somente dois, o setor 1 da sub-bacia do Tagaçaba e o setor 1 da sub-bacia do Potinga, apresentaram-se altamente semelhante com a cobertura vegetal original, sendo que os demais apresentaram-se semelhante.

A agricultura ocorre principalmente ao longo das rodovias, PR-404 e secundárias e nas comunidades de Bromado/Potinga, Tagaçaba – Porto e Tagaçaba de Cima.

A prática pode ser considerada como de subsistência, com baixa produtividade, com exceção do cultivo da banana (1,17% da área da bacia). Além do cultivo da banana, a agricultura representa 0,64% da área de estudo, concentrando-se no baixo curso do rio Tagaçaba.

O cultivo da banana é a principal atividade agrícola da bacia do rio Tagaçaba, ocupando uma área maior que os demais produtos, localizando-se em várzeas drenadas ou onde não há problemas de alagamento. Pode ser cultivada nas encostas, com declividade inferior a 45%. A grande maioria dos produtores é considerada pequenos proprietários. A produção é rudimentar, com a área sendo ocupada para essa finalidade, com 3 a 4 roçadas anuais.

De maneira geral, os produtores agrícolas não utilizam técnicas conservacionistas. Abandonam a terra por um período de 3 a 4 anos após intenso uso, quando o solo já apresenta sinais de baixa fertilidade. Nesse período de abandono, a vegetação se regenera, havendo o predomínio de espécies que possuem um rápido crescimento, formando as capoeiras. Essas capoeiras são derrubadas e queimadas, iniciando uma nova fase de exploração (IPARDES, 1995: 93).

As áreas de pastagens incluem plantio de pastos e pastos naturais, formados pela regeneração natural após abandono de áreas já utilizadas. Estão presentes em 2,31% da área da bacia do rio Tagaçaba.

Cobertura Vegetal Atual (CA): a cobertura vegetal é o “escudo”, isto é, a defesa natural da superfície contra os processos erosivos. Essa “defesa natural” está sendo preservada na área de estudo, principalmente, após a criação da APA de Guaraqueçaba, pelo Decreto n.º 90.883/85.

Dos nove setores das sub-bacias estudadas, cinco apresentam proteção máxima ao solo e, apenas dois apresentam proteção mais baixa. Essa proteção “mais baixa” não se refere à proteção mínima. Para a bacia do rio Tagaçaba, os índices de proteção vão de 1 (proteção máxima) a 7 (nenhuma proteção). Esses dois setores que apresentam proteção “mais baixa” referem-se ao índice 3, o que confere ao ambiente uma boa proteção.

O setor 1 da sub-bacia do rio Potinga apresenta o menor índice de proteção, com 0,68. Em uma escala que varia de zero (0) a um (1), esse índice é representativo, (Quadro 29 - Uso Atual do Solo nas Sub-bacias da Bacia do Rio Tagaçaba, página 112).

Declividade Média (DM): este parâmetro caracteriza o relevo dos setores da bacia. O relevo da bacia do rio Tagaçaba apresenta-se de ondulado à montanhoso/escarpado. Mesmo nos setores que representam os baixos cursos dos principais rios que compõem a bacia, o relevo apresenta-se ondulado. Isso é decorrente, possivelmente, do trabalho dos tipos climáticos sobre a estrutura litológica.

Nas regiões acima de 700 metros de altitude, o clima predominante é o Cfb que, atuando sobre as rochas de textura fina, coerentes e resistentes (quartzitos, micaxistos, migmatitos, microgranitos intrusivos e granito intrusivo Rio Pardinho), caracterizaram um relevo mais proeminente, sendo identificado como relevo forte ondulado e montanhoso a escarpado.

Nas áreas mais baixas, o clima predominante é o Af, que atua sobre as rochas do Quaternário, sendo que o relevo resultado foi influenciado pelos diferentes níveis de base decorrentes das flutuações do nível do mar, caracterizando-o como ondulado.

Potencial Erosivo dos Solos (PE): é resultado de dados de declividade, pedologia, geologia, geomorfologia e características físicas dos solos. Para a caracterização das classes de potencial erosivo do solo, tomou-se por base a textura dos solos e o comportamento destes diante da declividade e geomorfologia.

O setor 3 da sub-bacia do rio Capivari apresentou o maior índice de potencial erosivo dos solos, que foi 10. O setor 1 da sub-bacia do rio Potinga apresentou o menor índice, que foi 4.

Em uma escala que varia de 1 a 10, para a bacia do rio Tagaçaba, os solos apresentam potencial erosivo significativo, pois a grande parte dos setores estão encaixados nas definições de moderado até muito alto (Quadro 41 – Matriz de Identificação – Declividade e Tipos de Solos para a Bacia do Rio Tagaçaba, página 125).

O potencial erosivo do solo refere-se à característica de "ser" erodível, não significando, necessariamente, que a erosão já esteja ocorrendo. Havendo uma alteração na forma de utilização daquele espaço, o solo poderá sofrer um processo erosivo rapidamente. Quanto maior for o índice, maior será essa possibilidade.

Densidade de drenagem: reflete o comportamento hidrológico das rochas em um mesmo ambiente climático. Tem relação inversa com os comprimentos dos rios pois, à medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais da bacia.

Na bacia do rio Tagaçaba, predomina a densidade mediana, representando 0,50 à 2,00 Km/Km² de área. Somente os setores 1 das sub-bacias Tagaçaba e Capivari, apresentam índice de alta densidade de drenagem.

Representa o grau de dissecação topográfica. Onde a densidade de drenagem é baixa, a presença de rios é menor, pois os solos são mais permeáveis, ocorrendo o predomínio da infiltração sobre o escoamento superficial. Onde a densidade de drenagem é mais alta, há maior número de rios, pois os solos são mais impermeáveis, ocorrendo o predomínio do escoamento superficial sobre a infiltração.

Para uma melhor compreensão e visualização da situação ambiental da área em estudo, correlacionou-se a Carta de Uso Atual do Solo da Bacia do Rio Tagaçaba (Figura 09, página 84) e a Carta de Potencial Erosivo dos Solos da bacia do Rio Tagaçaba (Figura 16, página 129).

Esta correlação foi feita através da sobreposição, utilizando o programa *Spring*, onde se detectou situações de conflito de sobre-utilização e sub-utilização do solo, em função das diferentes classes de capacidade de uso (Figura 18).

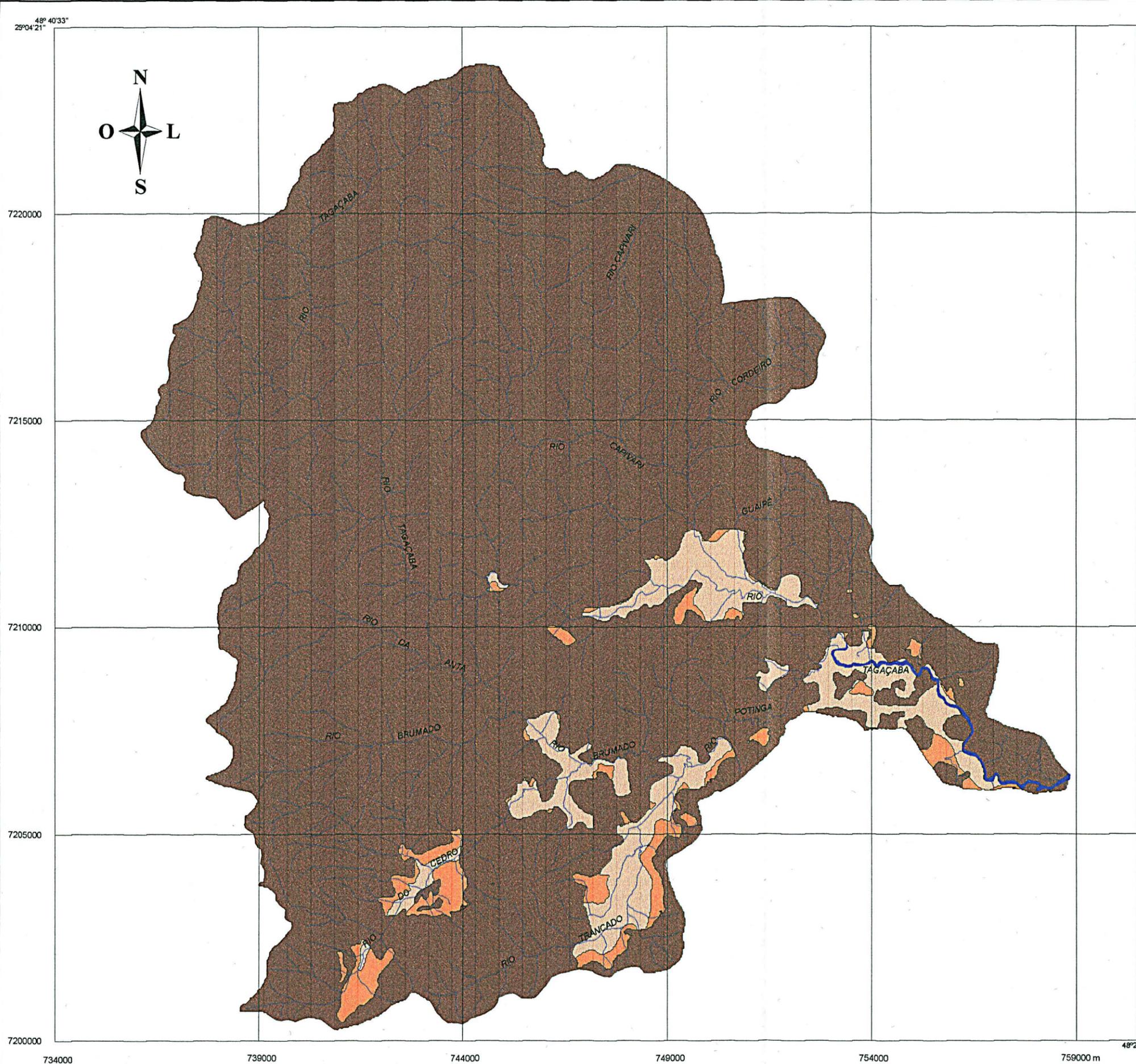
Foi considerado como sobre-utilização as áreas com usos que ultrapassam a capacidade do ambiente, com alta possibilidade de degradação física do solo. Como sub-utilização, as áreas com usos abaixo da capacidade produtiva do ambiente.

No Quadro 54, sintetizou-se a participação destas classes conflitantes de uso na bacia do rio Tagaçaba.

QUADRO 54 - CONFLITOS DE USO DO SOLO NA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR.

CLASSES	ÁREA (Km ²)	%
1 – Sub-utilizadas	18,22	06,95
2 – Sobre-utilizadas	6,92	02,64
3 – Uso correspondente	236,99	90,41
TOTAL	262,13	100,00

CARTA DOS CONFLITOS DE USO DO SOLO DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR



Legenda

- CLASSE 1 Sub-utilizadas
- CLASSE 2 Sobre-utilizadas
- CLASSE 3 Uso-correspondente
- Drenagem

Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
Edição: Juliano Enrique Dias



Fonte da Rede de Drenagem:
 Cartas Topográficas em Escala 1:50000
 - Antonina - IBGE (1992)
 - Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
 - Serra Negra - IBGE(1987)

48° 40'33" 25°04'21"

7220000

7215000

7210000

7205000

7200000

734000 739000 744000 749000 754000 759000 m

25°17'53" 48°25'03"

Classe 1: sub-utilizadas: são áreas que poderão ser utilizadas de forma diferente das formas atuais. A maior parte dos solos desta classe apresenta baixo potencial erosivo. Representa 06,95% da bacia do rio Tagaçaba, concentrando-se nos baixos cursos dos principais rios. Os solos dessa classe, apresentam-se com baixo potencial erosivo.

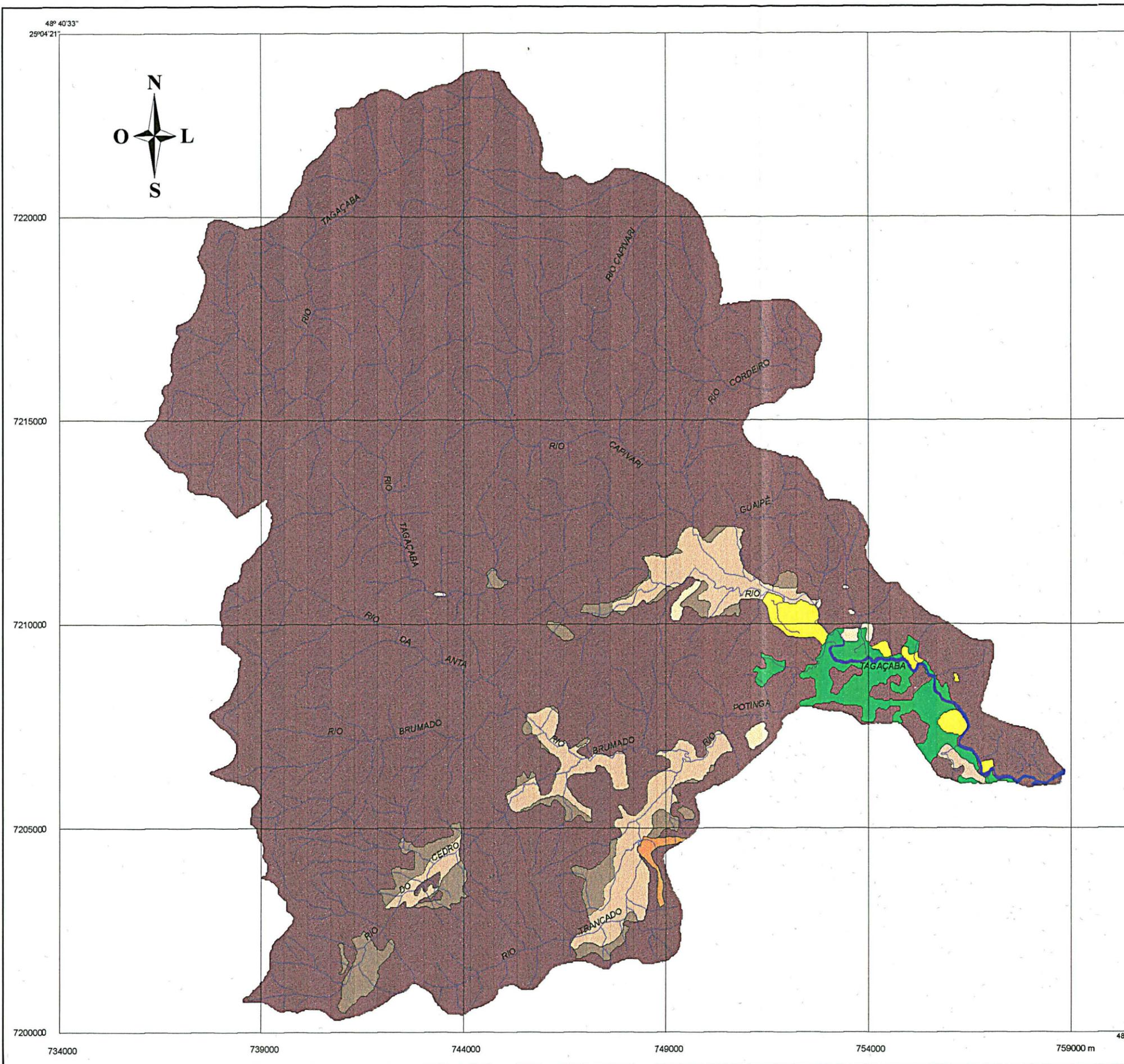
Classe 2: sobre-utilizadas: são áreas adequadas a serem preservadas permanentemente com mata nativa, mas, que se encontram com outro uso. Representa 02,64% da área da bacia, encontrando-se no vales dos principais rios, envolvendo os setores 1 e 2 das sub-bacias estudadas. Grande parte dos solos desta classe apresenta de moderado a alto potencial erosivo. Observando-se a Carta de Uso Atual do Solo, verifica-se que o predomínio do uso é com capoeirinha e áreas agrícolas.

Classe 3: uso correspondente: são áreas que estão sendo utilizadas conforme sua capacidade de uso. Ocupa a maior área da bacia, representando 90,41% desta, estando bem distribuída em todos os setores. Para uma melhor interpretação, esta classe foi subdividida em áreas de uso correspondente em conflito com a legislação da APA e áreas de uso correspondente sem conflito com a legislação da APA. Esta subdivisão foi necessária pois há usos que o ambiente suporta mas a legislação restringe e a forma de utilização já vinha acontecendo anteriormente à instalação da APA.

As áreas urbanizadas (núcleos urbanos) foram consideradas como de uso correspondente.

Com base nas classes acima descritas, definiu-se uma proposta de uso racional do solo na bacia do rio Tagaçaba, que é apresentada na Figura 19 e cujas classes propostas são identificadas no Quadro 55, com as respectivas áreas e percentuais de participação.

