



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA– UnB
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - CDS
PROGRAMA DE DOUTORADO INTERINSTITUCIONAL EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL - DINTER/UnB - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E A SUSTENTABILIDADE
AMBIENTAL DA DINÂMICA FLUVIAL DAS MICROBACIAS
HIDROGRÁFICAS ZÉ AÇU E TRACAJÁ NA AMAZÔNIA
OCIDENTAL

TESE DE DOUTORADO

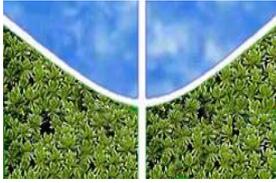
JESUÉTE PACHECO BRANDÃO

ORIENTADOR: CARLOS HIROO SAITO (Prof. Dr.)

CO-ORIENTADOR: CARLOS HENKE DE OLIVEIRA (Prof. Dr.)

BRASÍLIA- DISTRITO FEDERAL

MAIO - 2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA– UnB
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - CDS
PROGRAMA DE DOUTORADO INTERINSTITUCIONAL E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – DINTER/UnB
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

**USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E A SUSTENTABILIDADE
AMBIENTAL DA DINÂMICA FLUVIAL DAS MICROBACIAS
HIDROGRÁFICAS ZÉ AÇU E TRACAJÁ NA AMAZÔNIA
OCIDENTAL**

*Tese, apresentada como requisito à obtenção
do grau de Doutorado, Programa de Pós-
Graduação do Centro de Desenvolvimento
Sustentável - DINTER/CDS(UnB)-UEA.*

Jesuéte Pachêco Brandão

Carlos H. Saito (Prof. Dr.)

Orientador

Carlos Henke de Oliveira (Prof. Dr.)

Co-Orientador

BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL

MAIO - 2013

Pacheco, Jesuete Brandão

Uso e ocupação da terra e a sustentabilidade ambiental da dinâmica fluvial das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá na Amazônia Ocidental/ Jesuete Brandão Pacheco
Brasília, 2013.

210 p. : il.

Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável.
Universidade de Brasília, Brasília.

1. Uso e ocupação da terra. 2. Educação Ambiental. 3. Sustentabilidade.

I. UnB/CDS-DINTER

II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PACHECO, Jesuete Brandão. **Uso e ocupação da terra e a sustentabilidade ambiental da dinâmica fluvial das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá na Amazônia Ocidental.** Tese (Doutorado). Pós-graduação do Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 261 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: Jesuete Pacheco Brandão

TÍTULO DA TESE DE DOUTORADO: **Uso e ocupação da terra e a sustentabilidade ambiental da dinâmica fluvial das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá na Amazônia Ocidental**

GRAU/ANO: Doutora/2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese e emprestar ou vender tais cópias, somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e, nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.


Jesuete Pacheco Brandão
CPF N.º 075.458.352-04
RG. N.º0409.487-5/SESEG-AM.

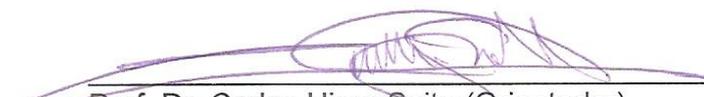
TERMO DE APROVAÇÃO

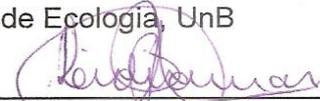
JESUÉTE PACHECO BRANDÃO

Uso e ocupação da terra e a sustentabilidade ambiental da dinâmica fluvial das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá na Amazônia Ocidental

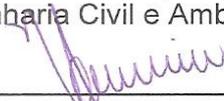
Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutora, pelo programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável, do Centro de Desenvolvimento Sustentável, da Universidade de Brasília.

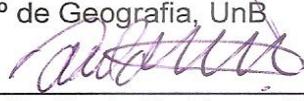
Membros Titulares:


Prof. Dr. Carlos Hiroo Saito (Orientador)
Deptº de Ecologia, UnB


Dr.ª Lidiamar Barbosa de Albuquerque
Pesquisadora da EMBRAPA


Prof. Dr. Oscar de Moraes Cordeiro Netto
Deptº de Engenharia Civil e Ambiental, UnB


Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke
Deptº de Geografia, UnB


Prof. Dr. Saulo Rodrigues Filho
Centro de Desenvolvimento Sustentável, UnB

Membros Suplentes:

Prof. Dr. Joao Nildo Vianna
Centro de Desenvolvimento Sustentável, UnB

Dr.ª Fabiana de Gois Aquino
Pesquisadora da EMBRAPA

Brasília (DF), 10 de maio de 2013.

Dedicatória

*Ária Vitória, Aramis Vitor, Carlos
Adenyr, Carlos Eduardo, Jesymarlen e José Carlos*

AGRADECIMENTOS

À minha Família (Esposo, Netos, Filhos, Mãe, Irmãos e Irmãs, Genro, Sobrinhos, Cunhados (as), pelo carinho, confiança e incentivo dedicados à minha evolução em todos os sentidos.

À Memória Póstuma de Meu Amado Pai que em vida acompanhou e contribuiu com a pesquisa desta Tese até outubro de 2012, por entender da importância dos rios para a vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Hiroo Saito e ao meu co-orientador, Prof. Dr. Carlos Henke, pelas experiências vividas e as adquiridas no contexto da orientação doutoral.

A coordenação do Programa DINTER/CDS-UnB, representada pelo Prof. Dr. João Nildo Vianna e respectivo corpo docente, pelo suporte acadêmico-científico e acolhida que me foi dada nesses 48 meses de Pós-Graduação no Centro de Desenvolvimento Sustentável – UnB.

À FAPEAM pela concessão da bolsa RH-Interinstitucional de nove meses que possibilitou o meu deslocamento para o Estágio Doutoral, cumprido no Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Brasília.

À minha equipe de gabinete e pesquisa de campo pela dedicação, cuidado e responsabilidade com o esmero acadêmico-científico: Camila Louzada, José Carlos Brandão, Ademir Martins, Wallace Teixeira, Roni Lira, M^a da Conceição, Carlos Adenyr, Gracyele Vieira, Carlos Alexandre Góes, Cleivison Brandão, Jefson Almeida, Josinaldo Bezerra Pachêco, e, aos acadêmicos de Zootecnia do ICSEZ – Parintins-Amazonas. E, também ao acadêmico de Geografia Armando Frota pela contribuição com a Língua Inglesa nas traduções dos capítulos da Tese.

Aos acadêmicos-bolsistas de Graduação em Ciências do Ambiente/UnB, aos profissionais que compoem o Laboratório de Ecologia Aplicada/UnB e à doutoranda Raquel Oliveira pelo apoio que me foi prestado no decorrer da construção desta Tese.

À Universidade do Estado do Amazonas/Unidade em Parintins(AM), representada por seu Gestor, Prof. Davi Xavier da Silva e respectivos Professores D’Anuzio Menezes de Azevedo Filho e João Bosco dos Santos Brasil pela prestimosa colaboração de seus equipamentos (GPS, Ecobatímetro, bateria etc.) para eu executar a pesquisa de campo e, também a permissão para o uso do laboratório de bio-química (vidraçarias, bomba a vácuo e outros).

Às minhas irmãs M^a de Jesus e Samara, ao meu irmão Frantomé, ao Marcos Pereira, por não medirem esforços de me apoiar na organização desta Tese, dentro dos padrões de normas técnicas e de linguagem, de acordo com a estrutura da Língua Portuguesa e da Estrangeira.

Aos comunitários assentados, gestores, técnicos pedagógicos, alunos e professores das comunidades de Bom Socorro, Nazaré, N. S. das Graças, Paraíso, Santa Fé e Boa Esperança.

A COOTEMPA pelo apoio logístico de embarcação para executar o trabalho de campo.

Aos colegas do Departamento de Geografia/ICHL- UFAM, ao Diretor do ICHL Prof. Dr. Nelson Noronha, ao Prof. Dr. Auxiliomar e a Universidade Federal do Amazonas que contribuíram para que eu fosse dispensada por nove meses a fim de me dedicar a esta tese de doutorado.

Aos doze colegas de doutorado principalmente aos que chegaram ao final deste percurso acadêmico (Ana Lucia, Alem Silvia, Lileane, Ednelza, Salomão, Katia Cavalcante, Tássio e Elane) que direta ou indiretamente contribuíram quer, no aporte teórico ou em força de energias positivas para chegarmos nesta conclusão de doutorado.

Não tendo outra forma de retribuir melhor do que abrir esta página para os citados e outras pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho...

...MUITO OBRIGADA!!!

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS DA INTRODUÇÃO

Figura 1.0: Área de estudo – microbacia hidrográficas Zé Açú e Tracajá.....	27
Figura 2.0 – Característica do Latossolo Amarelo Distrófico e respetiva vegetação.....	29
Figura 3.0: Fluxograma com procedimentos metodológicos da pesquisa	30

MATRIZ DO CAPITULO 1

Matriz 1.0: Pólos/Zonas e respectivas comunidades com públicos participantes do inventário e mapa mental para o Diagnóstico Socioambiental	59
Matriz 1.1: Diagnóstico Socioambiental: situações e problemas identificados nas comunidades do Pólo 07 (Bom Socorro do Zé Açú, Paraíso, N. S. das Graças, Boa Esperança, Santa Fé, Nazaré) e de outros Pólos (08, 09, 10 e 11)	60

FIGURAS DO CAPITULO 1

Figura 1.1: Mapas mentais das percepções sobre a paisagem com os sistemas produtivos nas microbacias hidrográficas	62
Figura 1.2: Mapas mentais das percepções sobre a paisagem do seu lugar vivido e as erosões pluviais denominadas por eles de <i>buracos de chuvas</i>	62
Figura 1.3: Mapas mentais das percepções das paisagens dos lotes respectivo aos Pólos 07 a 11 das-microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá	63
Figura 1.4: Classes do Projeto TerraClass-2008 e Classes mapeadas nas Mbh Zé Açú e Tracajá.....	64
Figura 1.5: Classes de uso e ocupação da terra mapeadas nas Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá	65

FIGURAS DO CAPÍTULO 2

Figura 2.1: Mosaico dos perfis transversais da microbacia hidrográfica Zé Açú.....	81
Figura 2.2: Mosaico dos perfis transversais da microbacia hidrográfica Tracajá	82
Figura 2.3: Latossolo Distrófico e Espodosolo.....	83
Figura 2.4: Topografia do terreno na justafluvial direita e faixa justafluvial esquerda (JDE)	83
Figura 2.5: Vegetação ombrófila em latossolo amarelo e as ciliares descendo as encostas das faixas justafluviais da direita.....	83
Figura 2.6: Vegetação Ciliar e Mata de Igapó	83

Figura 2.7: Cobertura vegetal nos Espodossolos na faixa justafluvial esquerda	84
Figura 2.8: Águas Claras transparentes – cor <i>verde oliva</i>	84
Figura 2.9: Organização dos Lotes/parcelas no PA Vila Amazônia.....	85
Figura 2.10: Nível de Entendimento sobre APP	86
Figura 2.11: Nível de Entendimento sobre ARL	86
Figura 2.12: Microbacia Tracajá: APP de nascentes versus Desmatamentos.....	88
Figura 2.13: Microbacia Tracajá: APP de rios <i>versus</i> Desmatamentos	88
Figura 2.14: Microbacia Zé Açú: APP de nascentes <i>versus</i> Desmatamentos	88
Figura 2.15: Microbacia Zé Açú: APP de rio <i>versus</i> Desmatamentos	89
Figura 2.16: Microbacia Tracajá: Desmatamento de 1986 - 2010	89
Figura 2.17: Microbacia Zé Açú: Desmatamentos de 1986-2010.....	90
Figura 2.18: Lotes com degradação ambiental por supressão vegetal acima do permitido por Lei	90
Figura 2.19: Mosaico de paisagens com processos erosivos em cinco lotes da microbacia hidrográfica Zé Açú.....	92
Figura 2.20: Evolução temporal: Supressão de Vegetação nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá	90

FIGURAS DO CAPITULO 3

Figura 3.1: Função do Ciclo Hidrológico e do Ciclo Sedimentológico.....	118
Figura 3.2: Perfil Longitudinal Mbh Tracajá.....	126
Figura 3.3: Perfil Longitudinal da Mbh Zé Açú.....	126
Figura 3.4: Seções Fluviais e/ou Cursos Fluviais e Postos Fluviométricos das Mbh Zé Açú e Tracajá	128
Figura 3.5: Baliza/ Régua Fluviométrica.....	128
Figura 3.6: Chuvas e a Velocidade Média dos sistemas hídricos: Zé Açú e Tracajá.....	132
Figura 3.7: Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá: Pluviosidade e Concentração de Sedimentos em Suspensão (Csts-mg/L) por cursos fluviais	134
Figura 3.8: Carga de Sedimentos Sólidos em Suspensão Q_{stsm} x Chuva (mm) na microbacia do Zé Açú	135
Figura 3.9: Microbacia Zé Açú: Taxas de sedimentos em suspensão alteram a cor e a qualidade da água	136
Figura 3.10: Microbacia Zé Açú: Vazão X Carga de Sedimentos Transportados em Suspensão no Tracajá.....	136
Figura 3.11: Vazão x Carga de Sedimentos Transportados em Suspensão no Mbh Tracajá	137

Figura 3.12: Uso e ocupação da terra na microbacia hidrográfica Tracajá.....	138
Figura 3.13: Uso e ocupação da terra na microbacia hidrográfica Zé Açú	138
Figura 3.14: Mosaico da rede hidrográfica da Mbh Zé Açú e os cursos fluviais com voçorocas	139
Figura 3.15: Mosaico com os processos de geração de sedimentos sedimentáveis e em suspensão	140
Figura 3.16: Tributários colmatados no curso superior da Mbh zé Açú	140
Figura 3.17: Assoreamento com cargas arenosas nas bordas e leitos da microbacia Zé Açú	141
Figura 3.18: Bifurcação, Concavidade e Convexidade : contribuintes das taxas de Csts no curso inferior da Mhb Tracajá	148
Figura 3.19: Mosaico de mata de Igapó nos leitos fluviais de Cheia e Vazante Fluvial	150
Figura 3.20: Leitos fluviais da Mbh Zé Açú no período de Vazante.....	154
FIGURAS DO CAPÍTULO 4	
Figura 4.1:Detalhamento das Classes/Variáveis de uso e cobertura da terra	173
Figura 4.2:Uso e cobertura da terra nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá	176
Figura 4.3:Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos em Suspensão no Período Úmido - Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá	179
Figura 4.4:Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos em suspensão no Período Seco-Mbh Tracajá.....	180
Figura 4.5:Índice pluviométrico e a Cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão (CD/Qsts) no período de Cheia/ Enchente e Vazante/ Seca Fluvial.....	184
Figura 4.6:Tributários da microbacia hidrográfica Zé Açú com voçorocas.....	192
Figura 4.7:Classes originais e ajustadas do modelo matemático MQUAL.....	195
FIGURAS DO CAPÍTULO 5	
Figura 5.1:Resultado do desdobramento do <i>tema gerador</i> em ações educacionais, conhecimentos e práticas envolvidas.....	220
Figura 5.2: Mosaico das atividades-oficinas na Comunidade N. S. das Graças: Estudando Voçorocas - alunos do ensino multisseriado	225
Figura 5.3: Mosaico das atividades educacionais na Comunidade Paraíso com a Construção do Têrrario no ensino multisseriado	225
Figura 5.4: Mosaico das atividades educacionaisna Comunidade de Bom Socorro: Têrrario e os tipos de ambientes no curso inferior da microbacia hidrográfica Zé Açú.....	226
Figura 5.5: Mosaico das atividades educacionais: Gincana Ambiental no combate aos resíduos sólidos domiciliares na comunidade de Paraíso	226

Figura 5.6: Mosaico das atividades na Comunidade de Bom Socorro com: Gincana Ambiental no exercício de lidar com os resíduos sólidos domiciliares no curso inferior da microbacia hidrográfica Zé Açú.....227

Figura 5.7: Material de erosão assoreando e colmatando os cursos fluviais da microbacia do Zé Açú 227

MATRIZ DO CAPÍTULO 5

Matriz 5.1 – Atividades-Oficinas e os temas desdobrados do Tema-gerador (*Impactos ambientais nos cursos fluviais*): estudo de voçorocas e construção de *terrários*.....221

Matriz 5.2 - Atividades-Oficinas e os temas desdobrados do Tema-gerador(*Impactos ambientais nos cursos fluviais*): Gincana sobre *resíduos sólidos domiciliares*223

LISTA DE TABELA

TABELA DA INTRODUÇÃO

Tabela 1.0: Origem das classes de uso e ocupação da terra e os coeficientes de exportação do Modelo de Correlação Uso do Solo X Qualidade da água - Cargas Difusas – Módulo 1 - Sedimentos em Suspensão.....	35
--	----

TABELAS DO CAPÍTULO 2

Tabela 2.1: APP classificadas a partir de imagens LANDSAT e SRTM	87
Tabela 2.2: Microbacia hidrográfica Tracajá: Evolução temporal da ocupação da terra de 1986-2010	100
Tabela 2.3: Microbacia hidrográfica Zé Açú: Evolução temporal da ocupação da terra de 1986-2010	101

TABELAS DO CAPÍTULO 3

Tabela 3.1: Taxas das cargas de sedimentos transportados em suspensão (Csts) de acordo com a tipologia dos rios Amazônicos	122
Tabela 3.2: Período de vazante fluvial e estiagem das chuvas: velocidade média do rio (m/s) das Mbh Tracajá e Zé Açú	133
Tabela 3.3: Período de Cheia fluvial e Período Chuvoso: velocidade média do rio (m/s) das Mbh Tracajá e Zé Açú	133
Tabela 3.4: Concentração de sedimentos transportados em suspensão (Csts _{mg/L}) por cursos fluviais	134
Tabela 3.5: Cargas de sedimentos transportados em suspensão (Osts _{sm}) no Período de Vazante/ Estiagem das chuvas fluviais e cheias/ Período chuvoso.....	135

TABELAS DO CAPÍTULO 4

Tabela 4.1: Origem dos coeficientes de exportação: cargas difusas de Sedimentos Transportados em Suspensão modelado nas micro bacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá	169
Tabela 4.2: Área (km ²) ocupada pelos ambientes produtivos na microbacia hidrográfica Tracajá	177

Tabela 4.3: Área (km ²) ocupada pelos ambientes produtivos na microbacia hidrográfica Zé Açú	177
Tabela 4.4: Modelagem no MQUAL – Período Úmido - MODULO 1 – Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos em suspensão (CDsts) para as microbacias hidrográficas	179
Tabela 4.5: Modelagem no Período Seco – MODULO 1 - MQUAL - Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos em Suspensão (CDsts _{se}) para as microbacias hidrográficas	181
Tabela 4.6: Cargas Difusas/Sedimentos Transportados em Suspensão (CDsts) nos períodos de Cheia/Enchente Fluvial e Vazante/Seca Fluvial	182
Tabela 4.7: Microbacia hidrográfica Tracajá: Validação do Período Cheia/Enchente Fluvial das CD/Qsts _{se} versus Validação do Período úmido das CD/Qsts	182
Tabela 4.8: Microbacia hidrográfica Zé Açú: Validação do Período Cheia/Enchente das CDsts _{sm} versus Validação no Período Úmido das CDsts _{se}	183
Tabela 4.9: Microbacia hidrográfica Tracajá: Período Seco das CDsts versus Período Vazante/ Seca Fluvial – Validação das CDsts	183
Tabela 4.10: Microbacia hidrográfica Zé Açú: Período Seco – Validação das CDsts _{se} versus Período Vazante/Seca Validação das CDsts _{sm}	184
Tabela 4.11: Cargas Difusas de Sedimentos Transportados em Suspensão (CDsts _{kg/dia/km²}) - Período de Vazante Fluvial/Estiagem das Chuvas/Seca – Microbacias hidrográficas Tracajá e Zé Açú	185
Tabela 4.12: Cargas Difusas de Sedimentos Transportados em Suspensão (CDsts _{kg/dia/km²}) - Período de Cheia Fluvial/Período Chuvoso – Microbacias hidrográficas Tracajá e Zé Açú	185
Tabela 4.13: Razão entre os coeficientes de exportação de cargas (kg/dia/km ²) dos Períodos Úmidos e Secos	194

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA DINÂMICA FLUVIAL DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS ZÉ AÇU E TRACAJÁ NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

RESUMO

O objetivo principal desta tese é avaliar as formas de uso e ocupação da terra e sua relação com os impactos ambientais nas Mbh Zé Açú e Tracajá, localizadas nos limites entre a Amazônia Ocidental e Oriental. O estudo envolveu pesquisa quantitativa e qualitativa, integrando *Diagnóstico Participativo*, *Geoprocessamento* e *a Modelagem de exportação das cargas de sedimentos a partir do Modelo de Correlação de uso do solo versus Qualidade da Água (MQUAL)*, Módulo I – Geração de cargas de sólidos suspensos. Dos registros no campo (fluvio-hidrossedimentológicos; inventariamento socioambiental, e, *mapas cognitivos* e outras ações), mais, a modelagem do MQUAL, obteve-se: 1) dados de lotes sobrepostos nas áreas de preservação permanente - APP de rios e de nascentes, ocupados pelas atividades dos sistemas produtivos; 2) impactos na rede fluvial - nas áreas de platô os processos erosivos; nas bordas do leito menor, os assoreamentos; na calha fluvial do curso superior a formação de banco arenoso; no leito fluvial as elevadas cargas de sedimentos transportados em suspensão; 3) quanto a exportação de carga - a Mbh Zé Açú é a que exporta a maior carga, na vazante a geração vem do curso médio e na cheia fluvial vem do curso superior; na Mbh Tracajá a maior carga vem do curso médio; 4) quanto a configuração atual das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá - a mais afetada pelos impactos ambientais visíveis é a Mbh Zé, em consequência, altera direta e indiretamente à quem faz uso da fluvialidade para manter o seu modo de vida; 5) do resultado do Módulo 1 - exportação de cargas difusas pelo MQUAL - os dados estimados indicaram os trechos das Mbh com maior carga e o estimado para Mbh Tracajá se aproximou dos registros de campo. Partindo dessas análises, este estudo permitiu a compreensão de como os agricultores familiares percebem à sua paisagem no contexto das interferências causadoras de impactos ambientais, em específico às águas e às terras das microbacias estudadas, bem como, a urgência de resolver essas situações. Portanto, a sustentabilidade dessas unidades hídricas (Mbh Zé Açú e Tracajá) está inteiramente relacionada a sensibilidade ambiental e à implementação das ações de políticas públicas, principalmente por estarem dentro dos seus limites as ocupações humanas.

Palavras-chave: cargas difusas; sedimentos transportados em suspensão; microbacia hidrográfica; MQUAL; diagnóstico participativo; mapas mentais

USE AND OCCUPATION OF LAND AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF FLUVIAL DYNAMICS ON THE *ZÉ AÇU* AND *TRACAJÁ'S* MICRO WATERSHEDS IN THE WESTERN AMAZON

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to evaluate the land use and the correlation between environmental impacts and fluvial geomorphology of the micro watershed of *Zé Açu* and *Tracajá*, located between edge of Occidental and Oriental Amazon. The study uses quantitative and qualitative research, integrating Participative Diagnostic, Geoprocessing and Modeling of Sediments Exportation from the Correlation Model between land use Water Quality (MQUAL) Module I - loads of suspended solids . It were produced Fluvial-Hydrosedimentological records of the area; socio-environmental records; and, Mental Maps of the plots of land, as well as the map of exportation of suspended sediments in the watershed which were compared with field records. According to data, it was identified: 1) Plots with overlap between permanent preservation areas – APP at the river boundaries and economical activities; 2) impacts on the river drainage system – on plateau and slope area – the erosive process, on edges – siltation; on the river channel – the high suspended sediment load transportation; 3) comparing the upper and middle river in the micro watersheds of *Zé Açu* and *Tracajá* the most affected watershed is the former, resulting in direct and indirectly changes in fluvial uses from local people; 5) the modeling of exportation of diffuse loads by MQUAL coincided with the data from field work in the indication of stretches of the river and seasons of the year with higher load, although with differences in scale of values. Considering these analyzes, this study allows the understanding of how local people perceive the landscape and the interferences on their lives caused by the environmental impacts, and the necessity to solve these situations. Hence, the sustainability of these micro watersheds (*Zé Açu* and *Tracajá's* basins), which is entirely related to the implementation of public policy actions mainly because they are inside of the human occupation area limits.

Keywords: Diffuse Loads; Suspended sediments transportation; Micro Watershed; MQUAL; Participative Diagnostic; Mental Maps

L'USAGE ET L'OCCUPATION DE LA TERRE ET LA DURABILITÉ DE L'ENVIRONNEMENT DANS LA DYNAMIQUE DE MICRO-BASSINS HYDROGRAPHIQUES ZÉ AÇU ET TRACAJÁ EN L'OUEST DE L'AMAZONIE.

RESUMÉ

Le but de cette thèse c'est d'évaluer les formes d'usage, l'occupation de la terre et leurs rapports avec les impacts à l'environnement et la géomorphologie de micro-bassins hydrographiques Zé Açú et Tracajá, situés dans les limites entre l'ouest de l'Amazonie et sa partie orientale. L'étude s'est constituée d'une recherche quantitative et qualitative, en intégrant Le Diagnostic Participatif, Le Géotraitement et La Modélisation d'exportation de sédiments à partir du Modèle de Corrélation d'usage *versus* la qualité de l'eau (MQUAL). Module I – Génération de charges de solides suspendus du Modèle de Corrélation d'usage du sol *versus* La Qualité de L'eau (MQUAL). On a produit des registres sur le champ du bassin-hydrosédimentaire; l'inventaire socio-environnemental et des cartes mentales (Mind maps) sur les terrains. On a produit aussi une carte d'exportation de sédiments en suspension par étirage du bassin hydrographique qui ont été comparés aux registres de champ. A partir de ces données, on a identifié: 1) des étirages surposés aux zones de préservation permanente – APP de rivières et de source de rivière par les activités des systèmes productifs; 2) les impacts dans le réseau fluvial– dans les zones de plateaux et de pentes, les processus d'érosion dans les bords - les envasements et, dans le lit de la rivière, les charges élevées de sédiments transportés en suspension; 3) entre le cours supérieur et le cours moyen de deux micro-bassins, c'est dans le cours moyen de la Mbh Zé Açú qui s'exporte la charge majeure; 4) en ce qui concerne la configuration actuelle des micro-bassins hydrographiques Zé Açú et Tracajá, la plus affectée dans sa géomorphologie fluviale, c'est La Mbh Zé Açú. Par conséquent, modifie direct et indirectement ceux qui font l'usage de la fluvialité pour maintenir leur mode de vie; 5) La Modélisation d'exportation de charges diffuses par le MQUAL a coïncidé avec les données de champ dans l'indication des étirages du bassin et les époques de l'année où on a pu constaté, de la charge majeure, cependant, avec les différences d'échelle de valeurs. Tout en partant de ces analyses, cette étude permet la compréhension a propos de la perception des agriculteurs familles sur le contexte de leurs paysages et les interférences causées par les impacts environnementaux, spécifiquement les eaux et les terres dans les micro-bassins étudiés, ainsi que, l'urgence de résoudre ces situations. Pourtant, La durabilité de ces unités hydriques (Mbh Zé Açú et Tracajá), surtout pour avoir entièrement dans leurs limites les zones d'occupations humaines, est complètement liée à l'implantation des actions de politiques publiques, à l'exemple de celles existantes dans les documents concernant le développement durable, et qui sont en discussion, Il y a plus de trois décades.

Mots-clés: charges diffuses, sédiments transportés en suspension; micro-bassin hydrographique, MQUAL, diagnostic participatif, cartes mentales.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E MATRIZES.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT	xiv
RESUMÉ	xv
INTRODUÇÃO.....	21
BASE TEÓRICA: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	36
CAPÍTULO 1 - DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO COM OS ASSENTADOS DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL.....	50
1. INTRODUÇÃO	50
1.1 METODOLOGIA	55
1.1.1 Procedimentos Metodológicos	55
1.1.1.1 Diagnóstico Socioambiental	55
1.1.1.2 Ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica)	58
1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
1.2.1 A execução do Diagnóstico Participativo nas microbacias hidrográficas Zé Açu e Tracajá da Amazônia Ocidental.....	59
1.2.1.1 Da metodologia do Mapa Mental/Cognitivo elaborado pelos agricultores familiares partindo da percepção ambiental da organização de seus lotes/parcelas de terra	61
1.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
CAPÍTULO 2 - AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E A FISIOGRAFIA DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS ZÉ AÇU E TRACAJÁ.....	71
2. INTRODUÇÃO.....	71
2.1 METODOLOGIA	74
2.1.1 Ambiente SIG.....	74
2.1.2 Trabalho de campo	77

2.3 RESULTADOS	78
2.2.1 Paisagem fisiográfica das microbacias hidrográficas (Mbh)	78
2.2.1.1 Características hidrográficas das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá	78
2.2.2 A situação das Áreas Estratégicas (Área de Preservação Permanente - APP) e a Supressão da vegetação nas microbacias hidrográficas do PA Vila Amazônia	85
2.2.2.1 Histórico da Área do PA Vila Amazônia e as ocupações por lotes	85
2.2.2.2 Perdas de vegetação nas áreas de APP entre os anos de 1986, 1997, 2005 e 2010	86
2.2.2.3 Supressão de vegetação <i>versus</i> impactos ambientais	90
2.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	93
2.3.1 Configuração da paisagem fisiográfica e ambiental das redes hidrográficas do PA Vila Amazônia	93
2.3.1.1 Topografia com paisagem combinada de solo e vegetação	93
2.3.2 Paisagem das microbacias hidrográficas nas Áreas de Preservação Permanente (APP) e a sobreposição dos lotes/parcelas de terra	94
2.3.2.1 Função dos ecossistemas de <i>terra firme</i>	95
2.3.2.2 Instrumentos legais para as áreas estratégicas de proteção ambiental: Áreas de Preservação Permanente e Áreas de Reserva Legal	96
2.3.2.3 Desmatamentos nos limites areais de microbacias hidrográficas e a situação das APP e ARL	100
2.3.2.4 Importância das Areas de Preservação Permanente (APP) para uma microbacia hidrográfica	105
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
CAPITULO 3 - CONFIGURAÇÃO ATUAL DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL: uso e ocupação da terra <i>versus</i> cargas e concentração de sedimentos em suspensão	115
3. INTRODUÇÃO.....	115
3.1 Área de Estudo	122
3.1.1 Características fisiográficas das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá ..	122
3.1.2 Aspectos Sazonais.....	123
3.1.3 Fisiografia da Área Estudada	124

3.1.4	Similaridades hidrográficas entre as microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá.....	124
3.1.5	Distinções hidrográficas (Zé Açú e Tracajá)	125
3.1.6	Condição da microbacia hidrográfica Tracajá como a segunda microbacia de estudo	125
3.2	METODOLOGIA	125
3.2.1	Procedimentos Metodológicos	125
3.2.1.1	Pontos de medidas hidrossedimentológicas - vazão, perfil transversal, coleta e tratamento das amostras para o devido cálculo	127
3.2.1.2	Elementos constituidores dos Postos Fluvio-hidrossedimentológicos	128
3.2.1.3	Registros Fluvio-hidrométricos	130
3.2.1.4	Tratamento das amostras de sedimentos suspensos	130
3.2.1.5	Precipitações pluviométricas	131
3.3	RESULTADOS	132
3.3.1	Concentração dos Sedimentos Sólidos em Suspensão nas duas sazonalidades anuais fluvio-hidrológicas	132
3.3.1.1	Contribuidores diretos da concentração de STS: a velocidade média do rio (m/s), densidade (mg/L) e precipitação pluviométrica (mm).....	132
3.3.1.2	Cargas de sedimentos transportados em suspensão ($Q_{sts_{sm}}$) e a relação com a pluviosidade e vazão ($Q_L m^3/s$)	135
3.3.2	Uso e ocupação da terra nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá.....	137
3.4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	141
3.4.1	Uso e ocupação da terra e a relação com as chuvas, vegetação, solo e as microbacias hidrográficas de estudo	142
3.4.2	Velocidade do rio e condição necessária para manter uma partícula em suspensão	143
3.4.2.1	Velocidade de fluxo <i>versus</i> concentração e carga de sedimentos em suspensão	144
3.4.3	Concentração de sedimentos transportados em suspensão ($C_{sts}/mg/l$) nas microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental	146
3.4.4	Cargas de sedimentos transportados em suspensão ($Q_{sts_{sm}}$ ton/dia).....	152
3.4.4.1	Cargas de sedimentos transportados em suspensão ($Q_{sts_{sm}}$) X Vazão (Q_L) X Chuva (mm)	152
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	156
3.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158

CAPÍTULO 4 - MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL:	
MQUAL – Cargas Difusas de Sedimentos Estimados <i>versus Field True</i> - Cargas Difusas de Sedimentos Medido	165
4. INTRODUÇÃO.....	165
4.1 Histórico DO MQUAL	168
4.1.1 Característica do MQUAL.....	168
4.2 METODOLOGIA	170
4.2.1 Procedimentos Metodológicos.....	170
4.2.1.1 FASE 01 - Levantamentos Básico	170
4.2.1.2 FASE 02 – Modelagem matemática com o MQUAL	173
4.2.1.3 FASE 03 - Correlação da modelagem do MQUAL com a verdade de campo/ <i>field true</i>	175
4.3 RESULTADOS	175
4.3.1 Organização da Estrutura Espacial	175
4.3.2 Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo <i>versus</i> Qualidade da Água (MQUAL): Módulo 1 Geração de Cargas – estimativas das cargas difusas sedimentos transportados em suspensão, nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá	175
4.3.2.1. Ocupação e uso da terra nas microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental	175
4.3.3 Microbacias hidrográficas da Amazonia Ocidental e o uso e a ocupação da terra: dados estimados com os coeficientes/parâmetros e variáveis do modelo matemático MQUAL <i>versus</i> as taxas medidas de sedimentos transportados em suspensão.....	178
4.3.3.1 Modelagem matemática com os coeficientes de exportação de cargas/parâmetros correspondentes ao período úmido e período seco	178
4.3.3.2 Cargas Difusas de sedimentos transportados em suspensão ($CD_{sts/sm}$) medidas nas áreas das microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental, nos períodos de equivalência aos do MQUAL: <i>Período Úmido – Período de Cheia fluvial e Período Seco - Período de Vazante</i>	182
4.3.3.3 Cargas Difusas de sedimentos transportados em suspensão medidas ($CD_{sts_{sm}}$) nas áreas das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, nos períodos de Cheia fluvial/Período Chuvoso e Período de Vazante/estiagem das chuvas/Seca	184
4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	186

4.4.1 Cargas difusas sedimentos transportados em suspensão simulados (CD/Q _{sts} /se) <i>versus</i> CD/Q _{sts} /sm (Cargas difusas sedimentos transportados em suspensão/ sedimentos medidos).....	186
4.4.1.1 Quanto as áreas e perímetros das bacias hidrográficas com aplicação do MQUAL 1.0, 2.0 e 1.5 e as de estudo.....	192
4.4.1.2 Quanto às categorias/classe e os coeficientes/parâmetros	193
4.4.2 Quantos aos estudos realizados com a modelagem matemática do MQUAL....	197
4.4.2.1 Dos estudos científicos	197
4.4.2.2 Dos estudos técnicos institucionais.....	199
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	200
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	203
CAPÍTULO 5 – NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL E A INVESTIGAÇÃO-AÇÃO: Ações Educativas Desdobradas do Tema-Gerador Impactos ambientais nos cursos fluviais da microbacia hidrográfica Zé Açú.....	
5. INTRODUÇÃO.....	210
5.1 METODOLOGIA	213
5.1.1 Procedimentos Metodológicos.....	213
5.1.1.1 Atividades Educacionais realizadas	214
5.2 RESULTADOS	220
5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	227
5.3.1 Dos temas desdobrados do tema-gerador	227
5.3.2 A importância da pesquisa-ação no estudo da Mbh Zé Açú.....	235
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	239
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	241
CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	245
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	257

INTRODUÇÃO

Esta Tese está estruturada em cinco capítulos, os quais têm o formato de publicação (Introdução, Materiais e Métodos, Resultados, Discussão e Considerações Finais):
CAPÍTULO 1 - *Diagnóstico Participativo com os assentados das microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental*; CAPÍTULO 2 - *Áreas de Preservação Permanente e a Fisiografia das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá*;_CAPÍTULO 3 - *Configuração atual das microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental: uso e ocupação da terra versus cargas e concentração de sedimentos em suspensão*; CAPÍTULO 4 - *Microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental: MQUAL - Cargas Difusas de Sedimentos Estimados versus Field True - Cargas Difusas de Sedimentos Medidos*; CAPÍTULO 5 – No contexto da Educação Ambiental e da Investigação-ação: *Ações Educativas desdobradas do Tema-Gerador Impactos ambientais nos cursos fluviais da microbacia hidrográfica Zé Açú.*

As abordagens de cada capítulo são articulados a partir do uso e da ocupação da terra e respectivos impactos ambientais nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá e, a relação socioambiental das famílias assentadas nos seus limites. Dessa maneira, introduz-se as fundamentações básicas que articulam com a referida área de estudo (água, terra, sistemas hídricos, meio ambiente e comunidades de assentados).

A água e o solo são elementos vitais para a maioria das espécies, e nos quais se apresentam degradações implicadoras em preocupações mundiais. A água é fundamental por ser necessária a vida e o solo por responder rapidamente ao meio físico (produção de biomassa, de cultivos, infiltração das águas e outros) e às espécies para as quais dá suporte (a maioria dos vegetais, fauna e o meio ambiente social). No entanto, esses suportes vitais estão sendo deplecionados, principalmente pelo uso e a ocupação da terra.

Refletindo sobre a água, e tendo o Brasil como parâmetro, estudiosos como Pizella e Souza (2007) e, Rebouças (2003) demonstraram aspectos sobre o potencial das grandes reservas hídricas superficiais e as respectivas biodiversidades ciliares e/ou aquáticas, porém apontaram a desigual distribuição entre as diversas regiões hidrográficas: cerca de 80% da água está na Amazônia, no entanto a maior parte das atividades econômicas, assim como a concentração da população estão centradas nas proximidades dos centros urbanos do Sudeste, que dispõem de apenas 6% das reservas de água.