CARTA DO USO RACIONAL DO SOLO
- PROPOSTA -
DA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR



Legenda

CLASSE 1 Áreas a serem otimizadas no uso com restrição da Legislação

CLASSE 2 Áreas a serem preservadas ou recuperadas

CLASSE 3 - Áreas a serem mantidas com o mesmo uso

CLASSE 3.1 Áreas a serem mantidas com o mesmo uso sem conflito com a legislação

CLASSE 3.2 Áreas a serem mantidas com o mesmo uso em conflito com a Legislação

Agricultura

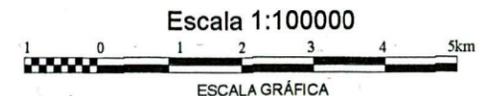
Agricultura - Banana

Pastagem

Reflorestamento

Drenagem

Organização e Digitalização: Eliane Ferretti
 Edição: Juliano Enrique Dias



Fonte da Rede de Drenagem:
 Cartas Topográficas em Escala 1:50000
 - Antonina - IBGE (1992)
 - Serra da Virgem Maria - IBGE (1992)
 - Serra Negra - IBGE(1987)

48° 40'33"
 25°04'21"

7220000
 7215000
 7210000
 7205000
 7200000

734000 739000 744000 749000 754000 759000 m

25°17'53"
 48°25'03"

QUADRO 55 - PROPOSTA DE USO RACIONAL DO SOLO NA BACIA DO RIO TAGAÇABA - PR

CLASSES	SUB-CLASSES	ÁREA (KM ²)	%
1 – Áreas a serem otimizadas no uso com restrição da legislação	-	17,73	06,76
2 – Áreas a serem preservadas e/ou recuperadas	-	7,20	02,75
3 - Áreas a serem mantidas com o mesmo uso	3.1 – Áreas a serem mantidas com o mesmo uso em conflito com a legislação	13,9	05,31
	3.2 – Áreas a serem mantidas com o mesmo uso sem conflito com a legislação	223,30	85,18
TOTAL	-	262,13	100.00

1 – Áreas a serem otimizadas no uso: abrange as classes 1 da Figura 18. São áreas que devem ser otimizadas quanto à sua capacidade de uso. Mas, caso a ocupação atual seja para proteção de cursos d'água (mata ciliar) ou são áreas de mananciais, não se deve modificar o seu uso.

A otimização dessas áreas deverá seguir as restrições impostas pela legislação e, sugere-se a não retirada da cobertura vegetal original (se houver). Representa 06,76% da área da bacia.

As zonas ambientais que estão presentes nessa classe são as de Planície Aluvial dos rios Tagaçaba, Capivari e Potinga, onde são permitidas as atividades agropecuárias, florestais e turísticas. As principais metas são para a recuperação das matas ciliares e adoção de práticas conservacionistas pelos proprietários.

Nessas áreas, o solo está sendo utilizado como capoeirinha, principalmente, que representa o primeiro estágio de sucessão secundária. São áreas com

vegetação arbustiva intercalada por arvoretos ou vassourinhas (IPARDES, 2001: 39). Localiza-se ao longo das rodovias e planícies aluviais. Surgem do abandono do solo após uso agropecuário (principalmente) e/ou cultivos intensivos.

Outro uso, em menor percentagem é o de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, que apresenta variações na composição e estrutura, em função da influência das condições de drenagem e fertilidade dos solos. O fator condicionante é edáfico.

A otimização dessas áreas poderá ocorrer, desde que respeitados os critérios da legislação em vigor:

- exploração imobiliária: podem ser feitos loteamentos de chácaras de lazer (o que incentivará a atividade turística), desde que 20% da área loteada correspondam à preservação da vegetação original ou recuperação de áreas degradadas. O zoneamento estabelecido não permite a ocupação urbana.

- mineração: deve ser autorizado pelo departamento nacional de Produção mineral. Não deve alterar a paisagem, implantar obras de contenção de encostas exploradas. Caso a exploração seja a céu aberto, a topografia anterior deverá ser reconstituída.

- silvicultura e extração vegetal: o IBAMA só permitirá a retirada de espécies vegetais exóticas; para espécies nativas, só será permitida a extração mediante compromisso de adensamento; as espécies que fornecem matéria-prima para construção de embarcações poderão ser retiradas, bem como as espécies utilizadas para lenha pelas comunidades de pescadores.

- Agropecuária: só em áreas desmatadas.

- indústria: agroindústria de pequeno porte e que utilize produtos da região.

Atividades de infra-estrutura energética, turística, científica, cultural, esportiva e de lazer poderão ser implantadas desde que avaliadas pelo IBAMA e prefeitura local.

2 – Áreas a serem preservadas e/ou recuperadas: correspondem as classes 2 (sobre-utilizadas) da Figura 18 (página 149). São áreas que devem ser preservadas permanentemente com mata nativa e/ou recuperadas, uma vez que envolve situações de risco para o ambiente. Torna-se necessário e urgente um plano

de ação para diminuir as unidades de risco à erosão e minimizar a degradação ambiental da bacia. Representa 02,75% da área total da bacia.

São áreas que merecem uma atenção especial e imediata pois, o ambiente encontra-se em condições de *estresse*, o que indica uma possibilidade de desencadeamento de processos erosivos. Apesar da pouca representação na área total da bacia, não se deve menosprezar essa informação.

As zonas ambientais presentes nessa classe são as de Serra e da Serra de Santa Luiza e, em menor proporção, a de planície aluvial dos rios Tagaçaba, Capivari e Potinga. Os usos atuais do solo envolvem a Capoeirinha e a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas.

A partir dessas indicações, faz-se necessário propiciar a recuperação do ambiente, principalmente, nas áreas que se referem à utilização por capoeirinha. Essa forma de uso já é considerada o primeiro estágio da sucessão secundária. Mas, deverá ser evitada outra forma de uso que impeçam essa sucessão.

São consideradas áreas de uso restrito, podendo ser desenvolvidas algumas atividades:

- mineração: deve ser autorizado pelo departamento nacional de Produção mineral. Não deve alterar a paisagem, implantar obras de contenção de encostas exploradas. Caso a exploração seja a céu aberto, a topografia anterior deverá ser reconstituída.

- silvicultura e extração vegetal: o IBAMA só permitirá a retirada de espécies vegetais exóticas; para espécies nativas, só será permitida a extração mediante compromisso de adensamento; não será permitida a extração da canela-sassafrás, por estar ameaçada de extinção e ser considerada uma espécie rara.

- agropecuária: as atividades já existentes podem continuar, desde que a sua localização não origine a desestabilização das encostas; deverá haver a orientação dos produtores que possuam atividades em desacordo com as normas estabelecidas.

Apesar das restrições de uso pela legislação, sugere-se que nessas áreas não ocorram nenhuma forma de uso, pelo menos, até o ambiente atingir estágios mais avançados de regeneração.

3 – Áreas a serem mantidas com o mesmo uso: ressalta-se que, para que determinado uso esteja perfeitamente adequado à área onde se encontra, é indispensável o uso de técnicas conservacionistas de acordo com as características físicas da mesma.

Essa classe foi subdividida:

3.1 - Áreas em conflitos com a legislação: são áreas que estão sendo utilizadas com agricultura, agricultura – banana, pastagem e reflorestamento. A sugestão dada é que, não sejam alteradas as formas de uso e, sim, que se possibilite a introdução de práticas conservacionistas pelos proprietários.

Portanto, o conflito refere-se à falta dessas práticas conservacionistas. A adoção dessas práticas irá favorecer o próprio proprietário, pois a sua produção aumentará e será de uma melhor qualidade. Em relação ao reflorestamento, sugere-se que seja desenvolvido com espécies nativas, para que agrida o menos possível o ambiente.

3.2 - Áreas sem conflitos com a legislação: áreas que deverão ser mantidas quanto ao uso atual. A manutenção do uso deverá ser rigorosamente mantida, pois envolve todos os setores, que possuem unidade de risco à erosão representativas.

Em relação a unidades de riscos de erosão, o setor que apresentou a unidade mais alta, foi o setor 3 da sub-bacia do rio Capivari, com 58 unidades. Esse setor encaixa-se na classe de uso correspondente, tendo cobertura vegetal em toda a sua área. A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Densa Montana e Altomontana.

O setor 1 da sub-bacia do rio Potinga apresentou o índice mais baixo de unidades de erosão, tendo como cobertura vegetal predominante a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas e capoeirinha. Em sua área predomina o uso correspondente mas, há presença de pastagem e áreas a serem preservadas e/ou recuperadas.

Os demais setores estão entre 45 e 52 unidades de risco de erosão. As áreas a serem otimizadas concentram-se nos setores 1 das sub-bacias dos rios Tagaçaba, Capivari e Potinga. As áreas a serem preservadas e/ou recuperadas concentram-se nos setores 1 das três sub-bacias e, também, no setor 2 da sub-

bacia do rio Potinga. As áreas a serem mantidas com o mesmo uso em conflito com a legislação estão concentradas no setor 1 da sub-bacia do rio Tagaçaba.

As informações obtidas através do DFC retratam o estado ambiental da bacia hidrográfica, fornecendo informações que poderão subsidiar programas de gerenciamento desses espaços

6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O conhecimento das informações sobre o meio ambiente permite a identificação de suas vulnerabilidades, potencialidades de uso ou de conservação e seu desempenho futuro. Isto possibilita e auxilia a tomada de decisões quanto à sua preservação. Avaliar as condições reais de funcionamento entre os fatores que compõem o ambiente é fundamental para a implementação de uma política de desenvolvimento sustentado.

Para a obtenção dessas informações, a identificação do grau de degradação da área e a escolha da metodologia, são decisões que contribuem para que o planejamento respeite as condições reais do ambiente.

Desde que se tomou consciência da necessidade de planejar o uso do ambiente, várias metodologias tem sido desenvolvidas, entre elas o Diagnóstico Físico-Conservacionista - DFC e o Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE. Esta pesquisa, além dos resultados sobre o diagnóstico físico do meio ambiente da bacia do rio Tagaçaba, neste capítulo, comparar-se-á estas duas metodologias analisando seus resultados sobre a mesma área.

Além disso, comparar-se-á, também, os resultados obtidos no DFC da bacia do rio Tagaçaba com os da bacia do rio Marrecas, com a mesma metodologia, para verificar a aplicabilidade da mesma metodologia em ambientes diferenciados. A bacia do rio Marrecas com uma área de 836,50Km² e uma Relação de Relevo de 14,06 m/km, esculpida em rochas ígneas básicas, possui uma ocupação intensa e pouca área de vegetação. A bacia do rio Tagaçaba, com uma área de 292,33 Km² e uma Relação de Relevo de 63,11 m/km, esculpida em área serrana constituída por rochas do complexo cristalino brasileiro, possui a maior parte de sua área com cobertura vegetal original e protegida e pouca área ocupada.

Para comparação entre metodologias tomaram-se os resultados do DFC da bacia do Tagaçaba e os resultados do zoneamento da APA de Guaraqueçaba, com o objetivo de demonstrar que o DFC atende melhor a demanda do planejamento ambiental que o ZEE tal qual foi aplicado.

Almeida (1999:14) define o planejamento ambiental como:

grupo de metodologias e procedimentos para avaliar as conseqüências ambientais de uma ação proposta e identificar possíveis alternativas a esta ação, ou um conjunto de metodologias e procedimentos que avalia as contraposições entre as aptidões e usos dos territórios planejados.

Para Rodriguez (1997: 48/49), o planejamento ambiental deve envolver seis fases: organização, inventário, análise, diagnóstico, propositiva e executiva.

As fases de inventário onde todos os componentes do ambiente devem ser conhecidos irão fundamentar o contexto do planejamento e definir as unidades geoecológicas. O diagnóstico identifica a problemática ambiental da área em estudo e avalia o potencial dos recursos. A escolha de uma metodologia é de suma importância, pois fornece todas as informações necessárias que influenciarão nos resultados finais do plano de gestão.

A política ambiental deve englobar todos os níveis e fases e os municípios são parte imprescindível para a efetivação desta política. O Plano Diretor Municipal, obrigatório para todos os municípios com mais de 20.000 habitantes desde 1988, deve traçar ações e medidas para minimizar os problemas ambientais.

Absy (1995: 09), referencia que

o problema básico do planejamento ambiental consiste, assim, em avaliar tanto a sensibilidade dos fatores naturais que compõem a paisagem de um dado espaço aos danos causados por usos antrópicos (ou seja, o potencial de uso dos recursos naturais e a capacidade dos geofatores de difundir efeitos negativos), quanto à intensidade dos danos potencialmente causados por usos antrópicos a cada um desses fatores naturais, de modo a embasar cientificamente a análise das relações de causa e efeito entre fatores naturais e usos antrópicos. Tal avaliação exige conhecimentos técnicos e científicos nem sempre disponíveis.

A bacia hidrográfica vem a favorecer a coleta de informações sobre os fatores naturais e, também, a sua análise posterior. Por ser uma unidade territorial delimitável, a mensuração dessas informações torna-se mais viável.

Estudar a bacia hidrográfica, implica em identificar os seus componentes principais, bem como suas relações com o seu contexto, através dos *inputs* e *outputs*. Entre os principais componentes pode-se citar: uso do solo, geologia, hidrologia, áreas urbanizadas, clima, relevo e solos.

Para Lerner *apud* Prochnow (1988: 32-33) e Hermann segundo Beltrame (1990: 48), o planejamento ambiental necessita de inventários e diagnósticos, tanto

dos recursos naturais quanto socioeconômicos e institucionais da bacia hidrográfica em questão, que fundamentarão recomendações que auxiliarão um manejo mais sustentado.

A partir da década de 1960 modelos estrangeiros foram testados na intenção de se buscar adaptações destes à situação brasileira, pois a utilização dos recursos naturais requer medidas legais adequadas para se evitar a degradação ambiental de uma região.

Para Monosowski *apud* Almeida (1999: 125), no Brasil

até 1960, a abordagem estratégica foi à administração dos recursos naturais. Neste período destacamos a criação de agências setoriais para o desenvolvimento e uma legislação ambiental cujo objetivo principal era regulamentar a apropriação de cada recurso natural no âmbito nacional, para o desenvolvimento que, tendo em vista as necessidades da industrialização nascente, caracterizavam a gestão dos recursos naturais do país.

As agências criadas gerenciavam o território nacional, definindo estratégias que conduziam a ações isoladas, estabelecendo conflitos de poder entre as instituições nas diferentes esferas de governo, gerando conseqüências importantes no planejamento regional e local (ALMEIDA, 1999: 126).

Para Millikan (1998: 20), as ações governamentais do Brasil quanto às políticas de zoneamento encaixam-se no ordenamento territorial, com normas que regulamentam a utilização dos espaços urbano e rural. "As principais tradições de zoneamento têm sido voltadas a questões de ocupação e uso do solo urbano, localização de atividades industriais, planejamento agrícola, proteção ambiental e criação de áreas de segurança nacional".

6.1 - ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO - ZEE

A intenção de encontrar uma metodologia que se adapte às condições ambientais brasileiras, fez com que o governo federal formulasse programas de desenvolvimento integrado, tendo por base o ordenamento territorial, mediante um programa que identificasse e conhecesse as diversidades das regiões brasileiras,

levando em conta as alternativas para a sua sustentabilidade ecológica, econômica e social. Esta proposta veio a configurar-se no Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE (ALMEIDA, 1999: 51/52).

Assim, pelo Decreto Federal nº. 99.450, de 21/09/1990, foi criada a Comissão Coordenadora do Zoneamento Ecológico-Econômico do Território Nacional - CCZEE, definindo a Amazônia Legal como área prioritária para o início da implantação do ZEE (MILLIKAN, 1998: 28).

Entre as diretrizes que o referido decreto estabeleceu, segundo Almeida (1999: 52), é importante destacar o seguinte:

(...).

b) - Os trabalhos do zoneamento serão conduzidos com abordagem interdisciplinar e visão sistêmica, objetivando a integração de fatores e processos e a análise de causa e efeito.

c) - O Zoneamento Ecológico-Econômico resulta de uma ação de identificação, da constatação e avaliação da realidade territorial, na qual se determinam zonas caracterizadas pelos componentes físicos e bióticos e pelas formas de organização resultante da ação antrópica. (...).

(...).

Em relação à fase do diagnóstico ambiental, a aplicação do Zoneamento Ecológico-Econômico envolve (ALMEIDA, 1999: 53/62):

* Síntese do conhecimento do meio físico: confecção de cartas bases; geologia, geomorfologia e relevo; hidrografia e hidrogeologia; clima e climatologia; pedologia e solos.

* Síntese do conhecimento do meio biológico: vegetação e fitogeografia; fauna; biodiversidade e ecossistema.

* Síntese do conhecimento antrópico: distribuição demográfica; população e reservas indígenas; estrutura produtiva e renda; estrutura e concentração urbanas; estrutura fundiária.

* Síntese da dinâmica socioeconômica: formas de ocupação atual e uso do solo; dinâmica econômica; dinâmica social; dinâmica demográfica; aspectos políticos institucionais; infra-estrutura geral.

* Definições e ordenamento de espaços geoeconômicos.

* Definições e limites e zonas e subzonas.

* Elaboração do macrozoneamento: zonas e subzonas; regiões geoeconômicas; classificação e priorização de áreas críticas; planejamento

preliminar do ZEE de detalhes para cada uma das áreas críticas; análise geral contendo a síntese final do meio físico natural e a síntese econômica.

Na APA de Guaraqueçaba, as sínteses do conhecimento antrópico, dinâmica socioeconômica e definições e ordenamento de espaços econômicos, apresentam apenas uma descrição desses elementos.