Esses autores indicaram além da distribuição heterogênea, também outros problemas com a água, que vão desde o desperdício até as ameaças de escassez por degradação ambiental os quais são causados pelas desigualdades regionais, com distintos graus de ocupação e intensificadas atividades produtivas, que resultam em situações de estresse hídrico e ambiental.

A precariedade da água com qualidade se reflete sobre a vida (de animais e vegetais) e a possibilidade do desenvolvimento econômico com sustentabilidade. A Organização das Nações Unidas tem recomendado aos povos e países que realizem ações de alertas voltadas para a necessidade de serem conhecidas as características, a disponibilidade e a escassez a fim de implementar políticas de conservação aos sistemas hídricos.

Silva (2005) sugeriu a realização do manejo integrado de bacias hidrográficas, como uma das formas para operacionalizar essa tarefa, visto que nessa escala são ideais para se caracterizar, diagnosticar, avaliar e planejar o seu uso.

Nesse contexto, esta tese faz a análise do uso e a ocupação da terra e a relação com duas unidades hídricas da Amazônia Ocidental (microbacia hidrográfica Zé Açu e Tracajá), cuja situação aparenta um processo de impacto ambiental em cadeia (erosão no solo, taxas elevadas de sedimentos em suspensão nos leitos fluviais) gerando de ameaça à sua disponibilidade e qualidade como bem alude Tundisi (2009). Portanto, este trabalho contribui para fortalecer os princípios contidos na Declaração Universal dos Direitos da Água, promulgada em 22 de março de 1992, pela Organização das Nações Unidas (ONU). Quatro dos 10 princípios citados abaixo:

1- A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão, é plenamente responsável aos olhos de todos;

2 - A água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura;

5 - A água não é somente herança de nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras;

7 - A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis.

Esse olhar para a área hidrográfica como uma unidade natural da paisagem vem da concepção de Lima (1986), por entendê-la com condições apropriadas para avaliar detalhadamente as interações entre esse meio hídrico e o uso da terra a partir dos conflitos com a conservação de todo um ecossistema.

Sobre esse aspecto, Lee *et al.* (2009), no estudo realizado em bacias hidrográficas da China, diz ser amplamente aceito os fortes laços existentes entre usos da terra e a qualidade da água de sistemas aquáticos adjacentes e dentro de uma bacia hidrográfica. Nas suas análises sobre relações entre os usos da terra e a qualidade da água foi

prognosticada a configuração espacial como determinante, pois a taxa de degradação é influenciada pelos diferentes tipos de usos e ocupação.

Estudos realizados no Brasil (RICHARD, 1982; FERNANDEZ, 1990; KUERTEN, 2006), os resultados são semelhantes a respeito do grande impacto movido pelas diversas atividades humanas nos limites hidrográficos.

Partindo desses autores, se observa que qualquer perturbação em um sistema hídrico, o efeito conduzirá para novos ajuste em todas as suas variáveis morfológicas, e assim, buscará uma maneira alternativa de se reorganizar, compatível com as novas condições impostas. Esses reajustes serão em diferentes escalas temporais (a longo, a médio e a curto prazo), mas isto não quer dizer que tudo retorne com a mesma natureza de antes, pois todos os componentes afetados não terão o mesmo padrão, visto que nas mudanças provocadas ocorre uma série de perdas socioambientais irreparáveis.

Os estudos de Santos e Cardoso (2007), por exemplo, indicaram as consequências ocasionadas por perturbações decorrentes da ocupação inadequada com sistemas produtivos (pastagens e agricultura) nas áreas ciliares dos sistemas hídricos o que causou: aceleração de processos erosivos nos solos e o assoreamento nos leitos fluviais, os quais vão comprometer a qualidade da água. Ressaltam ainda, que os impactos desse tipo se não forem sanados a tempo, poderão se tornar irreversíveis para uma microbacia e também para os seus multiusos.

As abordagens dos autores referenciados dão base para entender os efeitos do uso e da ocupação da terra nas áreas de uma bacia de drenagem, cujos fatos atingirão magnitudes diversas, dependendo do avanço antrópico, somados à condição natural da dinâmica fluvial e de outros fatores. Desse modo, novos estudos realizados sobre os sistemas das redes fluviais (microbacia, sub-bacia e/ou bacia hidrográfica), contribuem para o conhecimento da dinâmica fluvial e inferência sobre a relação com a questão socioambiental.

Outro fator que deve ser considerado em estudos que abrajam os sistemas hídricos é a metodologia para tais estudos. Nestas últimas duas décadas, tem sido desenvolvido um conjunto de técnicas que facilitam a coleta, o registro, a manipulação e a interpretação de dada área e/ou objeto de pesquisa. Dentre essas, estão as computacionais (*software*, modelos matemáticos e outros), que permitirem tratar os dados com maior rapidez, facilidades de manuseio, além de possibilitar a redução dos custos no trabalho de campo.

Essa inovação de técnicas é denominada de geoprocessamento descrito por Xavier da Silva (1992, p.48) *como o ramo do processamento de dados que opera transformações nos dados contidos em uma base referenciada territorialmente (geocodificada), usando recursos analíticos, gráficos e lógicos para obtenção e apresentação das transformações desejadas.*

A função do geoprocessamento é tratar as informações geográficas, a partir de ferramentas computacionais denominadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que permitem fazer análises complexas ao criar bancos de dados georreferenciados, juntamente com a integração de diversas fontes.

Com essa abrangência em que a tecnologia é ligada ao geoprocessamento por meio de equipamentos e programas sofisticados, o uso poderá destinar-se para fins didáticos, aplicações profissionais e para pesquisas acadêmicas – científicas, nos diversos ramos da ciência, como é o caso deste estudo.

Schreier (2002) pontuou a importância das avaliações de sistemas hídricos, por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) quando voltadas para a geração e tabulação de dados que serão analisados a respeito do uso e a ocupação da terra. Esse autor explica que os dados geocodificados facilitarão no auxílio analítico de pesquisas científicas, na medida em que podem colaborar no tratamento eficiente dos numerosos e diversificados registros respectivos aos corpos d'água e o que ocorre na sua área.

Por sua vez o uso de modelos matemáticos geoprocessados tem tido um papel relevante nos estudos das últimas décadas, pelo fato de serem instrumentos úteis para a análise da conservação de ecossistemas, tendo em vista que englobam o diagnóstico adequado em sua estruturação, processo e dinâmica, a exemplo dos sistemas hídricos, conforme expõem Jorgensen (1994) e Tundisi (1999).

Nesse viés, Araújo (2000) e Haefner (2005), reafirmam que os modelos matemáticos podem ser usados para obter conhecimento, realizar predições e controle, assim como para síntese, análises e instrumentação. Sendo assim, a seleção do modelo dependerá da finalidade pretendida como objetivos das análises, tempo e dados disponíveis.

Christofoletti (1999) defende que a utilização de modelos para avaliar as mudanças na qualidade de sistemas hídricos serve para ampliar a capacidade preditiva dos pesquisadores, assim como permite responder a uma demanda permanente da distribuição de água com qualidade.

Dentre os muitos modelos, há os matemáticos, simuladores dos diversos processos do ciclo hidrossedimentológico e que exprimem a ação dos principais fatores que exercem influência nas perdas de solo pela erosão pluvial. O Modelo de Correlação Uso do Solo X Qualidade da água (doravante MQUAL) é um desses modeladores matemáticos.

O referido modelo (MQUAL) foi desenvolvido pelo Programa de Saneamento Ambiental da bacia do Guarapiranga, Governo do Estado de São Paulo/Secretaria do Meio Ambiente (SMA).

De acordo com o relatório final (SMA, 2010), a primeira versão (MQUAL 1.0) foi elaborada em 1997 para atender às metas do Plano de Desenvolvimento e Proteção

Ambiental (PDPA), do Programa Guarapiranga/SMA. O objetivo principal desse modelo matemático é explicitar as relações entre o uso, a ocupação e o manejo do solo na bacia hidrográfica; e identificar a qualidade das águas para fins de abastecimento público, a fim de subsidiar a tomada de decisões com o melhor conhecimento sobre as conseqüências de cada alternativa para o sistema hídrico, oferecendo resposta às análises.

O MQUAL é um modelo baseado na *equação básica de geração de cargas*, composto por um sistema de informações georreferenciadas e de um sistema de modelos matemáticos. Constitui-se de três módulos inter-relacionados: 1) *geração de cargas*; 2) *simulação dos principais tributários*; e 3) *simulação do reservatório*. Cada um deles representa os fenômenos de geração e autodepuração das cargas poluidoras em três ambientes importantes: *na superfície do terreno*, onde estão as fontes de cargas poluidoras; *nos rios principais e respectivos afluentes*; e *no reservatório*.

Sendo assim, a aplicação do MQUAL demonstra que as estimativas são realizadas na expectativa de indicar as áreas de maior fornecimento de poluição e as áreas que podem estar ameaçadas ou em desequilíbrio por serem receptoras destas cargas. Neste caso, as cargas poluidoras são estimadas com base no coeficiente de exportação de cada parâmetro de qualidade da água relacionado com a intensidade do uso e a ocupação da terra.

O desenvolvimento e aplicação de modelos matemáticos como o MQUAL poderá contribuir para as análises das bacias hidrográficas de todo o país, a partir das particularidades da dinâmica fluvial e o uso e ocupação da terra nas áreas fluviais.

Desse modo, com o auxílio do ambiente SIG e as técnicas realizadas em campo, a presente investigação focou as análises nos dois ambientes fluviais: a microbacia hidrográfica Zé Açu – primeiro sistema hídrico analisado pelas variáveis e parâmetros naturais e de intensos impactos ambientais) e a microbacia hidrográfica Tracajá – segundo sistema hídrico com impactos menos graves (ausência de: erosões pluviais do tipo voçoroca; assoreamentos visíveis; e, colmatagem de tributários).

ÁREA DE ESTUDO

As microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açu e Tracajá estão na região de leste/sudeste do estado do Amazonas, na divisa com o estado do Pará. Ambas Mbh são modeladoras do Projeto de Assentamento Vila Amazônia, em terras localizadas entre os limites da Amazônia Ocidental e Amazônia Oriental, (**Fig. 1.0**).

Por Amazônia Ocidental entendem-se os limites políticos estabelecidos nos seguintes instrumentos legais: Decreto-Lei, Lei Complementar e Dispositivo Transitório (Carta Magna) em vigor:

Decreto-Lei Nº 356 DE 15/08/1968

Art. 1º § 1 - A Amazônia Ocidental é constituída pela área abrangida pelos Estados do Amazonas e Acre e os territórios federais do Rondônia e Roraima,

consoante o estabelecido no § 4 do artigo 1º do Decreto-lei nº 291, de 28.02.1967. Os Estados que compõe a Amazônia Oriental:Pará, Maranhão, Amapá, Tocantins e Mato Grosso.

Lei Complementar nº 41, de 22 de dezembro de 1981 – cria o Estado de Rondonia.

Constituição Federal De 05/10/1988 (Disposições Transitórias)

Art. 13 É criado o Estado do Tocantins, pelo desmembramento da área descrita neste artigo, dando-se sua instalação no quadragésimo sexto dia após a eleição prevista no § 3º, mas não antes de 1º de janeiro de 1989.

Art. 14 Os Territórios Federais de Roraima e do Amapá são transformados em Estados federados, mantidos seus atuais limites geográficos

Quanto ao Projeto de Assentamento Vila Amazônia (Parintins-Amazonas-Brasil), foi criado em 26 de outubro de 1988, por meio da Portaria MIRAD - Ministério da Reforma e do Desenvolvimento Agrário/Governo Federal N.º1404/1988, na modalidade Projeto de Assentamento (PA), para assentar em específico agricultores familiares tradicionais.

Coordenadas Geográficas (Fig. 1.0)

a) *Microbacia hidrográfica Zé Açú*, também denominada de *Lago do Zé Açú* pelo RADAM BRASIL/Folha SA.21-Z-A-IV/MI – 524 - Parintins (1981) e localmente.

Esse sistema hídrico possui uma área de 126,923 km² cuja calha principal tem a extensão de 19,512 km lineares, entrecortando o Assentamento P A Vila Amazônia (Parintins-Amazonas-Brasil) no sentido:

⇒ de sudeste (montante - 56°33'15,368"W - 2°44'44,21"S) a oeste (jusante- 56°39'40,336"W - 2°38'12,679"S); e,

⇒ de norte (56°33'13,231"W - 2°36'22,984"S), nordeste (56°32'3,993"W - 2°38'54,774"S), noroeste (56°38'5,299"W - 2°37'35,35"S), até sudoeste-sul-sudeste (56°38'46,944"W - 2°42'24,45"S), onde faz seus limites com a microbacia hidrográfica Tracajá.

b) A microbacia hidrográfica Tracajá tem 283,204 km² de área, cujo rio principal possui 38,049 km de extensão, desde a principal nascente (56° 33'15,275"W e 2° 47'33,009"S) até a foz (56° 45'35,057"W e 2°48'33,486"S).

b) *Microbacia hidrográfica Tracajá* - é a primeira rede hidrográfica da faixa justafluvial direita da sub-bacia do Mamuru (de jusante a montante), limitando-se de leste-oeste até o sul do PA Vila Amazônia. A malha hidrográfica da microbacia hidrográfica (Tracajá) está entre as coordenadas geográficas a montante/nascente principal - 56°32'28,177"W - 2°45'53,721"S, e, a jusante/foz - 56°45'37,587"W - 2°48'29,573"S).

Principais limites: noroeste-norte - com a microbacia de estudo (Zé Açú): nordeste – nascente da calha principal e terras do estado do Pará; sudeste-sul – limite areais da sub-bacia Mamuru e terras do Pará; sudoeste – a calha principal deságua 4.251km, antes da foz da sub-bacia Mamuru (**Fig. 3.1**).

Essas Mbh Limitam-se geograficamente dentro das terras desse PA da seguinte maneira:

Norte-nordeste – Porto e Núcleo urbano da Vila Amazônia; estrada de Vila Amazônia; comunidade do Açaí; e estrada do Quebra;

Oeste – o paraná do Ramos banha a foz da Mbh Zé Açú ;

Leste-noroeste – configura-se a rede hidrográfica do Zé Açú de montante a jusante, cuja desembocadura principal se dirige ao paraná do Ramos;

Leste-oeste – limite entre as duas microbacias hidrográficas (Zé Açú e Tracajá), assim como, o Lago do Zé Mirim;

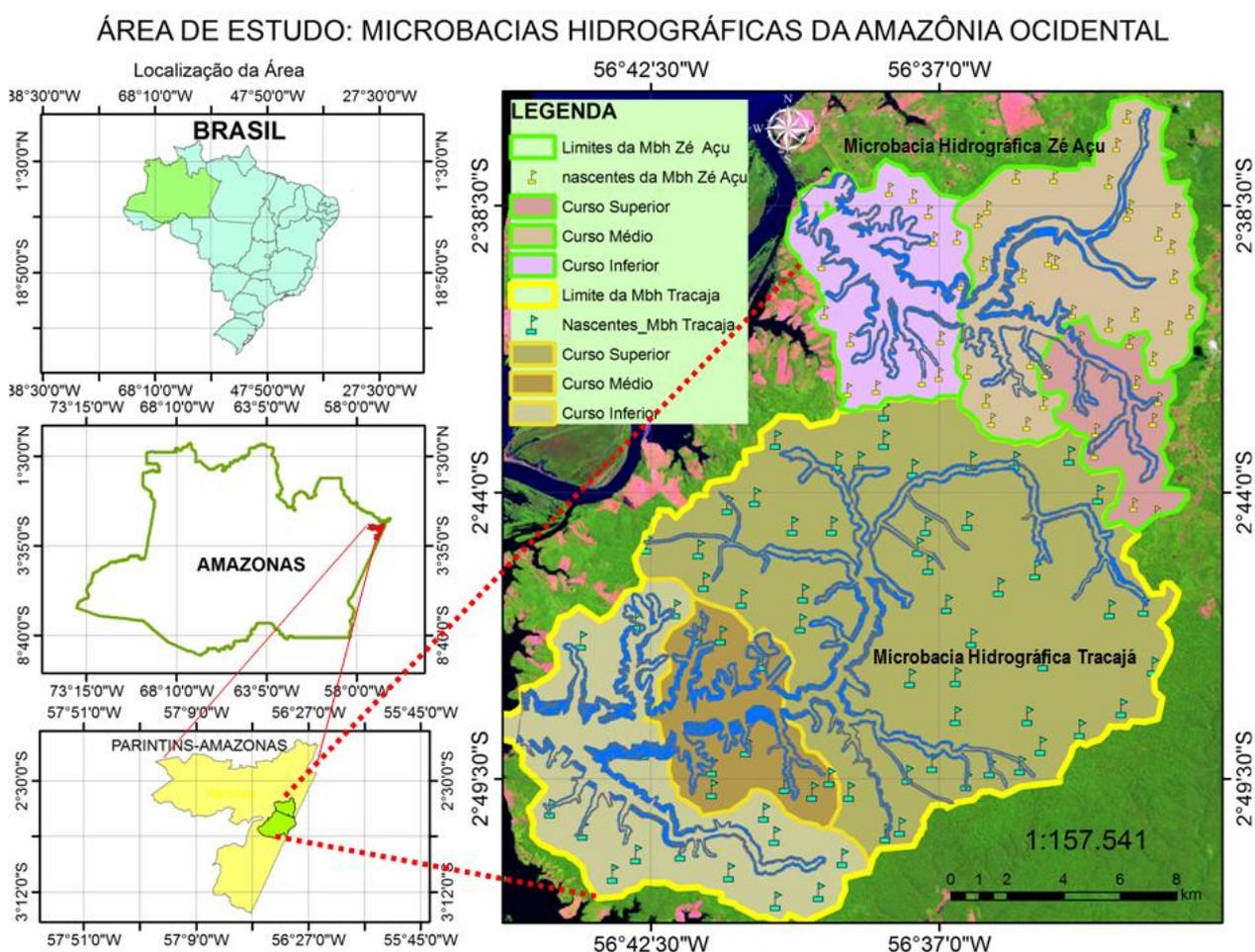


Figura 1.0 – Área de estudo – microbacia hidrográficas Zé Açú e Tracajá

Fonte: LANDSAT TM5 da órbita/ponto 228/068- 10/10/2010, org. PACHÊCO, J.B/2012

As condições da escolha da microbacia hidrográfica Tracajá como segunda bacia hidrográfica, no que diz respeito aos dados fluvio-hidrossedimentológicos, levou em consideração:

1) limites/divisor de água com o sistema hidrográfico Zé Açú; 2) a maior cobertura de vegetação nativa relacionada a sua área total que é de 283,204 km²; 3) sem processos

intensos de erosão pluvial(voçorocas); 4) sem identificação visível de assoreamentos em toda malha fluvial; 5) rede fluvial com as mesmas características fisiográficas e geológica, bem como, similaridade social e econômica; 6) por ter os seus limites hidrográficos 99% dentro da área do PA Vila Amazônia.

Caracterização Física da área de estudo

- ❖ Características fisiográficas dos sistemas fluviais Mbh Zé Açu e Mbh Tracajá, da Amazônia

Entre as complexidades inerentes das redes hidrográficas amazônicas está a tipologia atribuída de acordo com a morfologia e morfogênese do sistema hídrico. Sioli (1985) e Soares (1991) classificam de acordo com ecossistema do qual constituem a paisagem:

a) do ecossistema de *várzea* - rios de *águas brancas (cor amarela ou turva)* modeladores das planícies de inundação pela intensa atividade de sua tríade (deposição, erosão e transporte). Transportam taxas elevadas de material em suspensão, assim como provocam a erosão fluvial e depositam as cargas mais pesadas de acordo com sua competência e capacidade do fluxo de corrente;

b) do ecossistema de *terra firme* - rios de *águas transparentes/claras*, principalmente, quando de origem do Brasil Central (*côr verde-oliva* – nas partes mais profundas e *verde esmeralda* nos trechos mais rasos), cuja nascente e curso superior principal encontram-se em relevos planos do Brasil Central e das áreas sedimentares da Amazônia Central, cobertos por floresta ombrófila; os rios de *água preta (cor marrom-café, infusão de chá)* vêm de relevo bem planos e/ou peniplanície muito antiga como o exemplo é rio Negro que tem a nascente principal nos maciços guianenses.

As microbacias hidrográficas Zé Açu e Tracajá são do tipo *águas transparentes de côr verde-oliva* e pertence à rede hídrica do Brasil Central.

Esse tipo de sistema fluvial não tem como característica natural de sua dinâmica fluvial o transporte freqüente e elevado de cargas sólidas em qualquer categoria (arraste, suspensão, saltos etc.), porque este é diminuto, visto que, teoricamente, as cargas detríticas ocorrem somente na época das grandes chuvas e/ou oriundo da meteorização das rochas pré-cambrianas dos escudos norte e sul-amazônico (SIOLI, 1985).

Ressalta-se ainda que essa tipologia é atribuída pelo substrato oriundo da paisagem florística, constituída por um denso e contínuo dóssel nas copas e, da lavagem dos solos antigos em relevo com pouca movimentação (SIOLI, 1984, 1995, 2006; SOARES, 1991; SHUBART, 1983; JUNK, 1983).

Esses tipos de sistemas hídricos são característicos das áreas de *terra firme*¹, os quais mesmo com a baixa fertilidade edáfica (reduzida quantidade de sais minerais dissolvidos), dá suporte à sustentação de sua flora menos densa no leito (mata de igapó) e nas encostas (mata ciliar), contribuindo com a manutenção da pequena diversidade ictiológica.

Por essa constituição e pela pouca capacidade dos solos para fornecerem quantidades mínimas apreciáveis de materiais finos, as águas nas referidas microbacias/sistemas hídricos apresentam pobreza de material em suspensão.

As unidades morfoestruturais nas microbacias hidrográficas (Mbh) são modeladas pelos seguintes unidades de relevo Formas com Topos Tabulares(Dt), e, Superfície de Aplainamento Regular(Pri).(PRA 2005/MDA-INCRA, 2007):

A vegetação que constitui a paisagem das microbacias hidrográficas está distribuída entre: matas de igapós nas áreas de baixio - leito menor com a extensão média em direção ao centro deste sete metros lineares; mata ciliar nas encostas das faixas justafluviais; nas áreas de platôs :

a) com espodosolos, as espécies de caatingas amazônicas (campinas alta e baixa), principalmente, na faixa justafluvial esquerda. Os espodosolos são os solos com textura arenosa desde a superfície até o topo do horizonte B espódico, que ocorre entre 50 e 120 cm de profundidade (classificação de TEIXEIRA *et al.* 2010); e,

b) floresta ombrófila densa sobre latossolo amarelo distrófico em toda faixa justafluvial direita, e em partes do curso superior e do inferior, com as seguintes fisionomias (Fig. 2.0):

CARACTERÍSTICAS DO SOLO	MBH TRACAJÁ	MBH ZÉ AÇU
Latossolo Amarelo Distrófico Típico (LAa1); textura média + Areias Quartzosas Distrófica, ambos A proeminente e moderado, sob Floresta Ombrófila; relêvo ondulado e suave ondulado.	X	X
Latossolo Amarelo Distrófico Típico (LAa3), concrecionário, A moderado, textura argilosa e muito argilosa, sob Floresta Ombrófila Aberta; relêvo plano e suave ondulado	X	X
Latossolo Amarelo Distrófico Típico (LAa4), concrecionário, A moderado, textura média, sob Floresta Ombrófila Aberta; relêvo plano e suave ondulado.	X	-
Latossolo Amarelo Distrófico Típico (LAa5), A moderado e proeminente, textura muito argilosa, relevo plano, sob floresta ombrófila densa.	X	X

Fig.2.0 – Característica do Latossolo Amarelo Distrófico e respetiva vegetação

Fonte: P R A/MDA-INCRA/2005-2007, org. PACHÊCO, J. B./2012

² Relatório Final: Resultados da Rio+20. Disponível: <http://www.onu.org.br/rio20/tema/desenvolvimento-sustentavel/> Acessado:10/11/2012.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo do constante nesta Tese, foram organizados os instrumentos de pesquisa com registros de campo, geocodificados no Sistema de Informações Geográficas – SIG, conforme o fluxograma abaixo (**Fig. 3.0**):

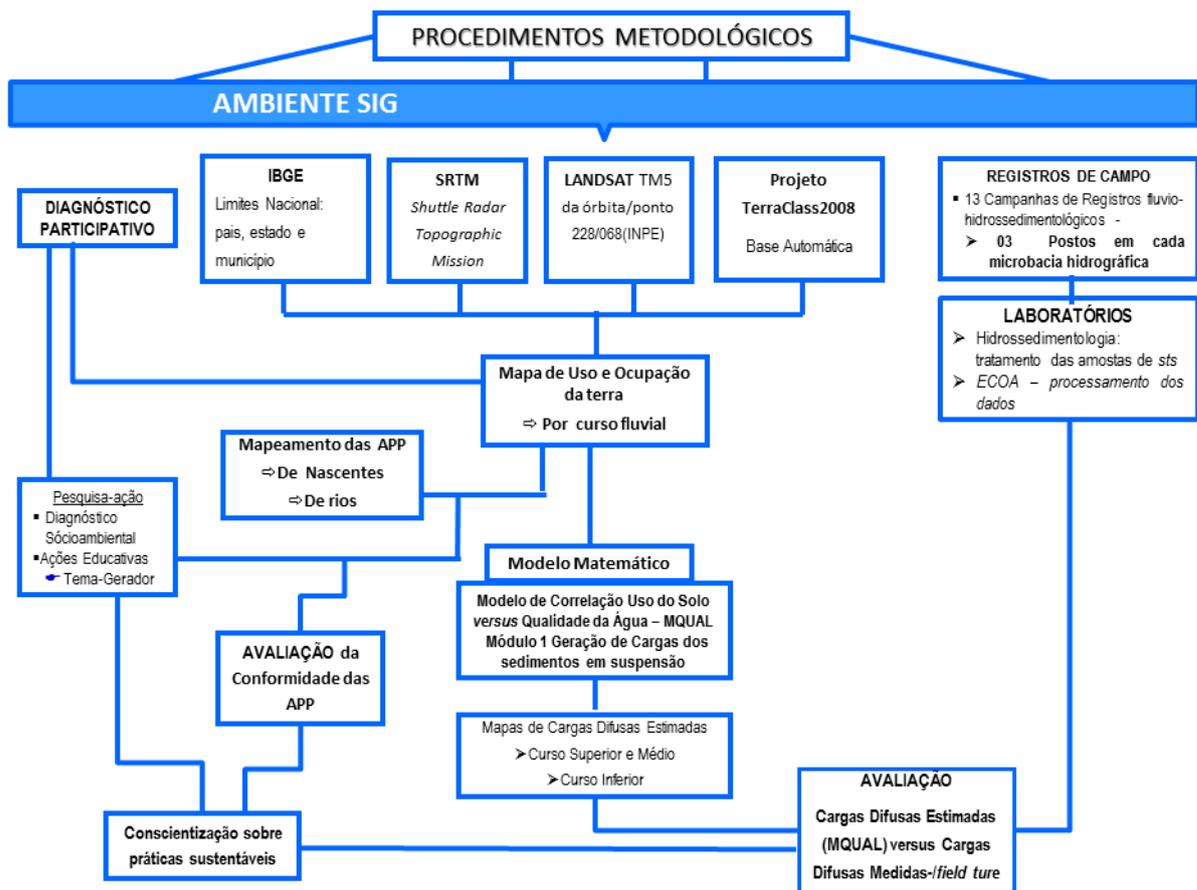


Figura 3.0 Fluxograma com procedimentos metodológicos da pesquisa

Trabalho de campo

A) Diagnóstico Participativo (DP)

Diagnóstico Participativo: executado com as técnicas do Diagnóstico sócioambiental (mapa mental/cognitivo e o inventariamento sócioambiental), a partir das ações do: **Plano de Ação Tematizada 1: Educação e percepção ambiental: ações com os assentados nas comunidades de Bom Socorro do Zé Açú, Paraíso e, de N. S. das Graças e público dos Pólos 07, 08 e 09; Plano de Ação Tematizada 2: Educação e percepção ambiental: ações com os comunitários- assentados nas comunidades zoneadas nos Pólos 07, 10 e 11.**

Participaram nas dez oficinas didáticas dos Planos de Ação Tematizada 1 e 2, aproximadamente 800 comunitários, representantes das comunidades de acordo com o zoneamento denominado de Pólo: Pólo 07 - Bom Socorro do Zé Açú, Santa Fé, Boa Esperança, Nazaré, Paraíso, N. S. das Graças, Toledo Pizza-Tracajá e Toledo Piza-Vista Alegre; Pólo 08 - Sagrado Coração de Jesus, Toledo Pizza (margem do rio), São Benedito, N. S. de Fátima e Santo Expedito; Pólo 09 - Máximo, Zé Miri e Colônia Brasil Roça; Pólo 10 - Maranhão e Badajós; Pólo 11 – Santo Antonio do Tracajá, São Sebastião do Juruá, Colônia Soares, Novo Oriente, N. S. de Fátima, Monte das Oliveira, Sagrado Coração de Jesus e São Benedito.

As ações desenvolvidas foram planejadas a partir do *Diagnóstico Rural Participativo*, aqui denominado de *Diagnóstico Participativo* (DP), tendo em vista este permitir um olhar mais profundo no que se refere a maneira de como os agricultores familiares e outros assentados percebem e interferem com o uso e a ocupação das terras no ambiente das microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental (Zé Açú e Tracajá).

A metodologia do DRP foi escolhida para esta Tese, pelo fato de permitir o uso e a articulação de várias técnicas ao mesmo tempo, as quais são facilitadoras do trabalho cooperativo, sensibilização e o rompimento de paradigmas (inserção dos atores sociais versus meros indivíduos que respondem perguntas prontas). Nas palavras de Chambers e Gijjt (1995):

Com o Diagnóstico Rural Participativo, geralmente inicia um processo de *empowerment* das pessoas locais, de maneira que podem mudar suas condições e situações. Sua intenção é permitir que os comunitários realizem sua própria análise, muitas vezes seguido de planejamento e ação. Portanto, constitui algo mais que somente um curto exercício de campo. Consiste em mudar os antigos papéis de dependência, e em reconhecer as pessoas locais (tanto homens como mulheres) como analistas. Um exercício de campo com DRP não tem como fim a mera extração de informações e de formação de idéias. Se trata de construir o processo de participação, do debate e da comunicação, e da resolução de conflitos. Isto significa que o processo cresce e desenvolve em torno das características específicas do contexto local.(p.4)

Público participante do Projeto de Assentamento Vila Amazônia: primeira fase – lideranças de agricultores familiares dos Pólos 07 (Mbh Zé Açú), 08 a 10 (Mbh Tracajá);

B) Ações Educativas

A partir das situações-problemas foi definido o Tema-Gerador denominado *Impactos ambientais nos cursos fluviais*. Deste, houve três desdobramentos: a) *Estudo de voçorocas*; b) *Construção de terrários*; e c) *Gincana sobre resíduos sólidos domiciliares*.

O contexto das abordagens das temáticas focou na Educação Ambiental e na Investigação-ação. Cada ação educativa foi desenvolvida em um semestre, sendo implementadas as seguintes:

1) *Estudando a voçoroca: alunos da sala multisseriada (1.º ao 5º Ano do ensino fundamental) da Escola Municipal da Comunidade de N. S. das Graças;*

◇ *Enfoques do tema desdobrado: ambiente dos igarapés, escassez de água, colmatagem de igarapés, erosão;*

2) *Terrário e a percepção ambiental pelos alunos do ensino multisseriado sobre os impactos ambientais nos sistemas naturais de terra firme da comunidade de Paraíso;*

3) *Terrário e os tipos de ambientes no curso inferior da Mbh Zé Açú;*

◇ *Enfoques do tema desdobrado do tema-gerador: biodiversidade aquática, topografia da terra firme, fitofisionomia, extração de areia;*

4) *Gincana Ambiental no combate aos resíduos sólidos domiciliares na comunidade de Paraíso na Mbh Zé Açú;*

5) *Gincana Ambiental no exercício de lidar com os resíduos sólidos domiciliares no curso inferior da microbacia hidrográfica Zé Açú;*

◇ *Enfoques do tema desdobrado: biodiversidade aquática, fitofisionomia, extração de areia, topografia.*

C) *Atividades de campo – finalidade de coleta de informações e verificação:*

a) *demarcação de pontos com o sistema de posicionamento global/ Global Positioning System - GPS) nas áreas fisiográficas de cada microbacia hidrográfica (Zé Açú e Tracajá) para:*

i) *delimites dos postos fluviométricos, no final de cada curso fluvial (inferior, médio e superior), onde foram efetuadas medidas voltadas a geomorfologia fluvial;*

ii) *identificação de tributários com impactos erosivos e assoreamentos no leito;*

iii) *altimetria do gradiente topográfico das referidas microbacias;*

b) *treze Campanhas para registros nos cursos superior, médio e inferior das microbacias hidrográficas: do perfil transversal; perfil longitudinal; caracterização dos tipos de vegetação, solos e água;*

Procedimentos dos registros:

1) *Pontos de medidas hidrossedimentológicas - vazão, perfil transversal, coleta e tratamento das amostras para o devido cálculo*

Instalação dos postos fluvio-hidrossedimentológicos

Foram selecionadas três seções ao longo do perfil longitudinal: no final curso superior, no início do curso médio, e, obedecendo o mínimo de 200 metros antes da foz, no curso inferior, conforme as coordenadas:

Microbacia hidrográfica Zé Açú

• **Posto 01** no curso superior (P1): faixa justafluvial direita - 56º57'998"W e 2º68'189"S; faixa justafluvial esquerda -56º58'071"W e 2º68'392"S.

- Posto 02 no curso médio (P2): faixa justafluvial direita - 56°61'409"W e 2°67'33,353"S; faixa justafluvial esquerda -56°61'54"W e 2°67'881"S.

- Posto 03 no curso inferior (P3): faixas justafluvial direita - 56° 64'984"W e 2°64'246"S; faixas justafluviais esquerda - 56° 65'533"W e 2°64'382"S.

Microbacia hidrográfica Tracajá

- Posto 01 no curso superior (P1): faixas justafluviais direita - 56°64'098"W e 2°78'794"S; faixas justafluviais esquerda -56°64'704"W e 2°78'87S.

- Posto 02 no curso médio (P2): faixa justafluvial direita - 56°66'604"W e 2°79'955"S; faixas justafluviais esquerda -56°66'654"W e 2°80'213S.

- Posto 03 no curso inferior (P3): faixas justafluviais direita - 56°74'518"W e 2°80'303"S; faixas justafluviais esquerda -56°75'027"W e 2°81'161"S.

Registros Fluvio-hidrossedimentológico – coletas de amostras de água para cálculo da concentração de sedimentos transportados em suspensão (C_{sts}), da carga de sedimentos transportados suspensos (Q_{sts}), e descarga líquida - treze campanhas mensais: período de vazante/seca fluvial – julho a novembro/2010 e julho/2011; e,o período da cheia/enchente fluvial - de dezembro até junho/2011.

Laboratórios Físicos com equipamentos (funil -300 ml, kitasato - 500 ml acoplados em bomba de vácuo; Cone de IMHOFF; Balança Analítica – 220 gramas com divisão de 0,0001g; Estufa; filtros de microfibra – GF-1/47 mm – 53 g/m²) – manipulação das 78 amostras de água (39 de cada microbacia hidrográfica) para os calculos das taxas de sólidos em suspensão e verificação da presença ou não de sólidos sedimentáveis.

Ambiente SIG

Esse ambiente (Sistema de Informação Geográfica - SIG) foi organizado do seguinte modo:

- ◇ Base Computacional - Ambiente ArcGIS/versão utilizada 9.3 - sua plataforma é constituída na estrutura de três aplicativos com as seguintes funções :

- *ArcCatalog* - permite a gestão das informações geográficas, local em que podem ser criados e mobilizados arquivos e pastas. Também possibilita realizar pesquisas de buscas de dados;

- *ArcMap* - responsável pela visualização, análise, edição e exportação de mapas. É composto por um conjunto de *layers* de informação executor de várias funções; e,

- *ArcToolbox* (7.1) - aplicativo com mais de 100 ferramentas executoras do processamento de dados (conversão de dados, transformações de coordenadas, operações de construção topológica, operações de análise espacial etc.);

- Mosaico de imagens de satélites/bandas espectrais TM/LANDSAT-5 da orbita/ponto 228/062 e 229/062, 08/10/2010 e 2011. Essas imagens foram adquiridas gratuitamente no

Catálogo de Imagem INPE/2011, postadas no site Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com datas de imageamento que possibilitasse a análise do uso e da ocupação do solo, com baixa ocorrência de nuvens sobre a área da pesquisa de tese;

- Imagem do projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), resolução de 90 metros, disponibilizada no sítio da *United States Geological Survey* (USGS), Folha SA-21-Z-A. A imagem SRTM foi utilizada para fins de delimitação das microbacias hidrográficas e respectivos cursos fluviais (inferior, médio, superior), bem como os recortes das imagens LANDSAT, utilizadas na reorganização das classes do uso e ocupação do solo;

Tais dados foram inseridos no aplicativo ArcToolbox 7.1, a fim de fazer a conversão da imagem SRTM do arquivo BIL para o GRID e a calibração das bandas LANDSAT.