Na aplicação do DFC da bacia do rio Tagaçaba, essas informações não foram pesquisadas, pois representam diagnósticos posteriores. O DIBH (Diagnóstico Integral da Bacia Hidrográfica) contempla sete diagnósticos (páginas 17 e 18). O primeiro que deve ser desenvolvido é o DFC e, posteriormente, nas áreas de conflitos de uso do solo, os demais.

6.2 - DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA - DFC

O DFC é parte integrante do Diagnóstico Integral da Bacia Hidrográfica, sendo responsável por determinar o potencial de degradação ambiental da bacia, considerando os fatores naturais. Para isso, são necessários 7 parâmetros (CO, CA, Dm, E, PE, DD e BH), que são expressos em uma fórmula numérica, indicando o potencial de degradação de zero (melhor estado ambiental) até 100 (pior estado ambiental).

Essa metodologia possibilita o cruzamento de informações temáticas, como por exemplo: cruzamento entre a carta de declividade e a carta pedológica, o que resultará na carta do potencial erosivo do solo. Mas, para se chegar à carta resultante, não basta apenas “cruzar” as duas cartas citadas, devendo-se estudar, também, as características físico-químicas dos tipos dos solos e seus comportamentos diante do clima, relevo e regime hidrológico da área. Após, efetua-se o cruzamento da carta do potencial erosivo dos solos com a carta de uso do solo, confeccionando-se a carta de conflitos de uso, o que fundamentará a análise para espacializar as regiões problemáticas.

Assim, conhecendo-se o potencial de degradação ambiental de cada setor e identificando-se as regiões mais críticas, pode-se fundamentar sugestões para minimizar, ou mesmo, até impedir que a degradação se acentue.

As características das bacias hidrográficas influenciam as ações antrópicas, pois o homem depende da água para diversas finalidades. Por outro lado, a utilização dos recursos hídricos impõe certas restrições à forma com que o homem se apropria da bacia hidrográfica.

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica está relacionado com suas características físicas. A mensuração deste comportamento pode ser usada na inferência das conseqüências da ação antrópica sobre a bacia e no levantamento de recursos naturais. Pode-se descrever qualitativa e quantitativamente a bacia hidrográfica. Para Strahler segundo Rafaeli Neto (1994, p.02) é necessário quantificar a bacia hidrográfica devido o estreito relacionamento entre a geomorfologia, climatologia, geologia, pedologia e hidrologia, pois estas, fundamentalmente, trabalham com valores quantitativos.

Para Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica é um sistema aberto, que recebe suprimento contínuo de energia através do clima reinante e que, sistematicamente, perde energia através da água e dos sedimentos que a deixam.

Para Canali (1990),

(...), o estudo da estruturação das redes de drenagem poderá fornecer melhor compreensão do funcionamento dos sistemas ecológicos no âmbito da Geografia. A sua inserção num sistema natural seqüencial ou de processos respostas, que além do subsistema hidrográfico, encerra também os subsistemas climático, geomorfológico, geológico, pedológico e biológico, define uma série de controles de sua estruturação, assim como também o seu funcionamento e interfere na organização dos demais subsistemas componentes.

Mas, supõe-se que, na paisagem, num sistema erosivo todos os elementos da topografia estejam ajustados, de forma que se modificam na mesma proporção. Formas e processos estariam em estado estável de balanço, sendo consideradas como independentes do tempo. As diferenças e características das formas são explicáveis através das relações espaciais, onde os padrões geológicos são considerações primárias (HACK, 1972).

Para Hack (1972), na análise topográfica, considera-se que o equilíbrio da paisagem envolve os processos de erosão e a resistência das rochas. Esses

processos e intensidades mudam no tempo e no espaço, o que poderá esclarecer a relação entre processos e formas, subsidiando meios para que as mudanças sejam analisadas.

Para SOARES *et alü* (1982), o relevo e a drenagem tendem a desenvolver padrões específicos devido a fatores litológicos e estruturais.

Assim, qualquer alteração geológica irá influenciar e até modificar o desenvolvimento da rede de drenagem. E, tendo em vista as influências dos demais elementos, o arranjo espacial da bacia hidrográfica poderá ser influenciado, refletindo isso numericamente, através dos parâmetros morfométricos. Através dos padrões de drenagem, a bacia hidrográfica reflete a estrutura geológica ou adaptações devido a atuação estrutural.

Nos estudos de ordenação do meio natural, é importante a participação da geomorfologia e geologia. Há necessidade de se conhecer o relevo para controlar seus aspectos desfavoráveis e utilizá-lo em condições financeiramente aceitáveis e socialmente benéficas ao homem. Assim, estes parâmetros tornam-se um instrumento de aplicação dirigida para exploração e conservação dos recursos naturais e da qualidade ambiental.

Os fatores que compõem a bacia hidrográfica interagem entre si, originando processos inter-relacionados, definindo paisagens geográficas, que apresentam potencial de utilização baseado segundo as características de seus componentes: substrato geológico, formas e processos geomorfológicos, mecanismos hidrometeorológicos e hidrogeológicos.

Na relação entre a drenagem e a erosão, várias circunstâncias de ordem natural estão presentes, pois, a variação pluviométrica, as influências da composição físico-química das rochas e estrutura geológica que, invariavelmente atuam como fator de resistência aos processos morfogenéticos, caracterizam a diferenciação espacial da superfície.

Conforme as influências das características naturais, os arranjos espaciais no interior das bacias hidrográficas serão diferentes, sendo que suas características serão refletidas pelos valores numéricos de índices morfométricos. Alterações geológicas influenciam e até modificam o desenvolvimento da rede de drenagem. Os padrões de drenagem são respostas e/ou adaptações da estrutura geológica e, poucos se desenvolveram independentemente da geologia.

Para Horton segundo Conte *et alii* (1990, p.05), a rede de drenagem é altamente significativa como indicação de controle geológico. Portanto, a análise morfométrica, que consiste no estudo analítico de índices e/ou parâmetros dos elementos componentes da drenagem segundo princípios e leis da sua constituição, auxiliará na verificação do grau de dependência dos fatores responsáveis pela sua estruturação.

Na aplicação do DFC, essas condições são consideradas na setorização da bacia e, os demais fatores, são calculados em cada setor, possibilitando um conhecimento mais real dos comportamentos diferentes existente em uma mesma bacia.

O DFC foi utilizado em alguns estudos no Brasil, fundamentando a pesquisa realizada por Beltrame (1990), Ferretti (1998), o projeto de Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi - COPATI no Paraná, estudos na bacia do rio Itajaí, em Santa Catarina, etc. Mas, faltam estudos comparativos para verificação da real viabilidade de utilização dessa metodologia.

Assim, foi submetido a aplicação desta fase da metodologia (DFC) a dois ambientes com características bem distintas para avaliar a sua performance quanto aos resultados oferecidos em cada um dos seus parâmetros.

Portanto, foram comparados os resultados do DFC na bacia do rio Marrecas (FERRETTI, 1998), área vocacionada para uso agrícola e de ocupação intensiva, com os resultados obtidos na bacia do rio Tagaçaba, ambiente frágil de serra e planície litorânea. Salienta-se a necessidade desta avaliação para verificação de sua eficiência no fornecimento de informações completas que fundamentem um plano de gestão.

O diagnóstico físico-conservacionista - DFC possibilita o conhecimento e avaliação do estado ambiental de uma bacia hidrográfica. Na bacia do rio Tagaçaba, ele determinou o potencial erosivo de cada setor da bacia indicando, apesar da sua proteção legal, a potencialidade à erosão a partir de alterações das formas de uso.

A erosão é uma conseqüência que se desencadeia devido a uma série de fatores que agem em conjunto e em interação. Assim, as conseqüências aumentam como aumenta a intensidade de uso destes fatores. A inter-relação dos parâmetros utilizados no DFC determina e espacializa as regiões em desequilíbrio, indicando a possibilidade de desencadeamento de processos erosivos.

As variáveis que causam a erosão são as características do regime hídrico, a declividade do terreno, a capacidade do solo em reter água (forças ativas) e, a resistência do solo diante da ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal (forças passivas) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990, p.45). O DFC fornece informações necessárias para a compreensão dessas variáveis, fato este que justifica a expectativa de que em ambientes com características distintas quanto a estas condições naturais de potencial de degradação, seja, diferente em bacias hidrográficas diferentes.

O diagnóstico físico-conservacionista, em sua estrutura metodológica, indica o potencial de degradação real daqueles setores da bacia hidrográfica. Isso possibilita tomar decisões de restrições de uso em função desse potencial. O DFC retrata o potencial de degradação e não, necessariamente, a degradação que está ocorrendo.

Uma das questões que se coloca é se, de fato, a metodologia do DFC pode ser utilizada em bacias hidrográficas de qualquer tamanho. Beltrame (1990) aplicou o DFC na bacia do rio do Cedro, em Brusque (SC), com 67,24 Km² ou 6.652 ha.

Nas considerações finais e recomendações no uso desta proposta metodológica, Beltrame (1994: 105/107) destaca:

(...).

- Todos os parâmetros utilizados na fórmula descritiva sugerida procuram refletir o potencial de degradação da bacia, decorrente de fatores naturais (clima, solo, vegetação, relevo), servindo como indicativo do que está efetivamente ocorrendo em termos de manutenção dos recursos naturais renováveis.

- O valor crítico dos riscos de degradação resume em um único valor numérico, o estado físico-conservacionista da bacia. É um valor qualitativo, próprio para análises comparativas entre setores de uma bacia hidrográfica.

(...).

- Bacias com áreas de até 7.000 ha são bastante adequadas para a realização de diagnósticos do meio físico, como o realizado na bacia do rio do Cedro.

Para Ferretti (1998: 181), "a metodologia para o diagnóstico físico-conservacionista adaptada e aplicada na bacia do rio Marrecas, mostrou-se viável de ser utilizada em outras bacias hidrográficas".

Portanto, a aplicação do DFC em um maior número possível de bacias hidrográficas, auxiliará na verificação da sua eficácia.

O diagnóstico físico-conservacionista foi aplicado, pela autora, na bacia do rio Marrecas, sudoeste do Paraná (FERRETTI, 1998). Para obtenção dos sete parâmetros, foi necessário setorizar a bacia do rio Marrecas, cuja área é de 836,50 Km².

Os critérios adotados por BELTRAME (1990) para a setorização da bacia do rio do Cedro – Brusque – SC (hidrográficos, hipsométricos e perfil longitudinal do rio), não foram determinantes na bacia do rio Marrecas, uma vez que esta bacia é bem maior do que àquela (67,24 Km² e 836,50 Km²).

A bacia do rio Marrecas possui uma assimetria no arranjo dos elementos de drenagem (Figura 20), o que influencia um comportamento diferenciando diante de um mesmo uso do solo. Para uma melhor compreensão desse comportamento, foram detalhados os dados geológicos, onde foi referenciado o sistema de falhas (inferidas) e calculado os parâmetros morfométricos da bacia.

Em toda a bacia do rio Marrecas a litologia predominante são os basaltos da Formação Serra Geral, mas, como há sistemas relativamente denso de linhas estruturais, indicando linhas de falhas inferidas, o controle estrutural sobre o desenvolvimento da rede de drenagem é significativo.

O desenvolvimento da rede de drenagem pode ser condicionado à diferenças litológicas e/ou até por linhas de fraqueza estrutural. Essas influências são perceptíveis nos resultados dos parâmetros morfométricos.

Uma bacia hidrográfica assimétrica sugere que o seu desenvolvimento ocorreu em uma litologia não homogênea, ou em função do acamamento dos estratos ou, ainda, através do controle das falhas.

Caso a bacia hidrográfica tenha se desenvolvido com um controle do acamamento, os rios refletiram esse controle, resultando em um comprimento médio dos canais de cada lado do canal principal, diferenciados.

Na bacia do rio Marrecas, observa-se esta diferenciação. Os afluentes da margem esquerda são mais longos, com gradiente mais baixo que os afluentes da margem direita, que são mais curtos e com gradientes médio mais altos.

O controle mais significativo, que parece ter originado a assimetria da rede de drenagem do Marrecas deve estar ligado ao controle das linhas estruturais e o possível basculamento dos blocos. O padrão de drenagem com o seu traçado de canais fluviais, sugere a existência de uma linha de falha ao longo do rio Marrecas e, a partir disto, as margens inclinaram-se diferenciadamente: a margem esquerda com uma inclinação mais suave e, a margem direita, com uma inclinação mais acentuada. Isso teria resultado no comportamento morfométrico diferenciado, tendo como conseqüência, arranjo espacial anômalo da rede de canais, evidenciado pelo resultado dos parâmetros morfométricos.

Em função da diferenciação morfométrica do rio Marrecas (área total de 836,50 km²), a bacia foi setorizada a partir dos critérios: geológicos e morfométricos da rede, chegando-se a delimitação de 04 setores (Figura 21):

- A: nascentes, com 151,69 Km² (18,13% da bacia)
- B: margem esquerda, com 480,91 Km² (57,49%)
- C: margem direita, com 170,4 Km² (20,37%)
- D: foz do rio Marrecas, com 33,5 Km² (04,01%).

A bacia do rio Tagaçaba possui 292,33 Km² de área e, os critérios utilizados para a sua setorização, foram os mesmos utilizados na bacia do rio Marrecas. A bacia do rio Tagaçaba recebe, também, a influência do controle das linhas estruturais, mas, a sua assimetria é diferente da assimetria da bacia do rio Marrecas.

Na bacia do rio Marrecas a litologia é predominantemente basalto e, na do rio Tagaçaba, a litologia é diversificada, predominando rochas do Pré-Cambriano, com sistema estrutural denso, indicando falhas inferidas.

Enquanto que na bacia do rio Marrecas, o condicionamento da rede de drenagem está relacionado à inclinação dos blocos basculados que delinham as linhas de fraqueza estrutural, na bacia do rio Tagaçaba, as falhas influenciam mais significativamente no alto e médio curso dos rios, relacionadas às linhas de fraqueza entre blocos falhados e diferenciação da litologia. Nas nascentes do rio Tagaçaba visualiza-se essa influência, onde se pode identificar alguns trechos de padrão paralelo da rede de drenagem.

Em função da maior complexidade lito-estrutural desta bacia, optou-se por analisá-la separando as três maiores sub-bacias componentes da mesma, ou seja:

- Sub-bacia do rio Tagaçaba, com 123,01 Km² (42,08%)
- Sub-bacia do rio Capivari: com 61,74 Km² (03,02%)
- Sub-bacia do rio Potinga: com 107,58 Km² (36,80%).

A análise morfométrica auxiliou na identificação dos setores das três sub-bacias, as quais foram subdivididas em baixo, médio e alto curso (Figuras 12, 13 e 14, páginas, 106, 107 e 108, respectivamente).

A setorização da bacia hidrográfica em que é desenvolvido o DFC é de suma importância, pois, os parâmetros aplicados refletirão o comportamento diferenciado de cada setor.

Os resultados dos respectivos índices de cada parâmetro nos setores das bacias dos rios Tagaçaba e Marrecas estão representados no quadro 56.

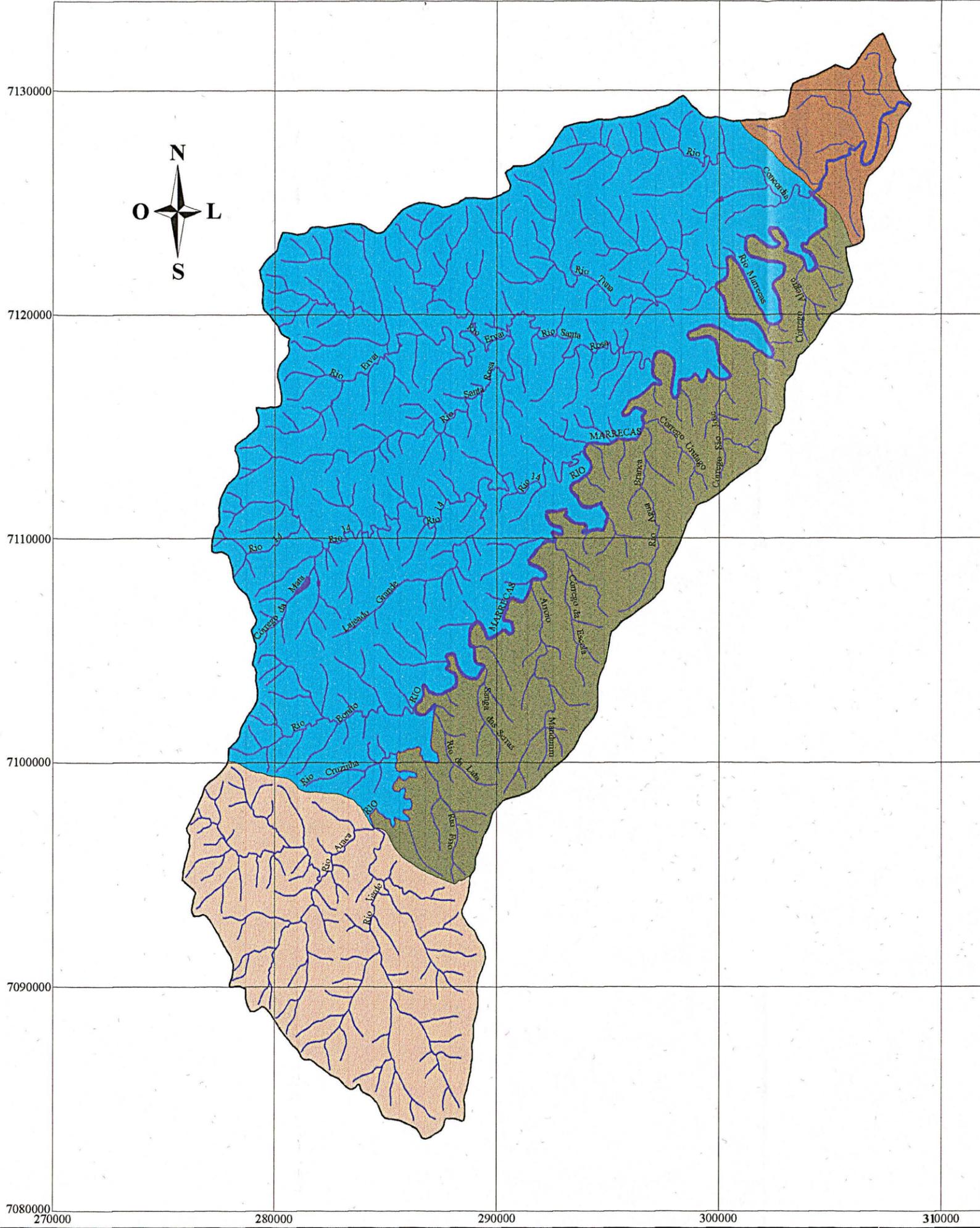
As somatórias de cada parâmetro dos setores dessas bacias foram submetidas a cálculos estatísticos: média, desvio padrão e coeficiente de variação (Quadro 57)..

Os resultados obtidos reforçam a finalidade maior do DFC: indicar o potencial de degradação do ambiente. Esse potencial poderá ser desencadeado ou não, dependendo da forma que será utilizado o ambiente. A bacia do rio Marrecas apresenta as somatórias mais altas, tendo em vista às formas de uso impostas à bacia ao longo do período de ocupação. Nessas condições fica fácil entender que, em função disso, os resultados seriam altos.

Observa-se que o estado ambiental médio para somatória de ambas as bacias foi de 24,5 unidades, sendo que a Bacia do Rio Marrecas apresentou o pior estado médio, com a média de 28,50 unidades, sendo que a Bacia do Rio Tagaçaba ficou abaixo da média de ambas.

O coeficiente de variação entre ambas de 11,00%, comparado aos coeficientes inter-bacias, indica que a metodologia conseguiu discriminar como bacias de comportamento ambiental diferente.

CARTA DE SETORIZAÇÃO
DA BACIA DO
RIO MARRECAS - PR



LEGENDA

-  Reservatórios
-  Hidrografia
-  Limite da Bacia
-  Setor A
-  Setor B
-  Setor C
-  Setor D



FONTE

- Cartas do Ministério do Exército - Escala 1/50000
 Folhas: MI 2861/1/2/3/4
 MI 2849/4
 MI 2862/1

ORGANIZAÇÃO

- Produzido por Eliane Regina Ferretti
 - Orientado por Prof^o Naldy E. Canali
 - Layout Irani dos Santos
 - Data: Maio/1998.

QUADRO 56 – DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA: RESULTADOS - BACIAS DOS RIOS TAGAÇABA – PR E MARRECAS – PR

PARÂMETRO	BACIA DO RIO TAGAÇABA									BACIA DO RIO MARRECAS			
	Sub-bacia do Tagaçaba			Sub-bacia do Capivari			Sub-bacia do Potinga			Setor A	Setor B	Setor C	Setor D
	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Cobertura Vegetal Original	CO ₂	CO ₁	CO ₁	CO ₁	CO ₁	CO ₁	CO ₂	CO ₁	CO ₁	CO ₅	CO ₅	CO ₄	CO ₅
Cobertura Vegetal Atual	CA ₃	CA ₁	CA ₁	CA ₂	CA ₁	CA ₁	CA ₃	CA ₂	CA ₁	CA ₄	CA ₅	CA ₄	CA ₄
Declividade Média	DM ₃	DM ₄	DM ₄	DM ₄	DM ₄	DM ₅	DM ₃	DM ₄	DM ₄	DM ₅	DM ₅	DM ₅	DM ₅
Erosividade da Chuva	E ₅	E ₅	E ₅	E ₅	E ₅	E ₅	E ₅	E ₅	E ₅	E ₄	E ₄	E ₄	E ₄
Potencial Erosivo dos Solos	PE ₅	PE ₈	PE ₉	PE ₅	PE ₉	PE ₁₀	PE ₄	PE ₇	PE ₈	PE ₈	PE ₆	PE ₆	PE ₆
Densidade de Drenagem	DD ₃	DD ₂	DD ₂	DD ₃	DD ₂	DD ₂	DD ₂	DD ₂	DD ₂	DD ₂	DD ₂	DD ₂	DD ₂
Balanço Hídrico	BH ₂	BH ₂	BH ₂	BH ₂	BH ₂	BH ₂	BH ₂	BH ₂	BH ₂	BH ₂	BH ₂	BH ₂	BH ₂
SOMATÓRIA	23	23	24	22	24	26	21	23	23	30	29	27	28

QUADRO 57 - COMPARAÇÃO DO ESTADO AMBIENTAL DAS BACIAS DOS RIOS TAGAÇABA E MARRECCAS, UTILIZANDO-SE A MÉDIA, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA SOMATÓRIA DOS PARÂMETROS DOS RESPECTIVOS SETORES.

BACIA DO TAGAÇABA + BACIA DO MARRECCAS	BACIA DO TAGAÇABA	BACIA DO MARRECCAS
X = 24,85	X = 23,22	X = 28,50
S = 2,85	S = 1,39	S = 1,29
C.v. = 0,11 = 11%	C.v. = 0,06 = 6%	C.v. = 0,04 = 4%
Dif (Xt+ Xm) = 21,17%	X – Xt = -6,50%	X – Xm = + 14,67%
X = média	S = desvio padrão	C.V. = coeficiente de variação

Por outro lado, o fato da bacia do Tagaçaba ter apresentado somatórias abaixo das somatórias do rio Marrecas, porém com diferenças nem sempre muito elevadas, também deve chamar a atenção sobre as características ambientais dessa bacia, com pouca ocupação antrópica e predomínio de vegetação nativa, deve haver preocupação quanto a necessidade de sua preservação. Este fato reforça a viabilidade da metodologia, visto que ela constata também o potencial à degradação. O setor 3 da sub-bacia do rio Capivari, por exemplo, apresentou uma somatória significativa, sendo que no mesmo não há indícios de ocupação antrópica. Ao contrário, o setor 1 da sub-bacia do rio Potinga apresentou a somatória mais baixa e, ali se concentram usos antrópicos, como agricultura (banana), reflorestamento, pastagem, capoeirinha, apesar do predomínio da floresta ombrófila densa de terras baixas, porém estas atividades estão em espaços adequados a sua prática.

Para obter o conhecimento das unidades de risco de degradação física, como sugere a metodologia, foi utilizada a equação da reta.

Para ambas as bacias, o valor mínimo é 7 (somatório de todos os índices iguais a 1), representando o melhor estado físico-conservacionista e, o valor máximo, é 40 (somatória de todos os índices com valores máximos), representando o pior estado que os setores poderão apresentar. Assim, a partir desses valores, obtém-se os índices de degradação de cada setor.

No quadro 58 estão representadas as unidades de risco de erosão dos setores das bacias dos rios Tagaçaba e Marrecas. Essas unidades de risco

representam o estado ambiental da respectiva bacia hidrográfica (páginas 141 a 144).

A bacia do rio Marrecas é intensamente ocupada, com o uso agrícola predominando. A bacia do rio Tagaçaba é pouco ocupada, tendo a cobertura vegetal original como principal forma de uso. Assim, os índices maiores estão na bacia do rio Marrecas, tendo em vista as suas características ocupacionais.

QUADRO 58 – UNIDADES DE RISCO DE EROSIÃO DOS SETORES DAS BACIAS DOS RIOS TAGAÇABA – PR E MARRECAS – PR

BACIA DO TAGAÇABA			BACIA DO MARRECAS	
Sub-bacias	Setores	Unidades de Risco de Erosão (0-100)	Setores	Unidades de Risco de Erosão (0-100)
Tagaçaba	1	45	A	70
	2	49	B	67
	3	45	C	61
Capivari	1	43	D	64
	2	37		
	3	55		
Potinga	1	49		
	2	45		
	3	45		

Calculando-se a unidade de risco média, do quadro 57, ou seja, para todos os setores de ambas as bacias, obtém-se a média de 51,92, sendo que o desvio padrão é de 10,42 e o coeficiente de variação de 0,20, ou 20%. As mesmas estatísticas aplicadas com os setores intrabacia, obtém-se para a Bacia do Tagaçaba, a média de 45,89, desvio padrão de 4,91 e o coeficiente de variação de 0,11, ou 11%. Na Bacia do Marrecas, os dados são, média de 66,00, desvio padrão de 4,00 e coeficiente de variação de 0,06, ou 6%.

A Bacia do Marrecas apresenta uma taxa unidade de risco de 27% acima da média de ambas, enquanto que a Bacia do Tagaçaba apresenta uma taxa de 12%, abaixo, ou seja, a primeira apresenta uma taxa de 39% de unidades de risco, maior que a segunda.

Comparando-se o afastamento de cada setor interno de ambas as bacias, em relação à média entre ambas, ou seja, 51,92, obtém os seguintes valores: Para a Bacia do rio Tagaçaba foram encontrados, na Sub-bacia do Tagaçaba, setor 1 = 13%; setor 2 = 6%; setor 3 = 13%. Sub-bacia do Capivari, setor 1 = 17%; setor 2 = 29 %; setor 3 = 6%. Sub-bacia do Potinga, setor 1 = 6%; setor 2 = 13% e setor 3 = 13%. Todos estes valores estão abaixo da média geral. Os valores encontrados para os setores da Bacia do rio Marrecas, foram os seguintes: setor 1 = 35%; setor 2 = 29%; setor 3 = 17% e setor 4 = 23%. Todos estes valores estão acima da média geral para ambas as bacias.

Analisando-se os dados acima fica evidente que a Bacia do rio Marrecas apresenta uma taxa de risco a erosão bem superior à do Tagaçaba, pois além de sua média estar acima da média entre ambas, também os seus setores, individualmente estão com taxas de risco a erosão acima desta média. Este fato se reforça quando se comparam os dados dos coeficientes de variação, visto que o coeficiente de variação da Bacia do Marrecas é de apenas 6%, enquanto que a do Tagaçaba é de 11%, significa dizer que o risco a erosão na Bacia do Marrecas é muito semelhante em toda a extensão da bacia, enquanto que na bacia do Tagaçaba, os setores de média e alta encostas estão mais protegidos pela preservação da vegetação.

Na bacia do Tagaçaba os parâmetros E, DM (destacando a declividade) e PE, destacaram-se na influência dos resultados das unidades de risco à erosão. Essa influência está presente em todos os setores da bacia, com presença ou não de ocupação antrópica, evidenciando que é um diagnóstico da possibilidade de risco à erosão.

Na bacia do rio Marrecas os parâmetros E, CO, CA e DM, foram os mais influentes, evidenciando que, dependendo das formas de usos impostas ao ambiente, a erosão será desencadeada.

Os parâmetros erosividade (E) e balanço hídrico (BH), obtiveram índices iguais em ambas as bacias hidrográficas (E₅ para a bacia do Tagaçaba e E₄ para a do rio Marrecas; BH₂ para ambas as bacias), tendo em vista a mesma influência da estação meteorológica respectiva de cada área de estudo. A densidade da rede de estações meteorológicas é um fator externo a metodologia do DFC que influencia o seu resultado.

O ideal seria uma densidade maior de estações, para a mensuração real da quantidade de chuva que afeta a bacia hidrográfica. Essa mensuração deve utilizar o Método de Thiesen, para detalhar a participação da água na dinâmica interna da bacia.

Outro fator que influencia o resultado desses parâmetros, é a falta de estudos sobre balanço hídrico de cada Estado do Brasil, necessário para a comparação do balanço hídrico aplicado na bacia, e, também, a aproximação da fórmula da erosividade desenvolvida por Bertoni; Moldenhauer (In: BELTRAME, 1990:128), para o Estado de São Paulo.

Essas situações comprometem o resultado desses parâmetros, mas, não inviabilizam a aplicação prática do DFC.

Os demais parâmetros obtiveram índices distintos:

COBERTURA VEGETAL ORIGINAL (CO)

Para GUERRA (1995:161), “a densidade da cobertura vegetal é fator importante na remoção de sedimentos, no escoamento superficial e na perda do solo. O tipo e percentagem de cobertura vegetal podem reduzir os efeitos dos fatores erosivos naturais”.

A presença da vegetação original em uma determinada área propicia um equilíbrio entre os elementos que compõem o ambiente, pois, a distribuição energética acontecerá homoganeamente e, também, a proteção será mais efetiva.

Na bacia do rio Tagaçaba, a cobertura vegetal é predominante em 86,83% da área. A ocupação antrópica ocorre nas regiões mais planas, mas, nesses locais, o ambiente encontra-se preservado ou em regeneração. A agricultura considerada de subsistência predomina ao longo das rodovias PR-405 e secundárias, com baixa produtividade, exceto o cultivo da banana.

Já na bacia do rio Marrecas, a cobertura vegetal original apresenta-se bastante degradada, tendo em vista que o processo de ocupação da mesma foi intenso, num período curto (47 anos).

Em todos os setores da bacia, a participação das áreas agrícolas é significativa. É de 36,8% da área do setor A, 79,4% da do setor B, 60,6% da do C e 90,4% da área do setor D. Mesmo com um percentual alto de participação, o setor C apresenta baixa semelhança.

A cobertura vegetal original é de suma importância para a análise, pois, além da proteção fornecida aos tipos de solos, auxilia na manutenção do equilíbrio ambiental.

OkA-Fiori; Canali (1998: 53/55), afirmam que:

A vegetação natural que cresce nas encostas da serra é o principal elemento ambiental de estabilização da paisagem. A retirada da vegetação das vertentes provoca, com intensas precipitações, a remoção de grande quantidade de material, ocasionando o assoreamento das grandes drenagens localizadas na planície e que deságuam nas baías. Devido ao fato dessa região sofrer grande influência de precipitação alta (média anual acima de 3.000 mm), torna-se importante a preservação da floresta. As vertentes desprovidas de cobertura vegetal passam a sofrer ação intensa de escoamento superficial laminar e concentrado, constituindo-se em locais preferenciais de movimentos de massa.

(...)

O compartimento de Serras e Morros, por si só, mostra-se como uma área de grande instabilidade natural, pois apresenta um conjunto de características próprias que aceleram os processos erosivos. As altas precipitações, as vertentes com declividades acentuadas, a presença de afloramentos rochosos e a rede de drenagem densa são elementos físicos que não podem sofrer impactos de natureza antrópica. Essas características físicas, aliadas à intervenção antrópica, resultam na progressão e aceleração de processos do tipo de movimento de massa, provocando cicatrizes muito comuns na área.

COBERTURA VEGETAL ATUAL (CA)

O parâmetro CA refere-se à proteção fornecida ao solo e, a cobertura vegetal é o “escudo”, isto é, a defesa natural da superfície contra os processos erosivos. Para Bertoni; Lombardi Neto (1990: 59),

O efeito da vegetação pode ser assim numerado:

- a) – proteção direta contra o impacto das gotas da chuva;
- b) – dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo;
- c) – decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água;
- d) – melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água;
- e) – diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.”

É claro que a erosão não é igual para todos os tipos de solo. Mas, a vegetação tem grande importância, pois, quando a gota da chuva é interceptada pela vegetação, ela subdivide-se em inúmeras gotinhas menores, o que diminui sua força de impacto no solo. Quando a superfície está “descoberta”, o impacto da gota da chuva no solo faz com que partículas do solo desprendam-se, o que facilita a sua remoção.

Na bacia do rio Marrecas a fisiografia da região favoreceu a aptidão econômica da bacia. Inicialmente, a base da economia era o extrativismo vegetal, onde extensas áreas de *Araucária angustifolia* foram devastadas rapidamente. Com a derrubada da vegetação nativa, as atividades agrícolas foram ocupando o solo e assumindo importância econômica. O sistema agrícola apresenta como característica principal a ausência de rotação de terras e culturas e uso indiscriminado de agrotóxicos.

Tendo em vista esta característica, a agricultura ocupa 73,39% da área da bacia, sendo alta também a sua participação nos setores (A com 63,80%; B com 79,40%; C com 60,60% e D com 90,40%). Em função disto, a proteção fornecida ao solo pela cobertura vegetal atual é baixa, sendo que os setores A e C apresentam o mesmo índice (CA_4 - 0,49 e 0,52, respectivamente, representando uma proteção um pouco melhor que os setores B e D (CA_5 - 0,39 e 0,37, respectivamente).

Ressalta-se que, o setor D apresentou o índice mais alto de ocupação com atividades agrícolas (90,40%), oferecendo, portanto, o menor grau de proteção aos solos, mas, em função das demais características físicas, o índice de degradação do ambiente não é o mais alto. Assim, destaca-se que o DFC identifica a degradação potencial do ambiente e não, necessariamente, àquela que está ocorrendo.