A imagem SRTM necessitou de tratamento, pelas imperfeições identificadas como depressões espúrias (*sinks*), picos anômalos e áreas com ausência de dados no quadrante S03W60 do SRTM, compreendendo parte do estado do Amazonas. O tratamento das falhas para o preenchimento dos *sinks* fez-se uso das ferramentas disponíveis no *Spatial Analyst Tools* do ArcGis 9.3;

A imagem SRTM necessitou de tratamento, pelas imperfeições identificadas como depressões espúrias (*sinks*), picos anômalos e áreas com ausência de dados no quadrante S03W60 do SRTM, compreendendo parte do estado do Amazonas. O tratamento das falhas, para o preenchimento dos *sinks*, fez-se uso das ferramentas disponíveis no *Spatial Analyst Tools* do ArcGis 9.3;

- Software ENVI 4.3 – serviu para aplicar a filtragem, a fim de permitir o contraste nas imagens de LAND que serviram na interpretação visual para atualizar o shape do mapeamento do Projeto Terra Class 2008;

- Base para reorganização do mapa de uso e ocupação da terra nas microbacias hidrográficas Tracajá (segunda microbacia) e a de estudo (Zé Açú), e, para aplicação do MQUAL:

i) *Projeto TerraClass* – corresponde à elaboração de um mapa que descreve a situação do uso e da cobertura da terra no ano de 2008, nas áreas de estudo. Realizado pelo Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES), desenvolvido e executado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)/Centro Regional da Amazônia (CRA/INPE/Belém-PA; Embrapa Amazônia Oriental (Belém-PA); e Embrapa Informática Agropecuária (Campinas-SP);

ii) Composição do mapa de uso e cobertura da terra – a base *Projeto TerraClass 2008* é disponibilizado gratuitamente. Fazem parte deste projeto doze classes de uso e cobertura da terra, das quais foram selecionadas as de equivalência às classes

padronizadas constantes do modelo MQUAL (1.0, 1.5, 2.0), mais as que foram identificadas na área de estudo.

Tabela 1.0 – Origem das classes de uso e ocupação da terra e os coeficientes de exportação do Modelo de Correlação Uso do Solo X Qualidade da água - Cargas Difusas – Módulo 1 - Sedimentos em Suspensão

Projeto TerraClass-2008 Classes de Uso e ocupação da terra	MQUAL Módulo 1 –Carga Difusa STS FONTE/CLASSES	Coeficiente de Exportação de Carga - MQUAL		
		MQUAL1.0 1997 Período Úmido (kg/km ² /dia)	MQUAL 2.0 1998 Período Seco (kg/km ² /dia)	MQUAL 1.5 2003 Períodos Úmido (kg/km ² /dia)
Mosaico de ocupações	Atividade Agrícola	230,000	10,455	230,000
Vegetação secundária	Capoeira/Campo	30,000	3,750	-x-
Pasto com solo exposto	Pastagem	-x-	8,000	40,000
Florestas primárias	Florestas	20,000	2,500	20,000
Pasto Limpo	Capoeira	-x-	-x-	30,000

Fonte: Org. por PACHECO, J.B./2012, a partir do SMA/CPLA (2011)

- Modelagem Matemática – Simulação como o Modelo de Correlação Uso do Solo *versus* Qualidade da Água (MQUAL) - *Módulo 1 – Geração de Cargas* de sólidos suspensos.

O resultado tem como base os coeficientes de exportação de cargas associados a diferentes categorias de uso e ocupação do solo dentro dos limites de uma bacia hidrográfica (Tabela 0.1). O Cálculo se dá pela fórmula:

$$C_i = \sum (A_i \times c_i) \quad (3)$$

Onde:

C_i = carga média de cada parâmetro de qualidade de água para cada bacia de contribuição (kg/dia);

A_i = área ocupada pelas diferentes categorias de uso da terra nas bacias de contribuição (km²);

c_i = coeficientes de exportação de cargas difusas de cada parâmetro ambiental para as diferentes categorias de uso e ocupação da terra (kg/km²/dia).

BASE TEÓRICA: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A questão do desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade ambiental dos sistemas naturais: hídricos e/ou fluviais – bacias hidrográficas

Para explicar o *desenvolvimento sustentável*(DS) a partir de autores específicos há uma complexidade, pois as interpretações são diversificadas por abarcar situações que incluem distribuição de renda, democratização do conhecimento, direito a uma vida digna (habitação, trabalho, educação e saúde), investimentos em tecnologias e outros, para que cidadãos e o mercado capital cuidem do meio ambiente com responsabilidade, visando o desenvolvimento de um Estado-nação com qualidade.

A própria palavra *sustentável* gera reflexões por ser uma terminologia relativamente nova na discussão do DS, e, complexa, porque admite muitas variações do que é sustentável ou pode sustentar. Lima (2007) escreve que o termo *sustentável* costuma ser entendido entre os cientistas e autoridades políticas como sinônimo de controvérsia. Por esta razão, esse autor alerta que antes de arriscar qualquer uso, deve ser observado o significado: a palavra *sustentável* vem do latim *sustentare* (sustentar, defender, favorecer, apoiar, conservar, cuidar), capaz de se manter mais ou menos constante ou estável por longo período. Se entendido assim, os estudos ambientais devem contribuir para a manutenção dos ambientes naturais, considerando:

i) quando alterados pela retirada de algum elemento possível de manejo, como no caso das espécies florísticas, devem ser restituídos a natureza com a maior brevidade;

ii) por outro lado, o que não pode ser repostado (solo, rochas, água etc.) em relação à conservação e à preservação devem ser atitudes de ordem, sensibilização e execução de políticas públicas.

Diante dessa premissa, cabe destacar alguns pontos importantes para a reflexão sobre o *desenvolvimento sustentável*:

a) O Jubileu de prata de enfoques sobre o *Desenvolvimento Sustentável*

O ano de 2012 comemoramos 25 anos do marco consensual sobre o que é pretendido para alcançar o *desenvolvimento sustentável* – *aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem às suas*.

O ano de 1987 marca o fechamento do Relatório Brundtland ou *Nosso Futuro Comum*, elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que esteve chefiada pela então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. Esta recebeu o desafio de reunir uma equipe com representantes dos países, formada por cientistas, políticos, funcionários de finanças, planejamento e administradores das áreas da agricultura, de ciência e tecnologia, tinha como finalidade esquadrihar o mundo e formular um método

interdisciplinar e integrado, a fim de discutir as soluções para as preocupações mundiais e o futuro comum de todos (CMMAD, 1991).

A referida comissão passou três anos trocando e debatendo as experiências (social, econômica, cultural e ambiental) para analisar as problemáticas ambientais e, a partir daí elencar ações orientadoras para caminhar para o *desenvolvimento sustentável*. Para a referida comissão, dois são os pontos-chaves para o alcance do *desenvolvimento sustentável* (Nosso Futuro Comum, 1991):

- 1) *Necessidades* – sobretudo as necessidades essenciais dos pobres do mundo que devem receber a máxima prioridade;
- 2) *A noção de limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõe ao meio ambiente, impedindo-o de atender as necessidades presentes e futuras.* (p.46)

Em pouco tempo, a referida definição sobre o *desenvolvimento sustentável* (DS) ganhou visibilidade e seus desdobramentos foram além das esferas diplomáticas, acadêmica e dos movimentos ambientalistas. A adesão da mídia, nas vésperas da mega conferência Eco-92, ajudou a disseminar a idéia. Mas de certa forma, tornou-se uma panacéia, como se ao ser evocado (DS), todos os males do mundo fossem resolvidos (BURSZTYN e BURSZTYN, 2006).

Sachs (1993 e 2002) expõe que o DS não é tão simples, pois precisa estar vinculado aos principais aspectos da sustentabilidade que devem ser tratados com a mesma prioridade em uma dinâmica voltada para o bem estar de todos:

1) **Sustentabilidade Econômica** - *deve ser tornada possível por meio da alocação e do gerenciamento mais eficiente dos recursos e de um fluxo constante de investimentos públicos e privados [...]. A eficiência econômica deve ser avaliada em termos macrossociais, e não apenas através do critério da rentabilidade empresarial de caráter microeconômica;*

2) **Sustentabilidade Ecológica** – tem os enfoques: a) a ampliação do uso potencial de recursos dos diversos ecossistema, mas com o mínimo de danos aos sistemas de sustentação da vida; b) no limite de uso dos elementos naturais esgotáveis (fósseis) e não-esgotáveis mais danosos ao ambiente, substituindo-os por produtos renováveis e/ou abundantes não agressivos ao ambiente; c) à redução do volume de resíduos e de poluição, por meio da conservação de energia, recursos e da reciclagem; d) promoção do autolimites respectivo ao consumo de materiais por parte das pessoas e dos países ricos; e) intensificação ao fomento à pesquisa a fim da obtenção de tecnologias limpas e com maior eficiência, voltadas para o desenvolvimento urbano, rural e industrial; e, f) estabelecimento de normas com instrumentos legais para coibir agressões ambientais de toda a natureza.

3) **Sustentabilidade Espacial** - dirigida para a obtenção de uma configuração rural-urbana mais equilibrada e uma melhor distribuição territorial de assentamentos urbanos e atividades econômicas, com ênfase no que segue: i) redução na migração para o urbano; ii) conter a destruição dos ecossistemas frágeis; iii) adoção de práticas agrícolas conservacionista, com técnicas modernas e do alcance dos pequenos agricultores, acesso de crédito e aos mercados; iv) exploração industrial descentralizada em especial para produção de biomassa, com tecnologias inovadoras e geradoras de renda nas áreas rurais; v) criação de uma rede de reservas naturais e de biosfera para proteger a biodiversidade;

4) **Sustentabilidade Cultural** - inclui a busca de raízes endógenas, no que se refere aos processos de modernização e de sistemas agrícolas integrados. Estas devem provocar mudanças, enquanto proporciona continuidade cultural, que traduzam o conceito normativo de ecodesenvolvimento em um conjunto de soluções específicas para o lugar, o ecossistema, a cultura e a área;

5) **Sustentabilidade Social** – entende-se como a criação de um processo de desenvolvimento que seja sustentado por um outro crescimento, subsidiado por uma outra visão do que seja uma sociedade boa. A meta é construir uma civilização com maior equidade na distribuição de renda e de bens, de modo que possa reduzir o abismo entre os padrões de vida dos ricos e dos pobres.

6) **Sustentabilidade Ambiental** - conservação geográfica, equilíbrio de ecossistemas, erradicação da pobreza e da exclusão, respeito aos direitos humanos e integração social. Abarca todas as dimensões anteriores por meio de processos complexos: análise, prevenção e redução contínua de emissão de resíduos tóxicos; processos e tecnologias de produção mais limpa; o ciclo de vida dos produtos no caso das indústrias; participação em projetos de proteção, preservação e conservação da fauna e flora local; e incentivo aos projetos de educação ambiental e consciência ecológica;

7) **Sustentabilidade territorial** - trata do equilíbrio das configurações urbanas e rurais balanceadas (eliminação das inclinações urbanas nas alocações do investimento público); melhoria do ambiente urbano; superação das disparidades inter-regionais; estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguras para áreas ecologicamente frágeis (conservação da biodiversidade pelo ecodesenvolvimento).

8) **Sustentabilidade Política** - Democracia definida em termos de apropriação universal dos direitos humanos; desenvolvimento da capacidade do Estado para implementar o projeto nacional, em parceria com todos os empreendedores; um nível razoável de coesão social; por fim, a dimensão *política internacional* trata da promoção da paz e da cooperação internacional, do controle financeiro internacional, da gestão da diversidade natural e cultural e da cooperação científica e tecnológica.

Esse marco teórico e político conduz à busca de integração da sociedade com o meio ambiente, e, junto com isto, às alternativas de adequar a concepção de DS a de outros conceitos que devem passar do plano teórico para o exercício, importante para esse alcance como é o termo *sustentável*.

A esse respeito Lima (2007) se reporta à condição complexa de definir como tornar sustentável, por exemplo, a exploração de recursos naturais sem depauperamento do patrimônio natural quando não se tem parâmetros do que se quer sustentar (sustentabilidade: econômica, ecológica, do solo, do minério etc.). Ainda critica que a visão de tornar algum elemento sustentável pode diferir entre as especificidades de cada bioma. Por exemplo: o que pode ser sustentável na Amazônia nem sempre será da mesma forma na Mata Atlântica ou no Cerrado.

A concepção sobre o *desenvolvimento sustentável* pode ser vista de várias maneiras, porém na mesma concepção de que se deve resguardar os sistemas naturais conservados ou preservados, a fim de serem úteis no conjunto de vida do planeta. Dentre essas concepções podem ser citadas as seguintes argumentações:

Mota (1987) expõe que o conceito de *desenvolvimento sustentável* pode ser discutido da mesma forma que se faz com a sustentabilidade do crescimento econômico quando se considera a importância da manutenção não declinante dos valores ativos de uma economia. Para ele, a questão atual da sustentabilidade apenas introduz a necessidade de se tratar o capital natural distinto do capital material;

- Carvalho (1993), Lopes e Almeida (2002) consideram como padrão de sustentabilidade o formato dado a um determinado sistema natural a partir da influência de uma série de condições, limites ou restrições internas e externas ao mesmo;

- Para Acsegrad (1993); Fernandez (1995); e, Redclift (1993; 1996) o *desenvolvimento sustentável* deve buscar a equidade socioeconômica e de acesso aos recursos naturais a fim de alcançar a sustentabilidade ambiental e a auto-suficiência econômica;

- Sachs (2000) ressalta que a sustentabilidade ambiental tem como exigência para os mercados e processos produtivos a reformulação de acordo com a lógica dos retornos à própria natureza e não de acordo com a lógica de lucro, gerador da acumulação do capital e de retornos em investimentos. Todavia, no processo para favorecer ao ambiente natural deve-se controlar o desenvolvimento econômico a partir dos limites que a natureza pode oferecer, considerando a possibilidade de as sociedades humanas poderem redescobrir e reinventar situações sustentáveis, em lugar de esperar isto da natureza.

Outros estudiosos também formularam seus conceitos a respeito do *desenvolvimento sustentável* focados na equidade socioeconômica e ambiental como: Liverman *et al.*(1988);

Brklacich *et al.* (1991); Dovers e Handmer (1993); Moore e Johnson (1994); Bartuska *et al.* (1998); Faeth (1994); WCED (1987); Douglas, 1985; Senanayake (1991); SAP(1997); Murgueito (1992), Bellia (1996) etc.

b) *Desenvolvimento Sustentável e Participação Social*

A UNESCO em 2005 lançou o programa *Educação para o Desenvolvimento Sustentável* com o aporte voltado para três principais áreas:

1) *Sociedade* - conhecimento das instituições sociais e do papel que desempenham na mudança e no desenvolvimento social, assim como dos sistemas democráticos e participativos, que dão oportunidade de expressar opiniões, eleger governos, estabelecer consensos e resolver controvérsias.

2) *Meio ambiente*: consciência em relação aos recursos e a fragilidade do meio ambiente físico e aos efeitos das atividades e decisões humanas relativas ao meio ambiente, com o compromisso de se incluir as questões ambientais como elemento primordial no desenvolvimento de políticas sociais e econômicas.

3) *Economia*: consciência em relação aos limites e ao potencial do crescimento econômico e de seus impactos na sociedade e no meio ambiente, com o compromisso de reduzir o consumo individual e coletivo, levando em consideração o meio ambiente e a justiça social.

A esse respeito Dionne (2007, p.66), observa que *a identificação dos problemas se faz em função das necessidades sociais reais expressadas pelos atores em dada situação.*

Por sua vez Castro *et al.* (2002) ressaltam que:

A questão ambiental deixou de ser uma preocupação restrita a profissionais envolvidos com problemas dessa ordem. Vemos atualmente que esse tema envolve todos, uma vez que cada um de nós está sujeito aos efeitos dos problemas ambientais, tanto regional quanto globalmente (p.157).

O conjunto de condições naturais e de influência que atuam sobre os organismos vivos e os seres humanos é um contexto que está em evidência na realidade mundial quando se trata do meio ambiente. As sociedades humanas são amplamente reconhecidas como variante fundamental quer para o *desenvolvimento sustentável*, quer para o *desenvolvimento não-sustentável*.

Valendo-se dessas posições teóricas sobre o *desenvolvimento sustentável* e tendo mais a visão de Saito (2001), voltada à participação de atores sociais a partir do que fundamenta Paulo Freire, tem-se o compromisso com a transformação que prima por uma organização pedagógica acordada com as necessidades do povo, que é fator essencial que antecede o ato pedagógico:

Nesta condição, a busca dessas *aspirações do povo* deve se dar no contato estreito com a comunidade, identificando seus problemas para daí extrair o que Freire chama de *temas geradores*. Para este, chamam-se geradores porque, envolvendo situações-limites existenciais que exigem atos-limite de compreensão e intervenção social, seja qual for sua natureza e a ação por eles provocada, contém em si a possibilidade de desdobrar-se em outros tantos temas que, por sua vez, explicitam novas situações-limite que novamente exigem ação. (SAITO, 2001, p.128)

Para Saito *et al.* (2000 e 2001), quando se implementa ações de qualquer natureza, mas com a participação da comunidade (incluída a pesquisa acadêmica-científica) é verificado que ao serem apontadas as situações-problemas, junto as soluções, os sujeitos vão criando confiança, buscando, assim, a inserção política de ser e ter. Esse ato é um caminho articulador para a construção da cidadania que acontece pelo *empowerment*. A esse respeito, inferindo o posicionamento de Friedman (publicação de 1992: *Empowerment: the politics of the alternative development*), os referidos autores têm a seguinte compreensão conceitual:

[...] Pode-se entender por *empowerment* o fortalecimento político-organizacional de uma coletividade, que se auto-referencia nos interesses comuns e pratica uma ação solidária e colaborativa para transformar a realidade local e desenvolvê-la social e economicamente. (p.36 e 127)

Considerando a importância do *empowerment* para medidas focadas na sustentabilidade ambiental, uma das metodologias que tem sido muito utilizada como estratégia à participação social é o Diagnóstico Rural Participativo (DRP), como explicam Chambers e Guijt (1995):

Com o Diagnóstico Rural Participativo, geralmente inicia um processo de *empowerment* das pessoas locais, de maneira que podem mudar suas condições e situações. Sua intenção é permitir que os comunitários realizem sua própria análise, muitas vezes seguido de planejamento e ação. Portanto, constitui algo mais que somente um curto exercício de campo. Consiste em mudar os antigos papéis de dependência, e em reconhecer as pessoas locais (tanto homens como mulheres) como analistas. Um exercício de campo com DRP não tem como fim a mera extração de informações e de formação de ideias. Se trata de construir o processo de participação, do debate e da comunicação, e da resolução de conflitos. Isto significa que o processo cresce e desenvolve em torno das características específicas do contexto local.(p.4)

O êxito para a aplicabilidade do DRP é a pesquisa-ação, porque esta rompe com as formas fechadas de entender uma dada área pesquisada, tendo em vista, abrir a novos critérios que validam os resultados e oportunizam para ações concretas (MOACIR GADOTTI, 1995).

Quando se pensa em uma intervenção, principalmente voltada ao *desenvolvimento sustentável* visando a conservação e preservação ambiental, a exemplo do DRP, emergirão as atitudes colaborativas a fim de resolver as situações-problemas no coletivo. Esse desfecho demonstra que o *empowerment*, a pedagogia problematizadora freiriana e a pesquisa-ação estão se integrando e contribuindo para o processo de transformação da realidade vivida, emancipando-se do momento anterior (como se estivesse em uma inércia temporal e espacial). Nas palavras de Saito *et al.* (2001):

[...] Sendo um processo de busca de maior inserção política dos sujeitos, a investigação-ação articula-se fortemente com a construção da cidadania através do conceito de *empowerment*, constituindo-se em meio para alcançá-lo. E pode contribuir para que a investigação temática freireana se dê, efetivamente, no campo dialógico e emancipatório, de forma a não se restringir a problematização à fase de decodificação das situações-limite

decorrentes do tema gerador identificado, mas iniciando essa problematização no próprio processo de identificação do tema gerador - a investigação temática. (p.131)

Com esses contextos teóricos se verifica que a participação social é de grande importância para que as transformações aconteçam e com isto manter os sistemas naturais em consonância com o modo de vida das populações. Por outro lado, tem o capital com suas normas e estratégias sedutoras que perturba a implantação de políticas socioambientais, como no caso, as voltadas para os sistemas hídricos e a relação com as sociedades de seu entorno.

c) Bacias hidrográficas e a sustentabilidade ambiental

Abordando a condição da sustentabilidade ambiental para as bacias hidrográficas, Faustino (1996) defende que se deve assegurar às populações fixadas nas áreas dos sistemas hídricos o alcance de um nível aceitável de *bem-estar* tanto no presente para o futuro, compatível com as condições ecológicas e socioeconômicas em longo prazo e ao mesmo tempo cumprindo o desenvolvimento nas regiões e no país.

Esse autor justifica que, para essa meta ser alcançada, deve-se considerar os aspectos básicos: integração dos diferentes atores na implementação; condução do plano de manejo da bacia; e a consideração da existência de todos os sistemas e componentes de propriedade comum, inclusos dentro da bacia, tais como: minerais, florestas e a água.

No entendimento de que o manejo de bacias não é simples, já que depende de várias situações para ser concretizado, há fatores imprescindíveis na dependência como Faustino (1996) apresenta:

a) um nível de conhecimento da realidade e o compromisso com o desenvolvimento das comunidades, para possibilitar a harmonização entre a natureza e a qualidade de vida;

b) clareza e segurança sobre o conhecimento para alcançar recursos e meios adequados para resolver os problemas-chaves para o bem-estar humano e a manutenção dos recursos naturais;

c) mecanismo institucional que permita e garanta as intervenções em favor das entidades sociais e dos recursos naturais;

d) a capacitação dos profissionais deve ser equilibrada em todos os níveis: organizacional, institucional e individual (gerentes, especialistas, extensionistas, líderes, agricultores, educadores etc.).

Diante do exposto, verifica-se neste século a exigência da necessidade de uma gestão adequada, possibilitadora de usos múltiplos sem deplecionamento das quantidades, assim como, sem a ameaça de sua qualidade (TUNDISI, 2009).

Nesse contexto, direcionado ao Brasil, Pizella e Souza (2007) e Christofidis (2005) escreveram sobre o potencial de grandes reservas hídricas superficiais e biodiversidade aquática, porém com distribuição desigual entre as diversas regiões hidrográficas. O

aparelho institucional demonstrador desse potencial sistema de classificação das águas doces superficiais brasileiras é norteado pelos pressupostos e instrumentos das políticas nacionais de meio ambiente e de recursos hídricos, regulamentadas por instrumentos legais (Decreto N.º 24.643/1934 – Código das Águas/ Lei das Águas; Lei 9.433/1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos; Resolução CONAMA nº 357/05; Resolução CNRH nº 12/2000) que também dão suporte jurídico para a implementação dos planos de recursos hídricos (nacional, regional, estadual etc.) e respectiva gestão.

Partindo desse aporte, Pizella e Souza (2007) realizaram um estudo de análise sobre os problemas existentes na gestão da qualidade hídrica brasileira frente às premissas de sustentabilidade ambiental, tomando por base estratégias e novas tendências adotadas em países de referência como os Estados Unidos, a União Européia, a Austrália e a Nova Zelândia que já passaram por situações como as que são vividas no presente pelo Brasil.

Os resultados alcançados por Pizella e Souza (2007) demonstraram pontos cruciais quanto às dificuldades de articulação dos instrumentos da política hídrica e ambiental frente à criação de comitês e as agências de bacias, no que tange as seguintes incongruências: objetivos protetivos *versus* objetivos de recuperação; manutenção da qualidade hídrica com vistas à sustentabilidade ambiental e social *versus* a existência de classes de qualidade permissivas; e o estabelecimento de padrões qualitativos das águas considerando apenas as características físico-químicas e microbiológicas da água.

Essas situações não são discussões novas, pois os trabalhos mencionados a seguir já se ocupavam sobre as formas de gerir os desafios com a finalidade de proteger os sistemas hídricos no Brasil.

No estudo de uma década atrás, Tucci *et al.* (2000), apresentaram a avaliação e a análise dos recursos hídricos do Brasil, considerando-se o cenário atual e a tendência de seu desenvolvimento econômico e social até 2025.

Esse cenário foi realizado, no âmbito do *World Water Vision* (2º World Water Forum, que ocorreu em Haia em março/2000), com iniciativa de várias entidades internacionais. Na América do Sul, a iniciativa coube ao SAMTAC (*South America Technical Advise Comitee*) do GWP (Global Water Parternship), que preparou um estudo básico da região (GWP, 2000), baseado em estudos de cada país.

Na visão de Tucci *et al.* (2000), ao colocar o Brasil no âmbito da estrutura planejada para a condição da América do Sul, considera-se a base institucional como condição necessária para o gerenciamento dos recursos hídricos, devendo, portanto, incluir as seguintes prioridades nacionais no setor de recursos hídricos: i) proteção de mananciais e o tratamento de esgotos; ii) preservação e aumento da disponibilidade de água nas áreas críticas; iii) adequação no controle das enchentes urbanas; iv) conservação do solo rural.

Para esses autores, as prioridades requerem um planejamento de uso da água nas bacias e nas regiões hidrográficas, desenvolvido de forma eficiente, porém, necessita prever, entre outras ações: a revisão do Plano Nacional de Recursos Hídricos; a implementação dos comitês com as suas respectivas agências; e o desenvolvimento de programas nacionais e regionais que atuem sobre os principais problemas emergentes identificados. O único problema apontado pelos autores é o olhar para uma política pública onde os atores sociais devem ser os envolvidos no processo de planejamento e gestão.

Nessa abordagem, Magalhães-Júnior *et al.* (2003) inferem que o Brasil apresenta, na atualidade, um dos sistemas legais de gestão das águas mais avançados do mundo, porém necessita vencer o desafio na modernização da operacionalidade da base legal e institucional.

Esse desafio se refere à concretização dos princípios de gestão estabelecida na Lei 9.433/1997, em que a gestão deve ser descentralizada e participativa, com mecanismo para superar certos obstáculos como o de carência de dados e de informações para atuação dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH).

Uma das sugestões para superar esses entraves é o apoio de instrumentos (informação, educação formal) no auxílio ao processo decisório na gestão das águas, como facilitadores da comunicação e a compreensão da realidade. Estes dois fatores são agentes externos que levam informações - comunicação vertical e unidirecional (SANTOS *et al.*, 2005).

Nesse enfoque, Magalhães-Júnior *et al.* (2003) ressaltaram que a carência de políticas e/ou a implementação destas deve-se à realidade econômica nacional e à complexidade e o dinamismo de um processo de gestão. A explicação para isso se justifica devido à grande continentalidade e carência de recursos financeiros e humanos que dificultam uma sociedade de rede/*sociedade de informação*. Assim, o fator-chave da estruturação e de integração da sociedade brasileira é a futura organização do Sistema Nacional de Informação sobre os Recursos Hídricos.

Após essas abordagens, reflete-se sobre a urgência na implementação da legislação e o plano que tratam da Política de recursos hídricos. A falta desses instrumentos contribui para ausência de gestão e o enfraquecimento da base: políticas públicas para o atendimento das demandas de educação, saúde, assistência técnica e científica aos sistemas produtivos etc.; a sensibilização quanto à disponibilidade e à escassez da água focados na conservação e preservação das unidades hídricas com a água potável (lagos, rios etc.).

d) O olhar entre as décadas de 1990 e 2000 sobre o desenvolvimento sustentável(DS) e os sistemas hídricos

Há uma vasta literatura que faz discussões sobre o *Desenvolvimento Sustentável*, todavia, para as reflexões a esse respeito serão destacados os trabalhos a partir de 1995 e outros mais atuais da década de 2000.

Nos meados da década de 1990 autores como Silva (1995 e 1998), Carvalho (1996), Carmo *et al.* (1995), no auge da discussão do *Desenvolvimento Sustentável*, apontava-se como sugestão para um caminho promissor, a democratização das políticas públicas por meio de canais que pudessem fluir para as reivindicações das comunidades locais, interagindo com o processo de produção (agricultura familiar *versus* segurança alimentar *versus* reforma agrária *versus* gestão de propriedade) e respectiva segurança ambiental (diversidade biológica e social). De ideias semelhantes Almeida (1997) alude que:

... A direção, pois, do desenvolvimento sustentável deixa de ser aquela linear, única, que assumiu o desenvolvimento dominante até nossos dias. [...] O *modelo* de desenvolvimento buscado seria então um modelo rico em alternativas capaz de enfrentar com novas soluções a crise social ambiental. É preciso conceber um desenvolvimento que tenha nas prioridades sociais sua razão primeira, transformando, via participação política, excluídos e marginalizados em cidadãos [...]. p. 26

A noção de desenvolvimento sustentável tem como uma de suas premissas fundamentais o reconhecimento da 'insustentabilidade' ou inadequação econômica, social e ambiental do padrão de desenvolvimento das sociedades contemporâneas. Esta noção nasce da compreensão da finitude dos recursos naturais e das injustiças sociais provocadas pelo modelo de desenvolvimento vigente na maioria dos países. (p.21).

Stahel (1995, p.104) é mais rigoroso na sua análise, por entender que de nada adiantará divulgar o *desenvolvimento sustentável* almejado se o sistema econômico vigente não for avaliado e as suas contradições contestadas. Estas medidas são importantes, pois em não sendo levadas em conta, o *desenvolvimento sustentável* correrá o risco de se tornar um conceito vazio, servindo apenas para dar uma nova legitimidade para a expansão insustentável do capitalismo.

Com a divulgação dessa proposta de *desenvolvimento sustentável* muitas são as discussões sobre as formas de praticá-lo, porém o conceito na sua essência já nasce carregado de problemas e com bastante complexidade difícil de resolver desde aquela década.

O *desenvolvimento sustentável* como a mais nova forma de resolver os problemas ambientais nas suas dimensões (social, econômica, cultural, ambiental etc.) chega na década de 2000 com críticas severas como as de Marcionila Fernandes (2003):

[...] o termo *desenvolvimento sustentável* é constituído de algumas 'categorias abstratas', como por exemplo: 'gerações futuras e a humanidade', que impedem que seja realizada uma análise que respeite as diferenças sociais apresentadas entre os países.[...] A intenção seria a de alcançar uma aceitação global que representasse certo consenso, não destinando a devida atenção intelectual para o enfrentamento de discussões concretas indispensáveis para o assunto. (p.131 e 137)

Veiga (2005, p. 188) critica a banalização do termo sustentabilidade e/ou a completa desvirtualização do seu real significado. Para este, desde que o desenvolvimento

sustentável *entrou em moda com o entendimento de algo firme e durável*, possibilitou que em muitos casos fosse utilizado para caracterizar um crescimento duradouro em todas as ordens.

Saito (1997) ao citar Coutinho (1992) e Backer (1994), escreveram que o paradigma da sustentabilidade, ao mesmo tempo que a Sociedade Civil faz suas reivindicações voltadas ao direito de ter uma vida harmoniosa com o seu ambiente, o capital se coloca como defensor desse discurso a fim de acomodar seus interesses. Na visão de Saito (1997), o capital não está fazendo uma simples incorporação, visto que nesse exercício está imbuída a transformação da ecologia em mercadoria e assim:

Surge, então, um novo ramo de atividades mercantis que se ocupa da fabricação e comercialização de equipamentos anti-poluentes ou de recuperação de ambientes degradados – a industrialização da ecologia –, constituindo-se num setor em franca expansão, e dinamizador da economia dos países centrais. (p.31)

Jacobi (2007,p.54), avaliando o *desenvolvimento sustentável* a partir dos acontecimentos e dos estudos científicos, ressaltou que os ecossistemas continuam sentindo o impacto dos padrões insustentáveis de produção e de urbanização. As reservas naturais de conservação e preservação continuam sujeitas às pressões antrópicas crescentes. Diversos países continuam aumentando a vulnerabilidade de seu potencial natural e, dependendo da posição de poder atingem outros com *uma série mais intensa e freqüente de fenômenos que tornam mais frágeis os sistemas ecológicos e sociais, provocando insegurança ambiental, econômica e social, minando a sustentabilidade e gerando incertezas em relação ao futuro.*

No prefácio do livro de José Eli Veiga - *Desenvolvimento Sustentável: o desafio do século XXI* (VEIGA, 2005), Sachs faz sua reflexão da década sobre a temática que envolve o *desenvolvimento* e a *sustentabilidade* quando escreve:

[...] Por isso, em última instância, o desenvolvimento depende da cultura, na medida em que ele implica a invenção de um projeto. Este não pode se limitar unicamente aos aspectos sociais e sua base econômica, ignorando as relações complexas entre o porvir das sociedades humanas e a evolução da biosfera; na realidade, estamos na presença de uma co-evolução entre dois sistemas que se regem por escalas de tempo e escalas espaciais distintas. A sustentabilidade no tempo das civilizações humanas vai depender da sua capacidade de se submeter aos preceitos de prudência ecológica e de fazer um bom uso da natureza. É por isso que falamos em *desenvolvimento sustentável*. A rigor, a adjetivação deveria ser desdobrada em socialmente *includente*, ambientalmente *sustentável* e economicamente *sustentado* no tempo (VEIGA, 2005, p.9).

CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS ZÉ AÇU E TRACAJÁ NA ÓTICA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NAS ÚLTIMAS DÉCADAS

O processo histórico de ocupação mais intensa nas microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá, discutido nesta tese, data a partir da criação do Projeto de Assentamento

(PA) Vila Amazônia em 1988, cuja paisagem é constituída por diversos corpos d'águas, entre os quais, os citados sistemas fluviais.

Nesse momento é o período do auge de divulgação e do consenso sobre as pretensões do almejado *Desenvolvimento Sustentável* (DS). Assim como as discussões de apoio e de críticas ao DS foram aumentando no âmbito dos eventos acadêmicos-científicos, os Estados iam se convencendo das possibilidades alcançadas, em proporções sem medida e os impactos ambientais continuaram acontecendo.

Esta tese avalia situações-problemas nas Mhb Zé Açú e Mbh Tracajá que vieram acontecendo ao longo dos anos até esta década. O exemplo é o próprio Projeto de Assentamento (PA) Vila Amazônia que, ao ser criado foi compartimentado em lotes, também nominado de parcelas de terra nos regulamentos do governo federal brasileiro. Ocorre que esses lotes foram demarcados inclusive sobre as áreas estratégicas (Área de Preservação Permanente de rios e de nascentes).

Os impactos e os respectivos problemas expostos nos capítulos desta tese analisam a configuração da referida região que abrange os sistemas hídricos, tomando como referência as ocupações anteriores à posse pelo governo do Brasil em 1987, como parte da política de reforma agrária brasileira.

Por esse motivo é que se marca um *jubileu de prata* o que se confere nesta discussão a partir da identificação de dois eventos importantes: 1) desapropriação de área para estabelecer o PA Vila Amazônia, pelo Decreto Federal nº. 94.969 de 25/09/1987 - MIRAD- Ministério da Reforma e do Desenvolvimento Agrário, local modelado pelas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá; e, 2) a publicação do Relatório *Nosso Futuro Comum* em 1987, realizado pela Comissão Brundtland, onde estão descritos os cruciais problemas e referendadas soluções para se chegar ao *desenvolvimento sustentável*, cujo ponto matriz é a concretização de uma sociedade sustentável.

Apesar de ambos os acontecimentos completarem o *jubileu de prata*, o *desenvolvimento sustentável* ainda *capenga* com suas políticas para desenvolver ações mitigadoras, e no PA Vila Amazônia a progressão de impactos ambientais.

Verifiquemos que mais discussões mundiais aconteceram tendo o *desenvolvimento sustentável* como enfoque. O relatório Brundtland embora concluído em 1987 foi levado para ser discutido na Eco-92 e após: o Fórum Rio+5 (em março de 1997 no Rio de Janeiro e a finalização em Nova York/ junho de 1997; a 5ª sessão da Comissão sobre Desenvolvimento Sustentável/CDS (abril/1997); em junho/1997, a Sessão Especial da Assembleia Geral da ONU) para selar a *Declaração de Compromisso*; e, no ano de 2012 ganhamos no Brasil mais um grandioso evento, *Rio+20*, para tratar das questões ambientais dimensionadas (social, política, econômica, cultural, ambiental etc.).

Chegamos à primeira década do século XXI com mais um grande evento ambiental. O propósito da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS/junho de 2012) teve como objetivo discutir a renovação do compromisso político com o *desenvolvimento sustentável*. Para a Organização das Nações Unidas foi o maior evento já realizado (CNUDS/Rio+20), com grande avanço e a participação de 190 chefes de Estado, os quais firmaram compromissos para gerar a sustentabilidade.

Relizou-se mais uma grande Conferência Mundial para o Meio Ambiente, com elaborações de metas como as de 1992 (Eco-92), porém o resultado gerou uma sensação de insegurança e preocupação, não com o que foi escrito pelos estadistas e outros representantes da sociedade a respeito de como resolver as situações ambientais, mas com as tomadas de decisões para de fato solucionar os graves problemas ambientais.

Relacionado às conferências mundiais que discutem as questões ambientais e o que se comprova na prática de degradações, a exemplo da tese em pauta, parece estar muito distante a realidade de implementar as propostas elencadas nas Agendas 21. Mesmo sendo uma área que parece insignificante quando comparada a de outros locais dos diversos continentes, os impactos ambientais analisados são alarmantes quando vinculados à vida das pessoas e dos outros organismos que compoem o local de estudo (microbacias hidrográficas Zé Açu e Tracajá).

Diante disso, ao articular os dados desses ambientes estudados com outros que necessitam de atenção com brevidade, e, analisando de forma ampla as propostas elencadas na CNUDS/Rio+20, agregadas ao tempo (Qual?), para implementá-las, parece mais uma utopia, principalmente, se for refletido atentamente sobre a citação do Secretário-Geral da ONU, Ban Ki-moon durante uma entrevista, a respeito das medidas para o *desenvolvimento sustentável*:

O documento final oferece uma base sólida para o bem-estar social, econômico e ambiental.[...] Agora é nossa responsabilidade construir sobre esta base. A Rio+20 afirmou princípios fundamentais – renovou compromissos essenciais – e deu-nos uma nova direção.

[...] se o documento final é a base para a próxima etapa da nossa jornada para o desenvolvimento sustentável, os compromissos anunciados no Rio são os tijolos e o cimento. Eles serão um concreto e duradouro legado da Rio+20².