A situação é inversa na bacia do rio Tagaçaba onde, devido à implantação da APA, a cobertura vegetal está sendo preservada. Dos setores estudados (nove no total), cinco apresentaram proteção máxima ao solo e, dois, proteção mais baixa. Mas, esse valor não chega à proteção mínima. Para essa bacia, os índices de proteção aos solos variam de 1 (proteção máxima) a 7 (nenhuma proteção). Esses dois setores possuem o nível 3 de proteção, caracterizando uma boa proteção.

DECLIVIDADE MÉDIA (DM)

Representa a relevo da área.

De maneira geral, o relevo da bacia do rio Tagaçaba é classificado de ondulado a montanhoso/escarpado, em função do índice de relevo e dos gradientes fluviais (item 5.1 – Setorização da Bacia, página 93), pois é uma bacia em região montanhosa, que, por si só, já é uma bacia de alta energia, cujos índices de declividade média variam entre DM_4 e DM_5 .

Nas regiões acima de 700 metros de altitude, o relevo é classificado como forte ondulado e montanhoso a escarpado, em função da atuação climática sobre a litologia e influência dos desníveis originados pelo sistema de blocos de falhas que constituem a Serra do Mar no Estado do Paraná. Na planície costeira, o relevo foi construído pela agradação de materiais oriundos das flutuações do nível do mar e de aporte das altas encostas, o que forneceu ao relevo, uma característica de suave ondulado a plano.

Na bacia do rio Marrecas, esse parâmetro obteve os mesmos índices, em função de haver uma só litologia, o basalto Serra Geral, porém, são índices elevados. A nomenclatura utilizada na metodologia, nesse parâmetro, não retrata a realidade geomorfológica da bacia.

A amplitude altimétrica da bacia é de 468 metros (sendo a cota mais baixa de 480 metros no rio Marrecas e, a mais alta de 948 metros na porção noroeste da área), com um relevo mais abrupto nas porções noroeste e oeste. O resultado desse parâmetro na bacia do rio Marrecas reflete, possivelmente, a influência lito-estrutural no desenvolvimento da rede de drenagem e, conseqüentemente, da configuração do relevo.

POTENCIAL EROSIVO DOS SOLOS (PE)

O solo, elemento integrante do ambiente, expressa as condições do estado desse ambiente. Para Palmieri; Larach (1998: 75),

As modificações resultantes da ação dos fatores ambientais podem corresponder a uma seqüência de eventos ou a um complexo de reações e/ou ao arranjo de materiais na massa do solo, provocando alterações que se refletem nas características morfológicas e/ou nas propriedades químicas, físicas e mineralógicas dos solos. (...). As relações entre as características de solos e os agentes ambientais formam uma lista extensa.

Para esses autores, o relevo, clima e os organismos são fatores exógenos que influenciaram a origem e desenvolvimento do solo e, influenciam no seu comportamento.

A degradação ambiental de uma área pode ser atribuída a vários setores do ambiente, mas, torna-se realmente preocupante para os governos (municipais, estaduais e federal), somente quando é detectada a degradação por perda do solo.

Portanto, o planejamento ambiental é necessário, pois, sendo identificada o mais cedo possível, a situação poderá ser revertida.

Como o início do processo é a modificação do equilíbrio natural do solo, deve-se conhecer com maior exatidão possível os componentes deste ambiente.

Tendo em mente esta necessidade, a mensuração do estado atual de cada um destes componentes é de suma importância para embasar um programa de recuperação e/ou manutenção ambiental.

Entre os elementos da paisagem, o clima e o relevo se destacam como fatores determinantes na gênese dos solos.

O clima é um fator ambiental que possui uma influência significativa nos demais elementos e, principalmente, sobre as rochas (intemperização) e solos.

Para Palmieri; Larach (1998: 81),

o efeito do clima, através de variáveis como precipitação, temperatura e umidade, pode ser considerado o mais importante agente na manifestação das expressões das propriedades dos solos. Estas propriedades podem resultar como efeito da ação do conjunto de condições meteorológicas gerais, de condições climáticas ambientais regionais e/ou de microclimas locais. Em adição a estas condições climáticas, devemos salientar, também, a influência dos efeitos do pedoambiente, isto é, do clima e da ambiência dentro do solo que, embora seja condicionado pela localização topográfica, aspectos e orientação das encostas, têm influências marcantes no desenvolvimento de certas características.

Em um ambiente natural, o solo é protegido por outro agente ambiental, que é a vegetação. Portanto, há uma inter-relação muito forte entre o solo, o relevo, o clima e a vegetação, com influências simultâneas e constantes entre eles e que se processam por tempo e intensidade indefinidos (PEREIRA; ALMEIDA, 1998: 219).

Em regiões onde o solo está desprotegido, o aquecimento do ar é maior, com possibilidade de chuvas torrenciais, o que provocará uma perda por hectare muito significativa. Em regiões de floresta, o aquecimento é menor e o regime das chuvas é mais regular.

A vegetação é um fator ambiental duplo: atua na proteção do solo e, ao mesmo tempo, na sua formação e fertilização. Tanto na produção de matéria orgânica, quanto na atuação de suas raízes que atingem profundidades diferentes.

Para Tricart (1977: 27),

a cobertura vegetal intervém, portanto, de duas maneiras principais no que concerne à erosão pluvial e, por consequência, no regime hídrico do ecossistema: a) – pela interceptação das precipitações, com os seus dois

aspectos: hidrológico e energético; b) - pelo fornecimento à superfície do solo de detritos vegetais, que desempenham papel amortecedor (absorção de energia).

Para Castro citado por Britez *et alii* (1998:60), a cobertura vegetal atua no ciclo hidrológico, retardando a movimentação da água em direção aos cursos de água, através de processos de interceptação, infiltração, absorção, transpiração e percolação.

O relevo é um fator que exerce uma influência significativa no ambiente, influenciando as suas condições hídricas e térmicas. Essas influências são percebidas na natureza da vegetação nativa e nas características e propriedades dos solos.

A atuação da água nas vertentes e interior dos solos também influenciará o equilíbrio ou desequilíbrio ambiental. As vertentes, mesmo com predominância de declividades altas, recobertas pela vegetação de porte arbóreo, formações pioneiras e/ou capoeiras densas, estão protegidas dos processos erosivos decorrentes das chuvas, e mantém a sua estabilidade.

Em relação à conservação dos solos é importante que as medidas preventivas sejam tomadas e que deverão envolver os proprietários, implantando técnicas conservacionistas para impedir o início do processo erosivo. Essas técnicas deverão ser implantadas após o conhecimento da potencialidade erosiva do solo e suas limitações. Escolher qual é a melhor técnica para ser implantada dependerá das características físicas e químicas do solo, levando-se em consideração a declividade.

Salomão (1999: 258), agrupa as técnicas conservacionista em vegetativas, edáficas e mecânicas. As técnicas vegetativas contêm a erosão por utilizar a cobertura vegetal: plantas de cobertura, culturas em faixas, cordões de vegetação permanente, alternância de capinas e quebra ventos. As técnicas de caráter edáfico tentam melhorar a fertilidade do solo e controlam a erosão indiretamente: controle do fogo, adubação verde e plantio direto, adubação química, adubação orgânica, rotação de cultura e calagem. Práticas de caráter mecânico tem a finalidade de controlar o escoamento superficial das águas e facilitar a sua infiltração: plantio em nível, terraceamento e canais escoadouros.

A adoção dessas medidas com a finalidade de prevenir e/ou corrigir o processo erosivo, dependerá do conhecimento e entendimento do funcionamento ambiental da área enfocada e, principalmente, do seu funcionamento hídrico.

Na bacia do rio Marrecas, os setores B, C e D apresentaram o mesmo índice (PE_6 - potencial erosivo alto a moderado) e o setor A, o índice mais representativo (PE_8 - potencial erosivo alto a muito alto). Sendo este parâmetro resultado da inter-relação dos dados de declividade, pedologia, geologia, geomorfologia e características físicas dos solos. Percebe-se que a declividade exerceu uma influência maior na definição deste parâmetro.

Para essa bacia, as classes de potencial erosivo identificadas foram baixa, moderada, alta e muito alta e, a maior participação foi da classe moderada, com 55,93% da área da bacia.

Na bacia do rio Tagaçaba, as denominações de classes de potencial erosivo dos solos foram baixa, baixa moderada, moderada, alta e muito alta. A classe de maior representatividade, 39,70% da área da bacia, foi a muito alta, indicando solos com alta propensão a processos erosivos.

Novamente ressalta-se que, esse parâmetro, refere-se à característica de cada solos de "ser" erodível não indicando, necessariamente, que esses processos estejam ocorrendo.

Assim, conhecendo essa característica de "ser" erodível e, aliando à técnicas conservacionistas, o processo erosivo poderá ser evitado ou retardado.

DENSIDADE DE DRENAGEM (DD)

Para Villela; Mattos (1975: 16), a densidade de drenagem é uma boa indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem:

A densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Embora existam poucas informações sobre densidade de drenagem de bacias hidrográficas, pode-se afirmar que este índice varia de 0,5 Km/Km² para bacias de drenagem pobre a 3,5 ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas.

Canali; Oka-Fiori; Guedes (1998: 142) analisando 29 bacias do Litoral Paranaense, encontraram índices de DD entre 1,32 e 3,75 km/km².

Na bacia do rio Marrecas, esse parâmetro obteve os mesmos resultados em todos os setores, refletindo a influência das informações climáticas da mesma estação meteorológica predominante sobre a mesma litologia (basalto) em toda a bacia.

Já na bacia do rio Tagaçaba, a densidade de drenagem varia de 1,60 e 2,99 km/km² e, em relação aos índices encontrados por Canali; Oka-Fiori; Guedes (1998: 142), pode ser considerada como densidade mediana (0,50 a 2,00 Km de rios/Km² de área).

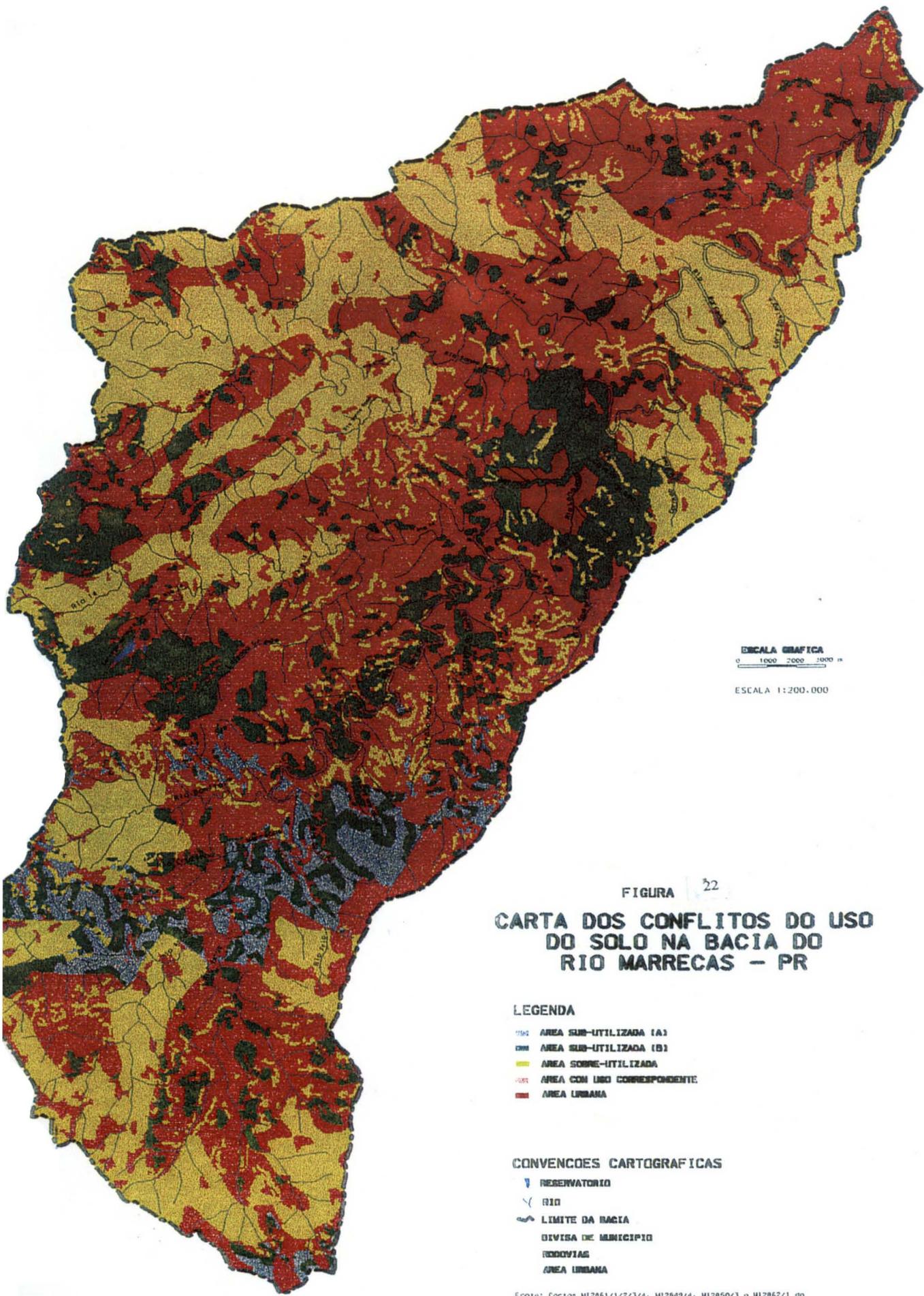
Após a determinação de cada parâmetro para cada setor, o DFC sugere o cruzamento da Carta de Uso do Solo com a Carta do Potencial Erosivo do Solo, resultando na Carta de Conflito de Uso, que detecta situações de conflito de sobre-utilização e sub-utilização do solo, em função das diferentes classes de capacidade de uso.

O DFC considera como sobre-utilização as áreas com usos que ultrapassam sua capacidade, com alta possibilidade de degradação física do solo. Como sub-utilização, as áreas com usos abaixo de sua capacidade produtiva.

Na bacia do rio Marrecas, foram identificadas as seguintes áreas de conflito de uso (Figura 22):

Classe 1: sub-utilizadas (1): são áreas que poderão ser utilizadas para agricultura, mas, que estão sendo ocupadas por matas secundárias e capoeirão, mata, capoeira, capoeirinha e ervas. A maior parte dos solos desta classe apresenta baixo potencial erosivo. Representa 05.37% da bacia do rio Marrecas, concentrando-se na porção sul dos setores A, B e C.

Classe 2: sub-utilizadas (2): são áreas que poderão ser utilizadas para atividades agrícolas com práticas conservacionistas intensivas, mas, que estão sendo ocupadas por mata, mata secundária e capoeirão, capoeira, capoeirinha e ervas. Grande parte dos solos desta área apresentam moderado potencial erosivo. Compreende 16,38% do total da bacia, estando distribuída em todos os setores.



ESCALA GRAFICA
0 1000 2000 3000 m
ESCALA 1:200.000

FIGURA 22
CARTA DOS CONFLITOS DO USO DO SOLO NA BACIA DO RIO MARRECAS - PR

- LEGENDA**
- AREA SUB-UTILIZADA (A)
 - AREA SUB-UTILIZADA (B)
 - AREA SOBRE-UTILIZADA
 - AREA COM USO CORRESPONDENTE
 - AREA URBANA

- CONVENCOES CARTOGRAFICAS**
- ▽ RESERVATORIO
 - ~ RIO
 - ~ LIMITE DA BACIA
 - DIVISA DE MUNICIPIO
 - == RODOVIAS
 - AREA URBANA

Fonte: Cartas M12661/1/2/3/4, M12649/4, M12650/3 e M12662/1 do Ministério do Exército, escala 1:50.000

Organização: Produção por Eliane R. Ferretti
Revisão: Prof. Dr. Naldy E. Conati
Desenho: Irani das Santas
Data: maio/1996

Classe 3: sobre-utilizadas: são áreas adequadas à serem preservadas permanentemente com mata nativa mas, que encontram-se com outro uso. A representação é significativa (32,16% da bacia), encontrando-se em todos os setores, mas, observa-se que abrange as altitudes mais altas, com declividade acentuada. Grande parte dos solos desta classe apresenta potencial erosivo muito alto, predominando o uso é agrícola, o que é altamente preocupante.

Classe 4: uso correspondente: são áreas que estão sendo utilizadas conforme sua capacidade de uso, mesmo que não utilizem qualquer técnica conservacionista. Ocupa a maior área da bacia, representando 45,23% desta, estando bem distribuída em todos os setores.

Quanto aos setores da bacia, o setor A apresentou 70 unidades de risco à erosão, o setor B, 67 unidades, C 61 e o setor D, com 64 unidades. Portanto, o DFC da bacia do rio Marrecas detectou o estado físico-conservacionista dos setores da bacia, identificando que os setores A e B como os que merecem prioridade na adoção de medidas conservacionistas. Toda a bacia do rio Marrecas está com seu estado ambiental comprometido e deveria ser recuperada.

Com os dados identificados e a Carta de Uso Racional do Solo da Bacia do Rio Marrecas, os municípios que compõem a bacia, principalmente, Flor da Serra do Sul e Marmeleiro (área das nascentes) e Francisco Beltrão, poderão melhor planejar suas atividades visando a minimização do potencial de degradação ambiental na bacia do rio Marrecas e, conseqüentemente, um gerenciamento conjunto desta bacia.