Sem ceticismo ao que pode vir ocorrer como real, mas refletindo sobre essa citação conclui-se: se a *base*/alicerce ainda é esse documento da Rio+20 e os compromissos para a solucionar os impactos são os *tijolos* e o *cimento*, então, o problema estará em concretá-los cimentando-os. Como ter um alicerce seguro para manter as sociedades humanas se os ambientes abióticos e bióticos estão sem o mínimo de política pública e sem a participação dos atores principais (ribeirinhos-varzeanos, ribeirinhos-assentados, indígenas, quilombolas

² Relatório Final: Resultados da Rio+20. Disponível: <http://www.onu.org.br/rio20/tema/desenvolvimento-sustentavel/>
Acessado:10/11/2012.

e outras populações das áreas urbana e rural), no próprio planejamento sócioambiental e respectiva implementação?

Olhando pelo prisma tempo e os serviços mínimos (educação, saúde, saneamento básico, formação e informação sobre seu sistema produtivo) que não chegam às populações e se estas continuarem a viver e conviver nos seus ambientes abandonados à própria sorte como até então, o *desenvolvimento sustentável* vai esperar o *jubileu de ouro* para ajustar o que restou da relação entre a natureza e a sociedade do futuro. Especificando o caso da Amazônia com tantas microbacias, sub-bacias e outros corpos d'águas, inclusive em áreas urbanas, será que ainda existirão com as funções fluviais e reservatórios de águas naturais com potabilidade? Como será o modo de vida das populações no futuro se continuarem na mesmice desse contexto de impactos ambientais?

Considerando a contextualização realizada a partir da fundamentação teórica sobre o desenvolvimento sustentável, esta Tese realizou os estudos a partir dos seguintes objetivos:

Objetivo Geral: Avaliar as formas de uso e de ocupação da terra e a relação de seus impactos ambientais às microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, localizadas na Amazônia Ocidental e, também às comunidades de assentados.

Objetivos Específicos

- Estabelecer a relação entre os impactos identificados pelo uso e ocupação da terra no perímetro das microbacias hidrográficas (Mbh) da Amazônia Ocidental e as respectivas implicações para a dinâmica fluvial destas (Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá);

- Proceder à análise no que diz respeito ao(s) impactos gerados pelas categorias de ocupação e uso da terra e a relação com a supressão de vegetação nas áreas estratégicas (Área de Preservação Permanente) das Mbh Zé Açú e Tracajá;

- Estimar a exportação de carga de sedimentos transportados em suspensão pelo Modelo de Correlação Uso do Solo X Qualidade da Água – Módulo 1 do MQUAL, a fim de compara-la com os registros tomados nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá;

- Entender como cada sujeito na sua dimensão sociocultural absorve as formas de lidar com seu próprio ambiente e qual a capacidade crítica na formulação de propostas voltadas à qualidade ambiental, bem como, ações transformadoras na visão da sustentabilidade;

- Implementar Diagnóstico Participativo como metodologia que possibilita a junção e articulação de várias técnicas voltadas ao trabalho cooperativo, incutidoras à reflexão crítica e tomadas de atitudes.

CAPÍTULO 1 - DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO COM OS ASSENTADOS DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

1. INTRODUÇÃO

O solo e/ou terra é o elemento de uso direto das pessoas e dos sistemas naturais, assim como, a água que é fundamental para a vida e presente em estado líquido (superficiais - rios e lagos; e nos aquíferos e lençóis freáticos), sólido (calotas polares) e em forma de vapor na atmosfera. As águas dos sistemas hídricos são os agentes modeladores dos relevos recobertos pelos solos, raramente não alterados pelos sistemas produtivos, tipos de recreação, quantidade de vegetação, sistemas naturais, infra-estruturas urbanas e agrárias e outros.

Dessa forma, os usos e ocupação da terra precisam ser conhecidos e atualizados com frequência para que suas aptidões e inaptidões possam ser analisadas como escreveu Loch (1993). Assim, uma das maneiras de fazer o levantamento dos usos e ocupações da terra e a relação com os ambientes nos quais estão inseridos é o levantamento por meio de diagnósticos.

O contexto *terra* na abordagem desta tese segue uma concepção socioambiental na medida em que é nesta onde se desenvolve os processos de produção e reprodução do espaço geográfico. Na visão de Davidson (1992) *terra* é o espaço físico onde as populações humanas desenvolvem seu modo de vida, constituindo seu bem de consumo, locação, propriedade ou forma capital e, também como o local onde estão distribuídas as complexidades dos distintos ecossistemas.

Partindo do exposto, Novo (1988) e Rosa (2003) conceituam como a combinação do tipo de uso, as atividades, e de assentamentos, as edificações, ou seja, a forma como espaço é organizado e produzido em cada região. Desse modo, o *uso e ocupação da terra* varia de acordo com a especificidade de cada local, incluindo o sistema de produção ao qual está inserido.

Fazendo uma leitura da visão dos autores acima e, acompanhando o mecanismo da organização espacial, o uso e a ocupação da terra é regulado pelo modo de vida e /ou atrelado a instância da (re)produção do espaço na dialética do Estado e da perspectiva do mercado (da competição entre as atividades produtivas resulta em preço, dependendo da localização sujeitar-se-á aos instrumentos administrativos e jurídicos).

Diante dessas situações, este estudo enfoca o a importância do diagnóstico sobre o uso e ocupação da terra nas áreas das menores unidades de planejamento, no caso, microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá localizadas no limite entre a Amazônia Ocidental e Oriental.

Por esses aspectos, Rosa (2003) chama atenção para a importância do inventariamento do uso da terra, visto que, qualquer inadequação poderá deteriorar o ambiente provocando, por exemplo, processos erosivos intensos com o material carregado para reservatórios e outros corpos d'água, passíveis de alterar a dinâmica fluvial pelos assoreamentos.

Por motivos semelhantes, o referido autor propõe que devam ter estudos voltados à busca de conhecimento sobre as formas de ocupação e não ocupação pelo homem, localizações, tipos de categorias nativas (vegetação) que revestem o solo etc.

A relevância desses aspectos é fundamental na análise de uma região, a realização de um diagnóstico cuidadoso, principalmente, naquelas áreas próximas ou sobre sistemas naturais, como ressaltam Espinoza e Abraham (2005):

Os componentes do meio físico são de fundamental importância na avaliação ambiental de uma região, daí a necessidade de se ter um diagnóstico bem circunstanciado, para que a avaliação ambiental seja verdadeira e confiável. A análise ambiental é guiada para entender o padrão territorial, ou seja, as características e organização da dimensão físico-natural, os processos econômicos, sociais, culturais, ecológicos, políticos e o sistema de infra-estrutura. (p.2487)

Para realizar um diagnóstico é importante ter uma leitura geral da área e das pessoas que compoem o local, para decidir sobre as técnicas que serão utilizadas. Diagnosticar uma área geográfica requer o entendimento sobre a percepção de como os atores sociais reconhecem os ambientes naturais e as formas que interagem com as atividades de seu modo de vida.

Partindo dessa premissa de Tuan (1980), verifica-se o quanto é importante a escolha cuidadosa das estratégias para aplicar em uma dada pesquisa científica. Neste estudo (nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá), por exemplo, o fio condutor da pesquisa é o *Diagnóstico Participativo*, por abarcar várias ferramentas teóricas e metodológicas que articulam entre si a *percepção ambiental*, a *pesquisa-ação*³ etc.

Por outro lado o ponto fundamental é a participação dos atores sociais, tendo em vista que ao envolver a comunidade, no decorrer do processo muitas mudanças significativas são identificadas, visto que,

[a] Participação é o envolvimento de uma população local e, às vezes, as partes interessadas adicionais na criação de conteúdo e condução de um programa ou política destinada a mudar suas vidas. Construído sobre uma crença de que os cidadãos podem ser confiáveis para moldar seu próprio futuro, o desenvolvimento participativo usa a tomada de decisão local e capacidades para orientar e definir a natureza de uma intervenção. (JENNINGS, 2000, p.1)

[...] participação é, em si, um conceito e uma prática em disputa, e reflete a dinâmica de conflitos e contradições de um momento histórico de uma dada sociedade. [...] os

³ Pesquisa-ação e Investigação-ação (no inglês *action-research*) são equivalentes em seus conceitos e procedimentos analíticos. Neste trabalho padronizamos para pesquisa-ação (mais difundida), mantendo apenas a expressão investigação-ação quando se tratar de transcrição literal em que os autores originais assim o empregarem.

processos participativos devem contemplar as desigualdades sociais que influenciam na forma de participação dos diversos segmentos da sociedade. Sem esse reconhecimento e a introdução de mecanismos que busquem compensar essas desigualdades, assegurando a expressão dos interesses dos setores menos favorecidos, a participação toma forma de mera legitimação, em que a participação na fase de execução passa a se caracterizar como mera aquiescência a decisões tomadas previamente pelos setores privilegiados da sociedade [...]. (SANTOS e SAITO, 2006, p.9 e 25)

Quando essa participação acontece com o público que está inserido em sistemas hídricos, os resultados positivos sobressaem quando se considera o seu modo de vida e a relação com o meio. Nesse aspecto, Santos e Saito (2006, p. 9) enfatizam que *tratar da participação social, em particular na gestão de recursos hídricos, requer que se atente para o contexto histórico e seus condicionantes, numa visão mais integrada e complexa da problemática* que está sendo analisada.

Desse modo, na execução do *Diagnóstico Participativo* (DP), *participar* é a base fornecedora de estrutura para que as ações se realizem, assim como propõe *Diagnóstico Rural Participativo* (DRP) de onde se utilizou a base para aplicar neste estudo.

O DRP foi desenvolvido na década de 1980, como alternativa para superar as metodologias tradicionais que não geravam resultados satisfatórios na elaboração do planejamento para comunidades rurais, visto ter como base a aplicação e a tabulação de questionários. Para mudar esta prática tecnicista se tomou como fundamento na elaboração do DRP o aporte da *Educação Popular*, inspirada no livro *A pedagogia do Oprimido* de Paulo Freire, publicado em 1968. Deste modo, o DRP foi instituído em linhas gerais como um conjunto de técnicas e ferramentas que criam estratégias para as comunidades se envolverem com seu próprio diagnóstico (VERDEJO 2006).

Para Chambers (1994), Chambers e Guitj (1995) e Verdejo (2006), o DRP é uma das metodologias mais integradoras, pois, os participantes são estimulados a compartilhar suas experiências e analisar os seus conhecimentos, a fim de melhorar as suas habilidades de planejamento e autogerenciar a melhoria da comunidade.

Assim, sendo as técnicas de percepção ambiental a citar o *mapa mental/cognitivo*, cabe na implementação das ações do *diagnóstico participativo*. A justificativa se adequa ao escrito de Okamoto (1996), quando onde observa que, a resposta que vem do processo desencadeado por cada pessoa, sobre o ambiente onde vive e se vê parte dele, com perspectivas do presente e de um futuro, depende de sua percepção sobre as suas ações.

Para Okamoto (1996) a *percepção ambiental* é o resultado dos componentes sensoriais - frente ao meio de convívio, permitindo com isto o conceito de *juízos* que sustentam o *raciocínio* e do processo racional, os quais são assegurados em relação ao meio ambiente por meio da ética.

Soulé (1997) por sua vez fundamenta a *percepção ambiental* resultante das diferentes visões a respeito da natureza, visto que, cada sujeito a vê com uma lente exclusiva, gerando

diferentes respostas. Isto ocorre devido cada pessoa ter uma personalidade e também pelo fato que de cada captação sensorial ocorrer em momentos variados, gerando assim diversas reações: uns poderão ficar atônitos, horrorizados, outros deslumbrados ou simplesmente entretidos pelo que capta do ambiente circunjacente.

Para Baker (2005) a *percepção* não está somente no plano do aguçamento dos sentidos, visto que estes desencadearão um processamento de informações. Tal reação só ocorrerá a partir da interpretação dos estímulos, ao qual a pessoa é submetida de acordo com a sua conformação mental (atitudes, experiência e motivação).

Oliveira (2006) explica que no decorrer do processo de percepção do meio ambiente, a fenomenologia fornecerá elementos que permitirão desvendar o mundo percebido e vivido do ser humano. Esse autor considera também que, as pessoas pelo fato de possuírem órgãos similares estarão sempre compartilhando percepções e mundo comuns. Por outro lado, *para analisar as relações do ser humano com o meio, é necessário compreender, como está estruturado esse espaço percebido na mente das pessoas, ou seja, como ocorre a construção das imagens mentais [...].*(OLIVEIRA, 2006, p.35).

Neste viés, Oliveira (1983) ressalta que instigar a percepção, passa a ser um instrumento bastante eficiente para se obter o conhecimento de um dado lugar, desde que haja a participação efetiva e objetiva de cada cidadão(ã), a fim de que o resultado possa culminar no planejamento da paisagem com a qual se relaciona.

Isto é um fator positivo porque as pessoas nativas de um determinado lugar *têm uma complexa e derivada percepção do meio por estar inserido nele, baseado em mitos e valores locais* (TUAN, 1980, p. 67).

Corroborando com as idéias dos autores citados, no que trata sobre a percepção ambiental, conclui-se que esta é um processo pessoal, em que cada pessoa percebe e reage de diferentes formas, entretanto não age sozinha sobre um determinado ambiente, uma vez que faz parte de um grupo com modos de vida semelhantes. Logo a percepção vai estar apoiada frequentemente no coletivo.

Ao instigar a percepção por meio de técnicas adequadas e tomando por base a pesquisa-ação, o resultado das atividades desenvolvidas para um público coletivo, abrirá caminho para o *empowerment*⁴, visto que as estratégias conduzem ações cooperativas às reflexões críticas e firmação da cidadania.

Nesse contexto a pesquisa-ação é um processo de investigação interativa capacitadora para fornecer subsídios, a fim de chegar na resolução de problemas

⁴ Este termo explicado no posicionamento de Friedman (*Empowerment: the politics of the alternative development*, publicado em 1992) e analisado por Saito (2001, p. 127) - compreendem a premissa conceitual de *empowerment* [...] como o fortalecimento político-organizacional de uma coletividade, que se auto-referencia nos interesses comuns e pratica em uma ação solidária e colaborativa para transformar a realidade local e desenvolvê-la social e economicamente.

identificados. Se assegurado esse processo, muitos problemas serão mais fáceis de serem solucionados, haja vista que, os atores sociais identificarão com mais facilidades as causas e podem utilizar ações planejadas coletivamente que realmente apresentem resultados satisfatórios (GÓMEZ *et al*, 1996).

Nesta perspectiva, o ponto principal da investigação sobre a situação socioambiental nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá firmou-se na descoberta dos problemas e as necessidades de mudanças pela compreensão crítica, como citam Medina e Santos (2001):

[...] a reflexão crítica é uma análise dos problemas por meio de dados recolhidos, mediante discussão, com o qual se pretende compreender o processo e os problemas surgidos nele. Adquire verdadeiro sentido quando se realiza de forma coletiva. (p.54)

Assim sendo, os estudos não podem perder de vista a visão socioambiental, como cita Carvalho (2004):

A visão socioambiental orienta-se por uma racionalidade complexa e interdisciplinar e pensa o meio ambiente não como um campo de interações entre a cultura, a sociedade e a base física e biológica dos processos vitais, no qual todos os termos dessa relação se modificam dinâmica e mutuamente. Tal perspectiva considera o meio ambiente como espaço relacional, em que a presença humana, longe de ser percebida como extemporânea intrusa ou desagregadora ("câncer do planeta"), aparece como um agente que pertence à teia de relações da vida social, natural e cultural e interage com ela. Assim, para o olhar socioambiental, as modificações resultantes da interação entre os seres humanos e a natureza nem sempre são nefastas; podem muitas vezes ser sustentáveis, propiciando, não raro, um aumento da biodiversidade pelo tipo de ação humana ali exercida. (p.37)

O ponto mais importante em todo esse processo desencadeador de se pertencer, de perceber o mundo (abiótico e biótico) é de ser um (a) cidadão (ã) crítico (a) em que as atitudes, habilidades e competências tornem a sociedade sustentável geradora da qualidade de vida em todas dimensões.

Quanto a isto Leff (2001) defende que a possibilidade do alcance de uma sociedade sustentável: deve estar acompanhado de (re) invenções da modernidade; os investimentos devem estar focado na educação formal e informal; e, as estratégias devem fluir para êxitos na qualidade de vida de todos os ambientes (natureza e comunidades humanas).

O conjunto de condições naturais e de influência que atuam sobre os organismos vivos e os seres humanos é um contexto que está em evidência na realidade mundial quando se trata do meio ambiente. As sociedades humanas são amplamente reconhecidas como variante fundamental tanto para o desenvolvimento sustentável quanto ao desenvolvimento não-sustentável.

A partir da exposição dos autores citados acima, verifica-se o quanto é um desafio entender as formas e os processos da relação entre o meio natural e as comunidades humanas a partir de um simples contato. Por outro lado, buscar essa compreensão com mais detalhes requer a escolha de uma metodologia que envolva os pesquisados e o pesquisador, a fim de que juntos cheguem em resultados satisfatórios a qualidade socioambiental.

1.1. METODOLOGIA

1.1.1 Procedimentos Metodológicos

As ações foram executadas à luz da episteme do diagnóstico participativo (DP), que permite o exercício de técnicas, princípios e conceitos favoráveis à participação dos atores sociais. Estes, ao mesmo tempo em que desvendam as situações-problemas sugerem um elenco de soluções e, as ações que dependem da coletividade dos comunitários são praticadas como os primeiros exercícios incutidores das mudanças de atitudes.

O público participante, incluiu desde o representante do agricultor familiar, das lideranças comunitárias, dos alunos das escolas públicas até outros grupos assentados, sitiados nos Pólos: Pólo 07 - Bom Socorro do Zé Açú, Santa Fé, Boa Esperança, Nazaré, Paraíso, N. S. das Graças, Toledo Pizza-Tracajá e Toledo Piza-Vista Alegre; Pólo 08 - Sagrado Coração de Jesus, Toledo Pizza (margem do rio), São Benedito, N. S. de Fátima e Santo Expedito; Pólo 09 - Máximo, Zé Miri e Colônia Brasil Roça; Pólo 10 - Maranhão e Badajós; Pólo 11 – Santo Antonio do Tracajá, São Sebastião do Juruá, Colônia Soares, Novo Oriente, N. S. de Fátima, Monte das Oliveira, Sagrado Coração de Jesus e São Benedito (**Matriz 1.1**).

1.1.1.1 Diagnóstico Socioambiental

O *diagnóstico socioambiental* neste trabalho foi a ferramenta que possibilitou aferir nas microbacias hidrográficas as categorias de uso e a ocupação da terra de seus tipos de sistemas produtivos e respectiva localização, a característica ocupacional da população, detecção dos problemas ambientais e respectivas casualidades e a identificação das necessidades socioambientais. Essa metodologia baseia-se na coleta de dados realizadas no campo da pesquisa a respeito da situação ambiental do objeto em estudo, como escreve Agra Filho (1993):

O diagnóstico ambiental, consiste numa interpretação da realidade das condições ambientais, identificando a dinâmica e processos que interferem na sua qualidade. Deve expressar as potencialidades e as restrições estruturais e conjunturais do ambiente natural e social, como também as tendências de sua evolução com o objetivo de fornecer as condições de referência indispensáveis ao processo de avaliação pretendido. (p.12)

Partindo do exposto, o *diagnóstico socioambiental* foi desenvolvido em três momentos:

Momento 01 - teve início com o convite às lideranças comunitárias por meio radiofônico e impresso (ofício), cuja pauta foi uma reunião na comunidade Central que dá acesso por via fluvial e terrestre - Bom Socorro do Zé Açú.