Esses resultados obtidos e a identificação espacial das áreas críticas estão sendo utilizados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Marrecas e está fundamentando o seu plano de gerenciamento.

Na bacia do rio Tagaçaba, também foram identificadas conflitos de uso do solo (Figura 18, página 149), sendo que a classe de uso correspondente representa

90,41% do total da área da bacia, a classes de áreas sub-utilizadas perfaz 06,95% da área total e, a de áreas sobre-utilizadas, o percentual é de 02,64.

O setor que apresentou a mais alta unidade de risco à erosão, foi o 3 da sub-bacia do rio Capivari, que não possui ocupação antrópica, tendo a Floresta Ombrófila Densa Montana e Altomontana em toda a sua área.

Com duas áreas com características diferenciadas (bacia do rio Marrecas com ocupação intensiva e vocação agrícola e, bacia do rio Tagaçaba, com predomínio de cobertura vegetal original e pouca ocupação), o DFC mostrou-se eficiente, pois detectou o estado ambiental de cada setor e, também, espacializou as áreas críticas.

Com as características da bacia do rio Tagaçaba: presença de vegetação original e baixa ocupação imagina-se que os elementos ambientais que compõem àquele espaço não apresentariam tendência à erosão. Havendo qualquer mudança em relação à forma de utilização desse setor, o seu comportamento será modificado rapidamente, desencadeando processos de degradação ambiental que poderão tornar-se irreversíveis, caso não haja um planejamento e um efetivo plano de gerenciamento dessa bacia.

Sob este enfoque, o DFC é um instrumento eficiente para fundamentar o planejamento sustentado de bacias hidrográficas, pois, além de quantificar cada parâmetro, permite identificar e localizar as áreas mais críticas.

A metodologia do DFC é viável de ser utilizada em bacias hidrográficas de qualquer tamanho, mas, é necessário adaptá-la, visto que uma vez que as características peculiares deste sistema aberto serão diferentes.

As adaptações feitas por Ferretti (Anexo 01) para a bacia do rio Marrecas foram aplicadas na bacia do rio Tagaçaba, sendo de extrema importância à aplicação da análise morfométrica (areal, linear e hipsométrica) para a compreensão do comportamento interno da bacia, também, o detalhamento da cobertura vegetal original e a utilização de dados de uso do solo em data o mais recente possível. E, também, a utilização do Método de Thiesen para a caracterização do predomínio de cada estação meteorológica. Ressalta-se a necessidade de desenvolver estudo de balanço hídrico para o Estado do Paraná, o que possibilitará uma melhor análise dos resultados do parâmetro erosividade da chuva.

Deve-se ressaltar que o DFC não é instrumento único, devendo ser aplicado os diagnósticos socioeconômico, do solo, da água, da vegetação, da fauna e da contaminação ambiental, que compõem o Diagnóstico Integral da bacia Hidrográfica. Assim, pode-se determinar, além dos fatores naturais, os fatores antrópicos da degradação.

Mas, a operacionalização rigorosa de um projeto como este, com base no planejamento racional da utilização de uma bacia hidrográfica depende, e muito, de uma política realmente comprometida com a melhoria da qualidade do ambiente e que produzisse uma legislação adequada e a fizesse cumprir.

6.3 - O DFC E O ZEE COMO INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL NA APA DE GUARAQUEÇABA

Para a verificação da eficiência do DFC como diagnóstico ambiental, além da comparação dos resultados decorrentes da sua aplicação em outras bacias hidrográficas, é oportuno, também, a comparação com resultados oriundos da aplicação de outras metodologias.

A escolha de uma unidade de conservação foi feita devido à finalidade de sua criação que se refere à proteção e conservação do ambiente, devendo estar aliada à qualidade de vida de seus habitantes. A APA de Guaraqueçaba preenchia esses requisitos, tendo como base de implantação de seu zoneamento, o ZEE, previsto na legislação para as Áreas de Proteção Ambiental.

Assim, na Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba – Pr, criada em 1985, foram desenvolvidos estudos (a partir de 1987) calcados nas características físicas da área (geomorfologia, hidrologia, clima, solos e vegetação). O resultado inicial foi publicado por IPARDES em 1990 e reeditado em 1995.

No ano de 2001, o IPARDES publicou o “Zoneamento da APA de Guaraqueçaba”, com base na metodologia do ZEE, descrevendo as características da região, mediante a análise de cartas temáticas, definindo as Zonas Ambientais,

conforme a figura 10 – Carta das Zonas Ambientais da Bacia do Rio Tagaçaba (página 89).

As seguintes zonas ambientais foram identificadas para a APA de Guaraqueçaba:

* Zonas de Proteção: altas serras e manguezais. Possuem como função principal proteger os sistemas naturais existentes, considerados de alta peculiaridade ambiental e de alta suscetibilidade de riscos ambientais, sendo que a utilização dos recursos existentes está condicionada à observância de normas de controle rigorosas (IPARDES, 2001: 123).

* Zonas de Conservação: serras, serra de Santa Luzia, morros isolados, colinas e planícies aluviais dos principais rios que compõem a bacia. Possuem como função principal permitir a ocupação do território sob condições adequadas de manejo e utilização dos recursos ambientais (IPARDES, 2001: 123).

Em relação à metodologia utilizada para esse zoneamento, Bessa Júnior (IPARDES), afirma que,

Foram utilizadas as diretrizes emanadas pela SAE (Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República). Trabalhamos com o conceito holístico sistêmico no qual nos baseamos naquela velha visão global das APAs. Procurando informações específicas, utilizamos unidades geomorfológicas como unidades básicas de mapeamento. A partir daí saímos em busca do reconhecimento dos chamados sistemas ambientais, que serviriam de referencial para o ordenamento territorial baseado na sustentabilidade ecológica e socioeconômica. (...) (MMA, 2001: 75).

Para o desenvolvimento metodológico, Bessa Júnior (MMA, 2001: 76), explica que foram necessárias 4 etapas: a primeira consistiu em definições que foram utilizadas nos diagnósticos físico-biótico, socioeconômico e jurídico-institucional; a segunda, desenvolvimento dos diagnósticos utilizando geoprocessamento e, que fundamentaram a definição dos sistemas ambientais; a terceira etapa envolveu a formulação de diretrizes, normas e programas de intervenções em áreas impactadas; na quarta, foi desenvolvido o zoneamento, identificação de unidades de conservação e dinamização de áreas econômicas prejudicadas.

Ainda sobre a metodologia, Bessa Júnior (MMA, 2001: 77/76), esclarece que,

Para a APA de Guaraqueçaba (...), conseguimos, através de imagens dos dados de cotas de curvas de níveis, a produção de um 3D, ou seja, um

modelo digital do terreno que muito nos ajudou numa análise ambiental bastante detalhada.

Uma outra técnica que procuramos desenvolver, através do geoprocessamento, (...), é a integração ou cruzamento de alguns elementos, tanto na sua parte gráfica como nos seus atributos. Utilizamos sempre o uso do solo nesse cruzamento e retiramos daí três padrões de uso que consideramos impactantes: a agricultura, pastagem e áreas desmatadas. Cruzamos com a hidrografia do qual tiramos um *buffer* simbolizando as matas ciliares, 80 metros para cada lado do rio. Apesar do Código Florestal indicar 45% de declividade, procuramos ser mais rígidos por ser uma área de conservação. Utilizamos percentuais acima de 45% que dá em torno de 22° e também as áreas que considerávamos de preservação permanente acima de 500 metros. (...).

(...). Combinando esses dados com as áreas que pinçamos no mapa de declividade, constatamos, nesse caso, que é fácil indicar um programa de intervenção numa área na BR-405 que leva até Guaraqueçaba, área bastante crítica. Não precisamos estudar a área inteira. (...).

Observamos que a pastagem é muito atuante próximo às estradas, conclusão tirada do cruzamento de padrões de uso com aquele *buffer* de matas ciliares. Portanto, não podemos ficar só na espacialização. A partir de alguns programas de geoprocessamento já trabalhados, obtivemos alguns dados. Tirando a proporção média de áreas mínimas e áreas máximas, obtivemos as áreas com pastagens, bastante impactantes na região. Preocupante em termos, porque se formos ver na proporção da área total da APA, que são 273 mil hectares de área de continente, representam 0,2%, é ínfimo. No caso das matas ciliares com solos, temos novamente a pastagem como problema, mas também não chegando a 1% na proporção para toda a APA de Guaraqueçaba. (...).

Para Castela (IAPAR – MMA, 2001),

a metodologia usada pelos técnicos foi baseada na unidade ambiental natural, que é aquela unidade geomorfológica com vistas aos aspectos ambientais que são as áreas de serra, da planície aluvial, planície de restinga, mangues. Tem-se todo esse desenho, todas essa parte foi cartografada.

Essa metodologia foi construída por uma demanda não-técnica, mas política, uma demanda de vontade de que se faça. (...). Essa metodologia adotada, essa unidade ambiental natural foi parcialmente utilizada na APA de Guaraqueçaba (MMA, 2001: 80).

Para a definição dessas zonas ambientais, verifica-se que os estudos foram caracterizados através das informações ambientais e, aparentemente, considerando as socioeconômicas. Avaliando essa carta temática produzida pelo IPARDES (2001), identifica-se uma participação muito importante da declividade, para definição do zoneamento. As zonas de proteção representam as áreas de declividade mais acentuada, acima de 20%, com presença de declividade entre 3 e 10% nas planícies aluviais dos principais rios. Nas zonas de conservação, as declividades de 0 a 20% predominam.

As restrições de uso (apresentadas no item 4.8 e retomadas no item 5.10) dessas zonas são de suma importância para a preservação desses ambientes, mas, foram embasadas em determinadas informações do ambiente físico, enfocando as formas atuais de uso e não, necessariamente, as características reais dos elementos que compõem o ambiente.

A complexidade das inter-relações entre os subsistemas que compõem o sistema ambiental, requer uma metodologia multivariada para que se estime o comportamento dos elementos ambientais diante das mais variadas formas de uso e ocupação desses espaços.

A estimativa desses comportamentos poderá ser gerada com maior rigor, utilizando-se técnicas de cruzamentos de informações dos elementos ambientais, que indiquem o potencial de degradação dos diferentes setores do espaço. O ideal é que toda a área seja trabalhada, mesmo que a classe de uso do solo que predomina seja cobertura vegetal original. Pois o processo erosivo poderá ser desencadeado alterando a forma de uso, mesmo que essa alteração não seja intensa.

O cruzamento das informações não deve ficar somente no patamar gráfico. O comportamento daquela variável ambiental diante de determinadas situações deve ser considerado e levado em consideração na hora de ponderar atributos para o cruzamento.

Para Ross (MMA, 2001: 63/68),

A concepção teórico-metodológica, que embasa o zoneamento, (...), é uma abordagem sistêmica, ainda que seja feita sem medir o fluxo de energia e matéria. Estamos recorrendo a fatos concretos que se transformam em fatos abstratos na hora que viram mapas, e esses, ainda que sejam "mentiras coloridas", vão se transformando em informações que ligadas irão gerar um produto que chamamos de zoneamento. (...). Portanto, o fundamental para se fazer um zoneamento é ter uma base de dados confiável, pois essa base, em função dos objetivos e da escala, pode ser manipulada e produzir o documento que se deseja – ou uma carta de fragilidade ou uma carta de sistemas ambientais naturais, ou uma carta de zoneamento, "n" produtos possíveis. (...).

A fundamentação teórica e metodológica tem como pano de fundo o fato de que na natureza e seus componentes são interdependentes: relevo, solo, água, clima, cobertura vegetal, fauna, existe uma relação forte entre esses elementos, eles se interagem naturalmente e não conseguimos cercar todas essas informações. A sociedade, constituída de homens, corre atrás disso com um certo determinismo geográfico, uma certa imposição, ainda que novas tecnologias se desenvolvam.

(...).

Portanto, em um zoneamento, o mais importante não são os procedimentos, mas as concepções metodológicas. E há que se considerar três componentes importantes, a natureza, a sociedade e o jurídico-institucional.

Sob esse enfoque, ressalta-se que a definição da metodologia que irá coletar essas informações bases é de suma importância. Essas informações deverão ser confiáveis, levando em consideração que jamais conseguir-se-á “cercar todas essas informações”, como ressalta Ross.

No resultado obtido no zoneamento da APA de Guaraqueçaba, tendo por base o ZEE, foi identificada a participação importante da declividade e, a partir da definição das zonas, as restrições de uso foram desenvolvidas. Esses resultados foram obtidos da avaliação produzida pelo cruzamento de informações mediante o geoprocessamento, não sendo definido previamente os parâmetros de análise. Assim, os critérios para a definição das categorias de zoneamento foram subjetivos, dependendo muito do pesquisador.

Já o DFC define parâmetros, embora flexíveis em relação à atribuição de valores, mas, que se tornam objetivos e operacionais em qualquer situação ambiental. Como os parâmetros e índices são flexíveis em sua concepção, permite, se for o caso, a participação de outras vertentes de decisão, como a institucional e a comunitária.

Os resultados do DFC demonstraram que os setores com pouca ou nenhuma ocupação antrópica possuem os índices mais altos de unidades de risco de erosão. As regiões mais antropizadas (próxima à PR-405 e estradas secundárias), poderiam ser otimizadas em relação a sua capacidade de uso (Figura 19, página 151), desde que respeitadas a legislação.

Nesta mesma figura, observa-se a existência de áreas que devem ser mantidas com o mesmo uso, mas, estão em conflito com a legislação atual vigente. Essa situação merece um estudo mais detalhado para verificar quais são os conflitos e, se estes, são decorrentes das condições do ambiente, ou simplesmente das leis que foram criadas sem considerar a capacidade de uso. Essas áreas estão sendo utilizadas por agricultura (incluindo a plantação de banana), pastagem e reflorestamento.

Em relação ao objetivo dessa tese, analisar a adequação dos parâmetros que compõem o DFC como reais indicadores do estado de degradação de uma bacia hidrográfica, ressalta-se a eficiência dessa metodologia, cujos resultados

qualitativos são transformados em quantitativos, especializando as áreas mais críticas, atendendo a demanda do planejamento ambiental.

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Inicialmente, tratar-se-á das considerações finais sobre o estado físico-conservacionista da bacia do rio Tagaçaba e, posteriormente, da metodologia do DFC.

7.1 - BACIA DO RIO TAGAÇABA

Considerando-se a bacia do rio Tagaçaba de modo geral, isto é, a média entre os parâmetros dos setores, observou-se que o seu estado ambiental é:

- a cobertura vegetal atual tem muita semelhança com a original;
- o relevo foi identificado como ondulado (na planície litorânea) e montanhoso a escarpado (nas regiões acima de 700 metros de altitude). Nas curvas hipsométricas dos setores, verifica-se que o relevo da sub-bacia do Tagaçaba, nos setores 1 e 3, predomina formas de elevações residuais resistentes á erosão em áreas aplainadas e, o setor 2, encontra-se em fase de equilíbrio. Na sub-bacia do rio Capivari, os setores 1 e 2 estão em equilíbrio em relação aos processos de erosão e, o setor 3, encaixa-se, também, na fase de aplainamento. Na sub-bacia do rio Potinga: o setor 3 representa relevo em fase de ajuste, não tendo chegado a fase de equilíbrio e, o setor 3, em fase de aplainamento final.

- o potencial erosivo dos solos predominante apresentou-se muito alto;
- a densidade de drenagem qualificou-se como mediana;
- o balanço hídrico caracterizou-se como alto;
- a erosividade da chuva é caracterizada como excessiva;
- a proteção fornecida ao solo pela cobertura vegetal atual é alta.

Quanto aos setores das sub-bacias, o setor 3 da sub-bacia do rio Capivari apresentou 55 unidades de risco de erosão (valor mais alto), representando a fragilidade desse ambiente caso seja alterado alguma forma de sua ocupação. O setor 2 da mesma sub-bacia apresentou a menor unidade de risco à erosão, 37. Os demais setores apresentarem resultados em valores intermediários do acima descritos.

Assim, toda a bacia do rio Tagaçaba possui um bom estado ambiental mas, os setores apresentaram unidades de risco à erosão significativas, pois estão um pouco abaixo de 50 (as unidades variam de 0 a 100).

Com esses dados identificados, e cruzando a Carta de Potencial Erosivo do Solo com a Carta de Uso do Solo, identificam-se as áreas de conflito de uso (Figura 17, página 145), onde predomina a indicação que 90,41% da bacia está com classe de uso correspondente à capacidade ambiental desses locais.

A Carta de Conflitos de Uso foi inter-relacionada com a Carta de Zonas Ambientais, resultando na Carta do Uso Racional do Solo – Proposta (Figura 19, página 147), onde se verificou que 85,18% da área da bacia do rio Tagaçaba deve ser mantida com o mesmo uso atual.

Mesmo com esses resultados que representam um ótimo estado ambiental, se faz necessário que as leis que regem esse espaço (a bacia do Tagaçaba faz parte da APA de Guaraqueçaba), sejam efetivamente cumpridas.

As áreas que poderão ter seus usos otimizados representam 06,76% mas, é importante que sejam revistas as restrições, pois os proprietários que vivem nessas regiões necessitam de um incentivo para poderem sobreviver e não abandonarem suas terras, em função da não alteração no uso de suas propriedades. É claro que essa revisão deverá ser feita a partir de um estudo mais aprofundado, reconhecendo muito bem às possibilidades de melhor uso do solo.

As áreas a serem preservadas ou recuperadas representam 02,75% da área total da bacia mas, o ambiente encontra-se no limite de sua equilibrada sobrevivência. As zonas ambientais que estão presentes nessas regiões, são as de Serra e da Serra de Santa Luzia e, em menor proporção, a de planície aluvial dos rios principais das sub-bacias. Os usos atuais são de capoeirinha e a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas. São áreas de uso restrito pela atual legislação

mas, há possibilidade de aprovarem o desenvolvimento de algumas atividades, como a mineração, silvicultura e extração vegetal, agropecuária.

A capoeirinha é um estágio inicial de regeneração da cobertura vegetal, portanto, a fiscalização deve ser feita constantemente pois, impondo uma intensificação dos usos já existentes, essas áreas começarão a se degradarem.

As áreas em que os usos deverão ser mantidos apresentam, em alguns trechos, conflitos com a legislação atual. São algumas áreas ocupadas por agricultura de subsistência, cultivo de banana, pastagem e reflorestamento. Essas ocupações não estão indo contra a capacidade ambiental desses locais mas, sim, com as restrições legais pois, percebe-se a ausência de práticas conservacionistas e, no caso do reflorestamento, a utilização de espécies nativas não irá agredir o ambiente.

As áreas que deverão ser mantidas com o mesmo uso e que não conflitam com a legislação atual deverão ser fiscalizadas, envolvendo todos os setores que possuem unidades representativas de risco à erosão.

O gerenciamento de bacia é o resultado da adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento. A unidade de intervenção bacia hidrográfica, apresenta vantagens e desvantagens. A vantagem principal é que esta unidade territorial relaciona as causas/efeito da degradação ambiental com maior clareza e facilidade de mensuração. A desvantagem principal é que, nem sempre os limites municipais e/ou estaduais, respeitam os divisores da bacia.

Para a implantação de um programa de gerenciamento da bacia do rio Tagaçaba, é necessário que o governo municipal, estadual e federal, definam as metas, objetivos, políticas e planos, em função de pertencer a uma APA. Só assim a degradação ambiental poderá ser minimizada e revertida.

Mas, deve-se ressaltar que o DFC da bacia do rio Tagaçaba deverá ser complementado com diagnósticos sócio-econômico, solo, água, vegetação, fauna e contaminação ambiental que compõem o Diagnóstico Integral da bacia Hidrográfica. Assim, determinar-se-á, além dos fatores naturais, os fatores antrópicos da degradação.

A operacionalização rigorosa de um projeto como este, baseado no planejamento racional de utilização da bacia do rio Tagaçaba depende, e muito, de

uma política realmente comprometida com a melhoria da qualidade do ambiente e que produzisse uma legislação adequada e a fizesse cumprir.

7.2 - METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada neste trabalho teve como base à metodologia desenvolvida pelo CIDIAT, na Venezuela, com influências de trabalhos desenvolvidos por técnicos espanhóis, sendo que já foi aplicada em bacias hidrográficas na República de Honduras com resultados positivos. No Brasil, fundamentou o trabalho desenvolvido por Beltrame (1990) na bacia do rio do Cedro - Brusque - SC, o Consórcio Intermunicipal para Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi, no Paraná e a dissertação de Ferretti (1998), desenvolvida na bacia do rio Marrecas, sudoeste do Paraná.

A utilização de qualquer metodologia deverá ser realizada após a sua adaptação para a nova situação. A necessidade de reavaliação e verificação de sua viabilidade para sua aplicação em outra bacia, advém do fato de que, as características peculiares deste sistema aberto, que é a bacia hidrográfica, serão diferentes.

A aplicação desta metodologia possibilita a participação de uma equipe multi e interdisciplinar, com a participação dos governos e/ou instituições ligadas ao meio ambiente (vertente institucional) e da população (vertente comunitária).

Para o estudo do DFC é necessário indicar parâmetros potenciais de proteção ou de degradação dos recursos naturais.

Os parâmetros referenciados refletem o potencial da bacia, a partir do clima, solo, vegetação e relevo e são indicativos do estado ambiental efetivo dos recursos naturais da bacia.

Estes parâmetros são expressos de forma numérica, através da fórmula descritiva, que estabelecerá o risco de degradação da bacia hidrográfica e possibilitará uma análise qualitativa quanto a preservação desses recursos.

O estado ambiental é resumido em um valor numérico: o estado físico-conservacionista da bacia. Este valor é qualitativo, próprio para análises comparativas entre os setores da bacia hidrográfica.

Para determinar-se o estado ambiental, é necessário a utilização de cartografia temática específica: cartas de localização, setorização, clinográfica, uso do solo atual, cobertura vegetal original (se necessário), geológica, geomorfológica, potencial erosivo do solo, conflitos de uso e uso racional do solo (proposta). A escala de 1:50.000 foi adequada para a determinação do potencial de degradação da bacia em estudo. Mas, sugere-se que, caso houver disponibilidade de informações em escala 1:25.000 ou 1:10.000, possibilitará levantamentos mais detalhados.

O uso de sistema geográfico de informações para integração dos dados temáticos da bacia é recomendável pois, permite a organização e inter-relação dos dados e trabalhos cartográficos. Mas, sabendo-se da realidade das nossas prefeituras, da falta de uma equipe técnica especializada nesta área, sugere-se a capacitação de técnicos por meio de cursos específicos. Não só na área de GIS mas, também, nas outras áreas: foteointerpretação, geomorfologia, geologia, pedologia, agronomia, geografia, cartografia, etc.. Em função disso que se faz necessário à formação de uma equipe multi e interdisciplinar.

Caso não se tenha a disponibilidade de utilização de imagens orbitais, quer seja pela limitação de uso (sombreamento, nebulosidade, ângulo de insolação, escolha de banda, que poderão aumentar o percentual de áreas não classificadas), quer seja pelo alto custo de aquisição, a interpretação de fotografias aéreas em escala compatível é uma técnica adequada para obtenção de informações.

Os critérios adotados por Ferretti (1998) para a setorização da bacia, com base em informações de hidrografia, hipsometria, perfil longitudinal do rio, geologia e morfometria revelaram-se suficientes para a interpretação de características peculiares dos setores. Assim, a aplicação dos programas que objetivam a gestão da bacia, deverá levar em consideração o comportamento diferencial de cada setor.

Em relação aos parâmetros componentes da fórmula descritiva:

Parâmetro CO: possibilita um grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e a original, tornando o resultado obtido mais próximo da realidade originalmente existente. Para complementar este parâmetro, sugere-se pesquisa de campo para detalhar o máximo possível, tanto a área ocupada quanto a espécies que compõem a cobertura vegetal atual. Assim, o grau de semelhança será o mais real possível.

Parâmetro CA: grau de proteção oferecido ao solo pela cobertura vegetal atual. Detalhando-se o parâmetro CO, o parâmetro CA também será detalhado. Sugere-se o uso de informações mais recentes possíveis.

Parâmetro E: a utilização da equação desenvolvida por Bertoni; Moldenhauer e utilizada por Beltrame (1990) é adequada para definir-se este parâmetro. Sugere-se a utilização do maior período de tempo possível de informações de precipitação para determinação da erosividade da chuva na bacia.

Parâmetro BH: revelou-se de suma importância, pois desequilíbrios no balanço hídrico, significa danos sobre os recursos naturais. Também neste parâmetro, sugere-se a utilização do maior período de tempo possível e aplicação do índice hídrico ou índice de aridez (se for o caso), para caracterização climática da bacia. Mas, a falta de uma classificação a nível estadual com respaldo científico, poderá deixar o parâmetro sem referência. Caso isso ocorra, sugere-se o cálculo do balanço hídrico para todas as estações pluviométricas do Estado, se possível, no mesmo período de tempo utilizado para análise da bacia, o que auxiliará na definição de parâmetros comparativos. Esclarece-se que esta não é a solução, o correto seria que a instituição estadual responsável desenvolve-se uma classificação a nível estadual.

Parâmetro DD: com a aplicação dos cálculos completos da análise morfométrica para a setorização, a interpretação dessas informações fornecerá o “retrato” da organização espacial interna desta, o que auxiliará, também, na setorização da bacia.

Parâmetro PE: o potencial erosivo dos solos deve englobar o maior número possível de informações: declividade, características geológicas (litológicas e estruturais), tipos de solos que ocorrem na bacia (identificados a partir de mapeamento regional e/ou estadual), estas informações deverão ser inter-relacionadas com a carta de declividade para avaliação da erodibilidade dos solos.

Parâmetro DM: só a declividade média revelou-se insuficiente para relacionar proporcionalmente relevo e erosão (BELTRAME, 1990, p.174). Assim, além da utilização da curva hipsométrica, altura média, coeficiente de massividade e orográfico, sugere-se a utilização da análise morfométrica, que auxiliará com maior precisão as diferentes intensidades dos processos erosivos, bem como a utilização da carta de declividade, com classes compatíveis à interpretação da suscetibilidade dos solos à erosão

De uma maneira geral, todos os parâmetros adotados pelo DFC são importantes. Mas, sugere-se que, quanto mais detalhado for cada parâmetro, maior é a possibilidade de se entender o comportamento a bacia hidrográfica.

Quanto às adaptações feitas na metodologia apresentada por Ferretti (1998), devem ser mantidas, ressaltando a necessidade de adaptação dos subíndices de cada parâmetro em outra área de estudo. Pode-se resumi-las como segue:

* Cobertura Vegetal Original (CO): por descrições detalhadas do período mais antigo possível.

* Cobertura Vegetal Atual (CA): por fotos aéreas e imagens LANDSAT.

* Erosividade da Chuva (E): por equação de Lombardi; Moldenhauer (1980), com base no período de dados disponíveis da estação meteorológica. Havendo a possibilidade de adaptação dessa equação para o Estado em estudo, desenvolver essa adaptação.

* Declividade Média (DM): integral hipsométrica, coeficientes de massividade e orográfico, relação de relevo, índice de rugosidade, textura topográfica e morfometria da bacia.

* Potencial Erosivo do Solo (PE): associação das cartas clinográfica, pedológica, dados de geologia, geomorfologia e características físicas e químicas dos solos.

* Balanço Hídrico (BH): complementação com o índice hídrico, base no período de dados disponíveis da estação meteorológica.

* Densidade de Drenagem (DD): cálculo morfométrico detalhado da bacia.

* Setorização da bacia: dados de hipsometria, hidrografia, perfil longitudinal do rio, geologia e morfometria da bacia.

Assim, as adaptações propostas por Ferretti (1998), apresentaram-se suficientes para o entendimento do comportamento ambiental da bacia do rio Tagaçaba. Por apresentar características ambientais e de ocupação tão diferentes da bacia do rio Marrecas, a aplicação do DFC nessa área litorânea reforçou a importância desse instrumento de pesquisa.

A comparação com a base metodológica utilizada para o zoneamento da APA de Guaraqueçaba e, posteriormente, com o DFC da bacia do rio Marrecas, reforça a viabilidade de utilização dessa metodologia em bacias hidrográficas de diversos tamanhos e características, devendo ser adaptado os índices dos parâmetros para a nova área de estudo.

A sugestão feita por Beltrame (1990: 172), de que "uma vez concluído o DFC de uma bacia hidrográfica com fins conservacionistas, recomenda-se a avaliação do mesmo periodicamente (por exemplo: a cada 5 anos), com vistas à sua utilização", é bastante viável e necessária para manutenção do programa de gerenciamento da bacia hidrográfica.

A metodologia para o diagnóstico físico-conservacionista adaptada mostrou-se viável de ser utilizada em outras bacias hidrográficas.

Mas, o maior desafio é adequar a metodologia para as condições do nosso país. Convivemos com uma pobreza estrutural, onde os desafios de produzir alimentos, gerar empregos e distribuir a renda equitativamente, devem estar integrados com o objetivo de preservar e controlar o ambiente (MUNHOZ, 1991).

Sabe-se que qualquer planejamento, no Brasil, enfrenta dificuldades, não só a falta de informações, escassez de pessoal capacitado mas, também e, principalmente, a falta de recursos financeiros. Portanto, sabe-se também, que os problemas são mais complicados no planejamento ambiental de bacias hidrográficas, pois para a maior parte dos governos, o ambiente é um fator a ser dominado e aproveitado e não um fator controlável e aproveitável. Infelizmente, até a década de 1990, o crescimento econômico era sinônimo de destruição da natureza e degradação ambiental (com raras exceções), não havendo equilíbrio entre o crescimento social e a utilização racional dos recursos naturais.

Os problemas enfrentados na fase do planejamento serão refletidos no gerenciamento da bacia hidrográfica. Além da insuficiência de informações, a falta de divulgação destas é, na maioria das vezes, a maior dificuldade. Faz-se

necessário o desenvolvimento de um banco de dados que reúna as informações quantitativas e qualitativas dos recursos naturais brasileiros, o que contribuiria para o planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas.

Concordamos com Prochnow (1988) que os problemas enfrentados na planificação de bacias hidrográficas refletem diretamente no seu gerenciamento. E ressalta que, além da problemática da carência ou insuficiência de dados, a sua dispersão e falta de divulgação, muitas vezes, é o problema maior. Em sua opinião, é urgente a necessidade de um banco de dados com informações quantitativas dos recursos naturais e informações qualitativas do meio ambiente. Prochnow (1988) ressalta ainda que, o sistema institucional deveria ser reordenado, pois, os órgãos são vários e, muitos, se sobrepõem e se confundem e, infelizmente, muitas vezes, estes órgãos são conflitivos nas medidas que se propõem a desenvolver.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABSY, M. L. (Coord.) **Diretrizes de pesquisa aplicada ao planejamento e gestão ambiental**. Brasília; IBAMA, 1995
- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. In: **Revista Brasileira de Geociências**, 28(2): 135-150, junho de 1998.
- ALMEIDA, J. R. (Coord.) **Planejamento ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum. Uma necessidade, um desafio**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Thex Editora, 1999.
- ALMEIDA, J. R. (Coord.) **Planejamento ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum. Uma necessidade, um desafio**. Rio de Janeiro: Thex Editora, 1993.
- ALONSO, M.T.A. **Vegetação**. In: **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: SERGRAF – IBGE, 1977, p.81-109.
- ANGULO, R. J. **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. São Paulo, 1992. Tese (Curso de Pós – Graduação no Instituto de Geociências), USP.
- BELTRAME, A.V. **Proposta metodológica para o diagnóstico do meio físico com fins conservacionista de pequenas bacias hidrográficas – um estudo da bacia do Rio do Cedro (Brusque – SC)**. Florianópolis, 1990. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina.
- _____. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994.
- BENI, M.C. **Análise estrutural do Turismo**. 5. ed. São Paulo: SENAC, 2001.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.
- BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba: ADEA e ABGE, 1985.
- BIGARELLA, J. J. (Coord.). **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná... um problema de segurança ambiental e nacional**. Curitiba: Governo do Paraná/SEPL/ADEA, 1978.
- BRANCO, S.M. **Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

- BRITEZ, R.M. *et alii*. Interceptação das chuvas em duas formações florestais da planície litorânea da Ilha do Mel – PR. In: Fórum Geo-Bio-Hidrologia (I: 1998: Curitiba). Anais... Curitiba: Editora UFPr, 1998, páginas 60/69.
- CANALI, N.; OKA-FIORI, C. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. In: LIMA, R.E.; NEGRELLE, R.R.B. (Orgs.) **Meio ambiente e desenvolvimento no litoral do Paraná: diagnóstico**. Curitiba: Editora UFPr (NIMAD/CNPq), 1998, p. 35/40.
- CANALI, N. E.; OKA-FIORI, C.; GUEDES, J. A. propriedades físicas das bacias hidrográficas das baías de Antonina e Paranaguá – PR. In: Fórum Geo-Bio-Hidrologia (I: 1998: Curitiba). Anais... Curitiba: Editora UFPr, 1998, páginas 136/143.
- CANALI, N.E. Análise morfométrica da bacia do rio Açungui. Curitiba: 1986. Tese (Professor Titular). Departamento de Geografia, da Universidade Federal do Paraná.
- _____. Análise topológica das redes de drenagem da porção leste do território paranaense. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1990.
- CANEPARO, S.C. Crescimento urbano de Paranaguá sobre o ecossistema manguezal. In: LIMA, R.E.; NEGRELLE, R.R.B. (Orgs.) **Meio ambiente e desenvolvimento no litoral do Paraná: diagnóstico**. Curitiba: Editora UFPr (NIMAD/CNPq), 1998, p. 165/174.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2000.
- _____. Geomorfologia. 2ª Ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1980.
- _____. Análise de sistemas em Geografia. São Paulo: HUCITEC, 1979.
- CONTE, A. M. *et alii*. Fotointerpretação de amostras circulares de rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha. In: Revista do Instituto de Floresta, São Paulo: 2(1): 01-29, 1990.
- D'AGOSTINI, L.R. **Erosão: o problema mais que o processo**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.
- DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. Revista do Departamento de Geografia, FFLCH/USP. São Paulo: v.6, p. 45-60, 1992.
- DREW, D. **Processos interativos homem – meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA – Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.

_____. **Levantamento de Reconhecimentos dos Solos do Estado do Paraná.** Curitiba, EMBRAPA, 1984.

FERRETTI, E.R. **Diagnóstico físico-conservacionista - DFC da bacia do Rio Marrecas – Sudoeste do Paraná.** Curitiba: 1998. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental), Departamento de Geologia, UFPr.

GODOY, H. *et alü.* **Cartas climáticas do Estado do Paraná.** Londrina: IAPAR, 1978.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico - geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

HACK, J. Interpretação da topografia erodida em regiões temperadas úmidas (tradução de Lucia Helena O Gerardi). **Notícias Geomorfológicas**, Campinas: 12(34): 03-37, dezembro/1972.

HIDALGO, P. Diagnóstico físico – conservacionista. In: **Curso de manejo conservacionista em bacias hidrográficas.** Vol. 1, Apostila 7. Londrina: SUREHMA e COPATI, agosto/1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Zoneamento da APA de Guaraqueçaba.** Curitiba: IPARDES, 2001.

_____. **Diagnóstico ambiental da APA de Guaraqueçaba.** Curitiba: IPARDES, 1995.

_____. **APA de Guaraqueçaba – Declividade.** 1989.

_____. **APA de Guaraqueçaba – Solos.** 1989.

MARTINS, E.M. **Área de proteção ambiental – APA de Guaraqueçaba.** Curitiba: 2001. Monografia (Curso de Turismo), FCSA, UTP.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** 2ª Ed. Rio de Janeiro: J. Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981.

MILLIKAN, B. **Zoneamento ecológico-econômico e políticas públicas no Estado de Rondônia. Oportunidades, limites e desafios para o desenvolvimento sustentável.** Porto Velho: Projeto BRA/94/007, 1998.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Avaliação da metodologia de zoneamento ecológico-econômico para a Região Sul – transcrição de debates.** Brasília: MMA/SDS, 2001.

MONTEIRO, C. A F. **O clima e a organização do espaço do Estado de São Paulo: problemas e perspectivas.** São Paulo: USP, 1976.

_____. **Clima.** In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: grande região Sul.** 2ª Edição. Rio de Janeiro: IBGE, 1968. Volume 4: 114/166.

MORAES, M.E.S. **A ocupação antrópica e as questões ambientais no ecossistema restinga – o caso do perímetro urbano do município de Paranaguá.** In: LIMA, R.E.;

MUNHOZ, Tania. **Desenvolvimento sustentável e educação ambiental.** Em Aberto, v.10, n.º 49: 62-65. Brasília: 1991.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1988.

OKA-FIORI, C.; CANALI, N.E. **Mapeamento geomorfológico.** In: LIMA, R.E.; NEGRELLE, R.R.B. (Orgs.) **Meio ambiente e desenvolvimento do litoral do Paraná: diagnóstico.** Curitiba: Editora UFPR (NIMAD/CNPq), 1998, p. 51/56.

ORELLANA, M.P. **Metodologia integrada no estudo do meio ambiente.** *Geografia*, 10(20): 125-148, 1985.

PALMIERI, F.; LARACH, J.O.I. **Pedologia e geomorfologia.** In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.) **Geomorfologia e meio ambiente.** 2 Ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1998, páginas 59/122.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia.** 2. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

PROCHNOW, M.C.R. **Recursos hídricos e metodologia de pesquisa.** *Geografia*, v.10, n.º 19: 197-202, abril de 1985.

_____. **Planejamento de bacias hidrográficas.** *Anais da Semana do meio Ambiente.* Piracicaba: Livroceres, 1988.

RAFELI NETO, S. L. **Análises morfométricas em bacias hidrográficas integradas a um sistema de informações geográficas.** Curitiba, UFPR, 1994.

RODERJAN, C.V. *et alii.* **As regiões fitogeográficas do Estado do Paraná.** In: *Acta Forestalia Brasiliensis.* Curitiba: SBCTF, v.1, 1993, p. 01/03.

RODRIGUEZ, J.M.M. **Planejamento ambiental: bases conceituais, níveis e métodos.** IN: CAVALCANTI, Agostinho P. B. (org.) **Desenvolvimento sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais.** Fortaleza: UFC – Imprensa Universitária, 1997, p. 37-49.

- SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs.) **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1999.
- SANCHES, M. C. A propósito das cartas de declividade. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. (1993: São Paulo). **Anais ... São Paulo: Departamento de Geografia: FFLCH/USP, 1993, p.311-314.**
- SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DE RONDÔNIA. **Planejamento sem rumo. Avaliação crítica da metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico nos Estados da Amazônia Brasileira**. Berlin, 1998. Relatório.
- SOARES, P.C. *et alü*. Lineamentos em imagens de Landsat e radar e suas implicações no conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. (1982: Brasília) **Anais... V.1**. Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 143-156, 1982.
- SIMÕES, R. M. de A. Notas sobre o clima do Estado do Paraná. In: **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro: 16(1): 126-132, 1954.
- SOUZA FILHO, C.F.M. **Espaços ambientais protegidos e unidades de conservação**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 1993.
- STRAHLER, S. N. **Physical geography**. 2ª Ed. New York: John Wiley & Sons, 1960.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.
- TOMMASINO, H. **Insustentabilidad o sustentabilidad “puente”? Análisis de la producción animal em el municipio (APA) de Guaraqueçaba, Paraná, Brasil**. Curitiba: 2002. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), UFPR.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1992.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ; INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Normas para apresentação de documentos científicos**. Curitiba: Editora UFPr., 2000. 10 volumes.
- VIEIRA, N.M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Franca – SP**. Franca, 1978. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
- VILLELA, S.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw- Hill do Brasil, 1975.
- WILLIAMS, H.; TURNER, F. J.; GILBERT, C. M. **Petrografia: uma introdução ao estudo das rochas em seções delgadas**. Tradução de: Ruy Ribeiro Franco. São Paulo: Polígono e Editora da Universidade de São Paulo, 1970.

9 - BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A. N. Potencialidades paisagísticas brasileiras. *Geomorfologia*. São Paulo: IGUSP, 55: 01-27, 1977.

ALMEIDA, N.O. **Delimitação e caracterização de unidades de manejo ambiental: uma contribuição metodológica**. Rio de Janeiro, 1982. Dissertação (Mestrado em Ciências), Instituto de Geociências, UFRJ.

ANDRADE, R. O. B. *et alii*. **Gestão ambiental > enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável**. São Paulo: MAKRON BOOKS, 2000.

ART, H. W. (Ed.) **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6.023: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, agosto de 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.520: informação e documentação – citações em documentos - apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.724: informação e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

BACARO, C. A. D. **Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de cerrado – Uberlândia – MG**. Tese. São Paulo: USP, 1990.

BEDÊ, L. *et alii*. **Manual para mapeamento de biótopos no Brasil: base para um planejamento ambiental eficiente**. 2. Ed. Belo Horizonte: Fundação Alexander Brandt, 1997.

BIGARELLA, J. J. *Et alii*. **Considerações a respeito da evolução das vertentes**. *Boletim Paranaense de Geografia*, n.º 16 e 17: 85-117, 1965.

_____ *et alii*. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Volume 1 e 2. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994.

BITAR, O. Y.; FORNASARI FILHO, N. **Estudos de impacto ambiental e geologia**. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **O meio físico em estudos de impacto ambiental**. São Paulo: IPT, 1990, p. 1/3.

BRANCO, S. M. **O meio ambiente em debate**. São Paulo: Moderna, 1997.

BRAGA, B. *et alii*. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas: manual operativo**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1987.

CANALI, N. E. **Análise topológica das redes de drenagem da porção leste do território paranaense**. Tese. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1990.

_____; OKA-FIORI, C. Análise morfométrica da rede de drenagem da área do Parque Marumbi – Serra do Mar (Pr). In: III SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA. (Curitiba: 1987). Anais... Curitiba: V.1: 1987: p. 21-40.

CASSETI, V. Abordagens sobre os estudos de relevo e suas perspectivas (notas preliminares). In: Revista Sociedade & Natureza. Uberlândia: UFU – Departamento de Geografia, Ano 3, N.º 15, jan/dez 1996, p. 37/43.

CAVALCANTI, A.P.B. (Org.). **Desenvolvimento sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais**. Fortaleza: UFC – Imprensa Universitária, 1997.

CENTRO DE HIDRÁULICA E HIDROLOGIA PROF.º PARIGOT DE SOUZA – CEHPAR. **Estudos hidrometeorológicos para os estudos de inventário da bacia hidrográfica do rio Ivai. Relatório técnico n.º 1 – Avaliação de perdas de solo**. Curitiba: UFPR/COPEL/CEHPAR. Dezembro de 1998.

CHRISTOFOLETTI, A. Correlação de variáveis para o estudo comparativo de bacias hidrográficas. *Boletim Geográfico*. V.30, n.º 224: 1971, p. 101/106.

_____; ARENA, J. Estruturação de redes hidrográficas na região norte-ocidental do Estado de São Paulo. *Boletim Paulista de Geografia*. N.º 52, 1976, p.05-28.

_____; OKA-FIORI, C. O uso de densidade de rios como elemento para caracterizar as formações superficiais. *Notícias Geomorfológicas*. Campinas: 20 (39-40): 1980, p. 73-85.

_____; PEREZ FILHO, A. Estudos sobre a forma de bacia hidrográfica. *Boletim de Geografia Teorética*. Rio Claro, 5 (9-10): 1975, p.83-92.

_____. Caracterização de indicadores geomorfológicos para a análise da sustentabilidade ambiental. In: Revista Sociedade & Natureza. Uberlândia: UFU – Departamento de Geografia, Ano 3, n.º 15, jan/dez 1996, p.31/33.

COCATO, D. P.; GALZERANI, F. R. Contribuição ao planejamento ambiental do Município de Limeira, com base em estudos geomorfológicos – uma proposta de

trabalho. In: **Revista Sociedade & Natureza**. . Uberlândia: UFU – Departamento de Geografia, Ano 3, n.º 15, jan/dez 1996, p.359/361.

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo: Editora UNESP, 2001.

CRUZ, C. C. S. Erosão hídrica: um estudo da erodibilidade e processos de erosão dos solos do município de Rio Branco – Acre. In: **Revista Sociedade & Natureza**. . Uberlândia: UFU – Departamento de Geografia, Ano 3, n.º 15, jan/dez 1996, p.187/190.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2 Ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1995, p. 211/252.

_____. **Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da bacia do rio São João – RJ**. Tese. Rio de Janeiro: edição do autor, 1995.

DE BIASI, M. *Et alii*. Cartas de orientação de vertentes: confecção e utilização. In: **Cartografia**. São Paulo: IGEO/USP, n.º 4, 1977.

EMBRAPA. **Guia para identificação dos principais solos do Estado do Paraná**. Brasília: EMBRAPA, 1986.

EHRlich, P. **O mecanismo da natureza: o mundo vivo a nossa volta e como funciona**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

FERREIRA, L. C. **A questão ambiental: sustentabilidade e políticas públicas no Brasil**. São Paulo: Boitempo Editorial, 1998.

FOLADORI, G. **Limites do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2001.

FERRETTI, E.R. **Bases geológicas para caracterização morfométrica da bacia do rio Marrecas - Sudoeste do Paraná**. Curitiba, 1998. Estudo Programado (Mestrado em Geologia Ambiental). Setor de Ciências da Terra, da

FRANCO, M. A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Annablume: FAPESP, 2000.

GARAY, I.; DIAS, B. **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**. Petrópolis: Editora Vozes, 2001.

GEVERTZ, R. (Coord.). **Em busca do conhecimento ecológico: uma introdução à metodologia**. 2. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1995.

GIOMETTI, A. B. R. **A bacia hidrográfica como subsídio ao planejamento ambiental**. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA A I FORUM

LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA (Curitiba: 1997). Anais... Curitiba: Departamento de Geografia, UFPR, 1997.

GOULART, A. C. O. Mapeamento geomorfológico básico e pesquisa aplicada: o método e a escala de abordagem. In. *Revista Sociedade & Natureza*. Uberlândia: UFU – Departamento de Geografia, Ano 3, n.º 15, jan/dez 1996, p.317/319.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Programa de manejo integrado dos solos e da água em microbacias. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, s/d.

_____. MAIA: manual de avaliação de impactos ambientais. Curitiba: SUREHME/GTZ, 1992.

GRALLA, P. Como funciona o meio ambiente. São Paulo: Quarks Books, 1998.

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

GUERRA, A. J. T. Considerações a respeito da importância da geomorfologia no manejo ambiental. *Boletim Geográfico*. Rio de Janeiro: 36 (258-259), julho/dezembro 1978, p.60/67.

GHEZZI, A. O.; FERRETTI, E. R. Diagnóstico ambiental da bacia do rio Xaxim – Antonina, Paraná, Brasil. In: I SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA (Cuba: 2000). Anais... Cuba: 1 a 5/08/2000, p.46.

HUPB, J. I. L. Elementos de geomorfologia aplicada (métodos cartográficos). México: Instituto de Cartografia, 1988.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. O clima na avaliação de impactos ambientais. Curitiba: IAP/GTZ, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia e questão ambiental. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

LANNA, A. E. L. Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: IBAMA, 1995.

LEAL, A. C. L. Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca – Campinas – SP. Dissertação (Mestrado em Geociências). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 1995.

LEFF, E. Epistemologia ambiental. São Paulo: Cortez, 2001.

LENCASTRE, A.; FRANCO, F. M. Lições de hidrologia. 2 Ed. Lisboa: Editora Universidade Nova de Lisboa, 1992.

- MACÊDO, J.A.B. *Águas & águas*. São Paulo: Livraria Verela, 2001.
- MAGOSSI, L.R.; BONACELLA, P.H. *Poluição das águas*. São Paulo: Moderna, 1990.
- MAIA, N. B. *et alii* (Orgs.). *Indicadores ambientais: conceitos e aplicações*. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001.
- MARSILY, G. *A água*. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.
- MASSOUD, Z. *Terra viva*. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.
- MATTOS, I. F. A. *et alii*. Levantamento do meio biofísico e avaliação da fragilidade do ecossistema na Estação Ecológica dos Catetus – SP. In: *Revista Sociedade & Natureza*. Uberlândia: UFU – Departamento de Geografia, Ano 3, n.º 15, jan/dez 1996, p.388/393.
- MENDONÇA, F. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica. Proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. In: *Ra'ega: o espaço geográfico em análise*. Curitiba: Departamento de Geografia, UFPr, N.º 3, ano III, 1999, p.67/89.
- MÉRICO, L. F. K. A estabilidade do meio morfodinâmico e sua aplicação no planejamento ambiental. In: *III SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA* (Curitiba: 1987). *Anais...* Curitiba: V.1, 1987, p.03/09.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Programa Nacional de microbacias hidrográficas: manual operativo. Brasília: Ministério da Agricultura, 1987.
- MORANDI, S.; GIL, I.C. *Tecnologia e ambiente*. São Paulo: Copidart, 2000.
- MOTA, S. *Preservação e conservação de recursos hídricos*. Rio de Janeiro: ABES, 1995. OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Editores). *Geologia de engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.
- MOTA, J. A. *O valor da natureza. Economia e política dos recursos naturais*. Rio de Janeiro: Garamond, 2001.
- ODUM, E. P. *Fundamentos de ecologia*. 5. Ed. Lisboa: Fundação Caluste Gulbenkian, 1997.
- RAFAELI NETO, S. L. *Análises morfométricas em bacias hidrográficas integradas a um sistema de informações geográficas*. Curitiba: UFPR, 1994.
- RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza: um livro texto de ecologia básica*. 3. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- RIO, V. D.; OLIVEIRA, L. *Percepção ambiental: a experiência brasileira*. São Paulo: UFSCAR/ Studio Nobel, 1996.

ROCHA, J. S. M. *Manual de projetos ambientais*. Snta Maria: Imprensa Universitária, 1997.

ROSS, J. L. S. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. 2 Ed. São Paulo: Contexto, 1991.

_____. Penetrômetro de percussão na análise da fragilidade relevo x solo. In: *Revista Sociedade & Natureza*. . Uberlândia: UFU – Departamento de Geografia, Ano 3, n.º 15, jan/dez 1996, p.164/167.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Editora USP/FAPESP, 2001.

RODRIGUES, S. C. *Análise empírico-experimental da fragilidade relevo-solo no cristalino do planalto paulistano: sub-bacia do Reservatório Billings*. Tese. São Paulo: USP, 1998.

RUTKOWSKI, E. *Desenhando a bacia hidrográfica ambiental: subsídios para o planejamento das águas doces metropolitan(izad)as*. Tese. São Paulo: USP, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 1999.

SETTI, A. A. *A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos*. Brasília: IBAMA, 1996.

SOUZA, C. G. (Coord.). *Manual técnico de pedologia*. Rio de Janeiro: IBGE, 1995.

STRAHLER, A.; STRAHLER, A. *Geografía física*. 3 Ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1989

TAUK, S.M. *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Editora Universidade Estadual Paulista, 1992.

TEIXEIRA, W. *et alii* (Orgs.). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

TUCCI, Carlos E. M. (org.) *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993.

VERDUM, R.; MEDEIROS, R.M.V. (Orgs.). *Relatório de Impacto Ambiental: legislação, elaboração e resultados*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1995.

VERNIER, J. *O meio ambiente*. São Paulo: Papirus, 1994.

VILLIERS, M. *Água: como o uso deste precioso recursos natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.

ZILBEMAN, I. *Introdução à engenharia ambiental*. Canoas: Editora Ulbra, 1997.