Objetivo: apresentar o projeto de tese com a exposição do organograma de início e fim dos registros de fluvio-hidrossedimentológicos nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá.

Estavam presentes as lideranças de todas das comunidades citadas acima e descritas na Matriz 1.0. Foi apresentado o projeto de pesquisa, o período das atividades e o referendo

dos representantes comunitários. Todas as lideranças presentes assinaram a Carta de Consentimento e solicitaram outra reunião trinta(30) dias após esta, para discutir os problemas que mais estavam preocupando todos .

Momento 02 – Encontro com a participação de todas as lideranças mencionada acima, mais a presença dos representantes da escola pública Professor João Lauro (naquele ano de 2010 tinha o nome de Minervina Reis) que recebe alunos residentes das áreas de outras microbacias hidrográficas como: Tracajá, Maranhão, Máximo, Zé Mirim.

Esta reunião teve por objetivo fazer a equipe ouvir os relatos sobre as problemáticas de cada comunidade presente. A técnica escolhida foi o *Painel de Temas*, com uso do recurso didático quadro-de-giz (ainda não havia à tinta).

1.º) Distribuição dos crachás com cinco cores (azul, verde, amarelo, vermelho, branco) os quais serviram para que fossem chamados pelas cores para se apresentar.

2.º) Explicação do passo a passo da dinâmica para que fossem contando as suas situações-problemas.

A dinâmica desenvolvida foi a da *bola é sua*: a cada bola uma pergunta, é contado de 01 até 03 e joga-se a bola para o público, quem pega responde a primeira desencadeando encorajamento para os outros responderem em seguida: 1) Sua comunidade tem quantas famílias? 2) Tem problemas na sua comunidade? 3) É muito ou pouco grave o problema? 4) Por que não pode resolver? 5) Tem idéia de como resolvê-los?

Na medida em que as situações iam sendo faladas, uma equipe colocava-as em faixas de papel madeira fixando-as no quadro-de-giz formando um grande painel.

A partir das situações-problemas postas no painel foi proposto conhecer melhor as comunidades. Acordada pelos comunitários observando:

i) quanto às formas de participação dos comunitários em suas comunidades - a melhor maneira de alcançar o maior número de comunitários habitantes/lotes, no caso, *Encontros* após o Culto Dominical Católico; e,

ii) quanto as atividades voltadas para a escola - foram planejadas com os professores do ensino regular (comunidade Bom Socorro do Zé Açú) e do ensino multisseriado (Paraíso, N.S. das Graças, Nazaré, Santa Fé e Boa Esperança).

Momento 03 - Ações desenvolvidas nos Encontros das comunidades-sedes de cada Pólo:

1) *Formulários de inventariamento participativo*

Os formulários de *inventariamento socioambiental* foram distribuídos aos comunitários-assentados, nas sedes comunitárias envolvidas, com a finalidade de identificar os limites dos lotes/parcelas de terras entre as comunidades (início e fim dos limites),

organização do sistema produtivo e, também para identificar o nível de conhecimento a respeito das áreas de reserva legal (ARL) e as áreas de preservação permanente (APP);

2) *Oficinas de Mapas Mentais*

Baseando em Oliveira (2006), quando expõe que o desenvolvimento de um estudo deve conduzir às pessoas a refletirem sobre suas ações e atitudes em relação aos seus espaços enquanto lugar de vivência, e, partirem em busca das soluções para os seus problemas identificados.

O aporte da percepção fenomenológica proporciona a base para entender a realidade das pessoas. Nesse caso, o *mapa mental* e/ou *cognitivo* é um meio facilitador na captação de acontecimentos no meio ambiente, pois fornece a credibilidade dos dados, tendo em vista serem resultantes de uma dada realidade.

Para Cosgrove (1999) os *mapas mentais* são registros lembrados e contemplados, material ou imaterial, inteiro ou em partes, ou seja, representações espaciais mapeadas a partir das percepções humanas.

Estudiosos como Kozel e Nogueira (1999) e, Kozel (2001) ressaltam que, na construção do *mapa mental*, as pessoas registram os fenômenos por simbologias, as quais, não brotam de construções ou lugares imaginários, quem os faz é um sujeito histórico real que (re) produz o inerente ao seu espaço vivido.

Assim, o fundamento para a aplicação dessa metodologia (*mapa mental/cognitivo*) se deve ao fato de serem capazes de exercer a função de tornar transparentes as percepções das pessoas quer pela realidade percebida ou pelo mundo figurado de cada um.

Desse modo, o *mapa mental* nesta tese serviu como um dos recursos facilitadores, porque extraiu o máximo do que fora captado pela percepção ambiental de cada agricultor familiar sobre a paisagem de seus lotes de terra e da relação com os sistemas hídricos/microbacias hidrográficas com os quais convivem.

A execução dessas técnicas se deu a partir de dois planos de ações tematizadas decididas nas reuniões iniciais de diagnóstico participativo. Esses planos de ações foram concluídos em 20 meses, face aos acessos e os períodos planejados pelos comunitários assentados:

1) **Plano de Ação Tematizada 1:** *Educação e percepção ambiental: ações com os assentados nas comunidades de Bom Socorro do Zé Açu, Paraíso e, de N. S. das Graças e público dos Pólos 07, 08 e 09 (Matriz 1.1).*

Público participante: Lideranças das comunidades, agricultores familiares, professores, alunos do Ensino Médio Tecnológico, gestora e técnicos pedagógicos da Escola Prof. João Lauro.

Objetivo: Implementar ações de educação e percepção ambiental, por meio de oficinas educativas voltadas para a preservação e conservação da água, a partir do inventariamento socioambiental e mapa mental, junto às comunidades de assentados, alunos e professores, no que se refere à situação da ocupação da terra nas áreas estratégicas (reservas legal e áreas de preservação permanente) das microbacias hidrográficas do rio Zé Açu e Tracajá.

Procedimento: a) Reuniões com lideranças comunitárias e da educação escolar; b) Dez Oficinas/temáticas de percepção ambiental – Aplicação do *inventário socioambiental* e respectivo *Mapa Mental/cognitivo* aos assentados presentes nas reuniões e oficinas, para o diagnóstico dos problemas ambientais mais frequentes; d) Avaliação: Painel Aberto.

2) **Plano de Ação Tematizada 2: Educação e percepção ambiental: ações nas comunidades do Pólo 07,10 e 11.**

Público participante: Lideranças das comunidades agricultores familiares, professores, alunos do Ensino Médio Tecnológico, gestora e técnicos pedagógicos das Escolas municipais de Nazaré.

Objetivo: Implementar ações de educação e percepção ambiental, por meio de oficinas educativas voltadas para a preservação e conservação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Reserva Legal (ARL) limítrofes da rede hidrográfica do Zé Açu, constituída pelas seguintes: Nazaré, Santa Fé, e, Boa Esperança.

Procedimento: a) Oficinas Educativas - programadas com Palestras Temáticas e nestas: o método da *percepção ambiental*, desenvolvido por meio da técnica de elaboração do *mapa mental* e a aplicação do *inventário socioambiental*; c) atividades de campo; e, d) finalização com lazer sugerido pelos assentados.

1.1.1.2 *Ambiente SIG* (Sistema de Informação Geográfica) O mapa de uso e ocupação da terra das Mbh Zé Açu e Tracajá foi (re) organizado a partir dos seguintes: *mapas mentais/cognitivos*; e, o *inventariamento socioambiental*. ⁵Projeto TerraClass-2008/PRODES/INPE/EMBRAPA(SP)/EMBRAPA(PA); imagens de satélites/ bandas espectrais TM/ LANDSAT-5 da órbita/ponto 228/062 e 229/062, 08/10/2010 e 2011, adquiridas gratuitamente no Catálogo de Imagem INPE/2011.

Objetivo: realizar o mapeamento do uso e a ocupação da terra das Mbh Zé Açu e Tracajá, para fins do estudo respectivo às relações entre o uso, a ocupação e o manejo do solo e as de uma rede hidrográfica, a partir dos resultados de campo fluvio-hidrossedimentológicos e os gerados pelo Modelo Matemático Correlação Uso do Solo e Qualidade de Água (MQUAL).

⁵ Projeto TerraClass-2008 foi executado pelo Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES), desenvolvido e executado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)/Centro Regional da Amazônia (CRA/INPE/Belém-PA); Embrapa Amazônia Oriental (Belém-PA); e Embrapa Informática Agropecuária (Campinas-SP).

Procedimento:

Os mapas mentais/cognitivos (Fig.1.1-1.3), elaborados pelos comunitários-assentados possibilitaram representar o lugar vivido e o saber percebido de acordo com o modo de vida, subsidiando o ajuste das categorias de uso e ocupação da terra produzidos de forma automática pelo ProjetoTerraClass-2008.

O contexto deste capítulo tem por objetivo classificar o uso e a ocupação da terra na área das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, pelas técnicas implementadas pelo *Diagnóstico Participativo* que priorizam a percepção ambiental dos comunitários-assentados e fornecem base para as ações de sensibilização frente das situações-problemas voltadas aos impactos ambientais.

1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**1.2.1 A execução do Diagnóstico Participativo nas microbacias da Amazônia Ocidental**

No contato inicial com os comunitários-assentados quando foi realizada a dinâmica do Painel, ao ser apresentado o Mapa do Projeto de Assentamento (PA) Vila Amazônia (1:75.000/ MDA-INCRA), o que mais chamou atenção dos presentes foram as duas maiores microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá e a espacialização dos lotes de terra e respectivas comunidades.

O *Diagnóstico Participativo* (DP) foi realizado com a participação de representantes das comunidades zoneadas por Pólos (**Matriz 1.0**), cujos resultados estão apresentados na **Matriz 1.1**.

Matriz 1.0 – Pólos/Zonas e respectivas comunidades com públicos participantes do inventário e mapa mental para o Diagnóstico Socioambiental

Nº. Polo	COMUNIDADES	LIMITES	Nº. LOTES	Nº. FAMÍLIAS
07	Bom Socorro do Zé Açú, Santa Fé, Boa Esperança, Nazaré, Paraíso, N. S. das Graças, Toledo Pizza-Tracajá e Toledo Piza-Vista Alegre ^(*) .	Norte: terras do INCRA; Sul- Igarapé do Mocambão; Leste - com a linha limite do estado do Pará; Oeste - com o Pólo 09.	408	416
08	Sagrado Coração de Jesus, Toledo Pizza (margem do rio), São Benedito, N. S. de Fátima e Santo Expedito.	Norte: terras do INCRA; Sul - Pólo 11; Leste - Pólo 07; Oeste - terras do INCRA.	148	156
09	Máximo, Zé Miri e Colônia Brasil Roça.	Norte: Lago do Zé Açú (Pólo 07); Sul - terras do INCRA; Oeste - paraná do Ramo e área de Várzea; Leste - com o Pólo 07	152	158
10	Maranhão e Badajós.	Norte: terras do INCRA; Sul - rio Uaicurapá; Oeste - rio Uaicurapá; Leste - com a cabeceira do Igarapé Açú.	99	106
11	Santo Antonio do Tracajá, São Sebastião do Juruá, Colônia Soares, Novo Oriente, N. S. de Fátima, Monte das Oliveira, Sagrado Coração de Jesus e São Benedito.	Norte: terras do INCRA; Sul - Pólo do Varre Vento; Oeste - rio Uaicurapá; leste: com o rio Tracajá (Pólo 08).	257	260

Fonte: Diagnóstico Participativo com duração de 20 meses: Setembro de 2010 a Junho de 2012/Org. PACHÊCO, J.B.2012.

Os principais instrumentos que subsidiaram os Planos de Ação Tematiza (1 e 2) foram as ações de educação e percepção ambiental com a aplicação do *inventário socioambiental* e a elaboração do *mapa mental/cognitivo* por cada comunitário-assentado presente.

Cabe ressaltar que o público participante representa as comunidades de assentados zoneadas em cinco (Pólos 07, 08, 09, 10 e 11), dentre os quatorze Pólos que constituem o Projeto de Assentamento Vila Amazônia. Esses cinco Pólos estão zoneados nas áreas limítrofes da Mbh Zé Açú e a Mbh Tracajá (**Matriz 1.0**).

As principais situações-ambientais identificadas nos *mapas cognitivos* e tabuladas do *inventariamento socioambiental* constam na **Matriz 1.1**. Esses registros além de favorecerem para o mapeamento do uso e ocupação da terra das duas microbacias hidrográficas também, serviram para desencadear outras ações e estudos que estão nos capítulos desta Tese.

Matriz 1.1 – Diagnóstico Socioambiental: situações e problemas identificados nas comunidades do Pólo 07 (Bom Socorro do Zé Açú, Paraíso, N. S. das Graças, Boa Esperança, Santa Fé, Nazaré) e de outros Pólos (08, 09, 10 e 11).

PLANO DE AÇÃO TEMATIZADA	AÇÕES DIAGNÓSTICADAS	SITUAÇÕES- PROBLEMAS
1) <i>Educação e percepção ambiental: ações com os assentados nas comunidades dos Pólos: 07, 08 e 09</i>	Inventariamento socioambiental	55% Não têm conhecimento algum sobre Área de Reserva Legal
		20% Sabem que existe ARL no PA Vila Amazônia, mas, não sabe dizer onde estão localizadas
		25% Já ouviram falar de ARL na Voz do Brasil
		25% Já ouviram falar de APP na Voz do Brasil
		15% Sabem que existe Área de Preservação Permanente- APP no PA Vila Amazônia, mas, não sabe dizer onde estão localizadas
		5% Entendem que as APP são todas as nascentes
		55% Não têm conhecimento algum sobre Área de Preservação Permanente (APP)
2) <i>Educação e percepção ambiental: ações nas Comunidades dos Pólos: 07, 10 e 11</i>	Inventariamento socioambiental	Lotes com capoeira e solo exaurido abandonado pela pecuária nos três cursos da Mbh Zé Açú
		Lotes com solos expostos- três cursos da Mbh Zé Açú
		Lotes com nascentes sem vegetação nativa - três cursos da Mbh Zé Açú e Tracajá
		Resíduos sólidos abandonados em qualquer lugar – Com. de Bom Socorro
		Lixeira a céu aberto – Comunidade de Bom Socorro
		Resíduos sólidos depositados nas faixas com mata ciliar – Comunidade Paraíso.
		Incômodo pelos resíduos sólidos jogados pelas embarcações de passageiros e de lazer, assim como daqueles arrastados pelas chuvas e ancorados nos portos dos comunitários da comunidade de Paraíso, Bom Socorro, Nazaré.
Comunitários dos Pólos: 07, 08, 09, 10 e 11 Público Participante: 800 pessoas	Mapas Mentais	Localização dos igarapés/afuentes com voçorocas nas cabeceiras - três cursos da Mbh Zé Açú
		Roçados de cultivo de mandioca, banana e outros, próximos aos ramais e estrada – 03 Pólos abrangendo a Mbh Tracajá
		Ponto com assoreamento no curso médio da Mbh Zé Açú que interdita o acesso fluvial
		Os lotes com pecuária extensiva bovina e bubalina e os com atividades de cultivos, <i>quintais</i> e pequenas criações - Mbh Zé Açú e Tracajá (Curso Inferior)
		Igarapés/afuentes colmatados – Curso Superior da Mbh Zé Açú

Fonte: Diagnóstico Participativo com duração de 20 meses: Setembro de 2010 a Junho de 2012/Org. PACHÊCO, J.B.2012.

Conforme o que consta na referida **Matriz 1.1**, as situações-problemas diagnosticadas vão desde a ausência de informação sobre as áreas estratégicas (APP e ARL) das microbacias hidrográficas até as mais graves relacionadas com uso e a ocupação da terra, identificadas, principalmente na Mbh Zé Açú: erosão, assoreamento, colmatagem de igarapés, resíduos sólidos sem local apropriado para destino final, depósito de resíduos domiciliares nos cursos fluviais etc.

Na decisão do comunitário-assentado concordar em ser participante e desenhar a partir da percepção cognitiva (*mapa mental/cognitivo*), sobre o próprio panorama socioambiental, respectivo ao lugar onde vive (microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá), favoreceu no desvelamento das relações que existem entre a comunidade e o ambiente físico. Esse universo percebido e somente processado por cada pessoa resultou nas representações transpostas nos desenhos. A questão de perceber é um comportamento que nem sempre é falado e, quando se trata do ambiente físico é mais complexo expor sobre ele como citam os autores abaixo:

[...] a natureza é aquilo que observamos pela percepção obtida através dos sentidos. Nessa percepção sensível, estamos cientes de algo que não é pensamento e que é contido em si mesmo com relação ao pensamento. Essa propriedade de ser auto-contido com relação ao pensamento está na base da ciência natural [...] cujas relações mútuas prescindem da expressão do fato e do que se pensa acerca das mesmas. (WHITEHEAD, 1994, p.09)

[...] a percepção é a resposta dos sentidos aos estímulos externos [...], na qual certos fenômenos são claramente registrados, enquanto outros retrocedem para a sombra ou são bloqueados. Muito do que percebemos tem valor para nós, para a sobrevivência biológica e para propiciar algumas satisfações que estão enraizadas na cultura. (TUAN, 1980, p. 04)

Todavia as avaliações das ações realizadas foram positivas na medida em que os participantes (agricultores familiares, comunidade escolar e outros assentados) compreenderam sobre as inadequações quanto aos usos e a ocupação da terra a exemplo: dos desmatamentos nas Áreas de Preservação Permanente para retirar areia e, também para especializar as atividades da pecuária bovina extensiva; e, que as práticas sem manejo sustentável vêm contribuindo com as mudanças na dinâmica do meio ambiente (escassez de água, obstáculos na fluvialidade e outros).

Ainda, exercitaram e propuseram formas sustentáveis que podem interferir para melhorar a qualidade de vida.

Essas averiguações deram conta que as ações realizadas geraram mudanças de atitudes tanto politicamente como o cidadão que critica e propõe soluções, como aquele que se predispõe multiplicar as ações de sensibilização junto aos outros seus companheiros de assentamento agrário.

1.2.1.1 *Da metodologia do Mapa Mental/Cognitivo elaborado pelos agricultores familiares partindo da percepção ambiental da organização de seus lotes/parcelas de terra*

Os mapas *mentais/cognitivos* foram elaborados por agricultores familiares assentados em comunidades zoneadas nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá (**Matriz 1.1 e Fig. 1.1-1.3**). Esses *mapas mentais* contribuíram para a identificação nos lotes desenhados sobre as principais atividades produtivas (tipos de cultivos e pequenas criações - resultado do trabalho familiar; e da pecuária extensiva - criação de bovinos e de bubalinos).



Fig.1.1 – Mapas mentais das percepções sobre a paisagem com os sistemas produtivos nas microbacias hidrográficas

Fonte: Diagnóstico Socioambiental 2010-2012/PACHÊCO, J. B.

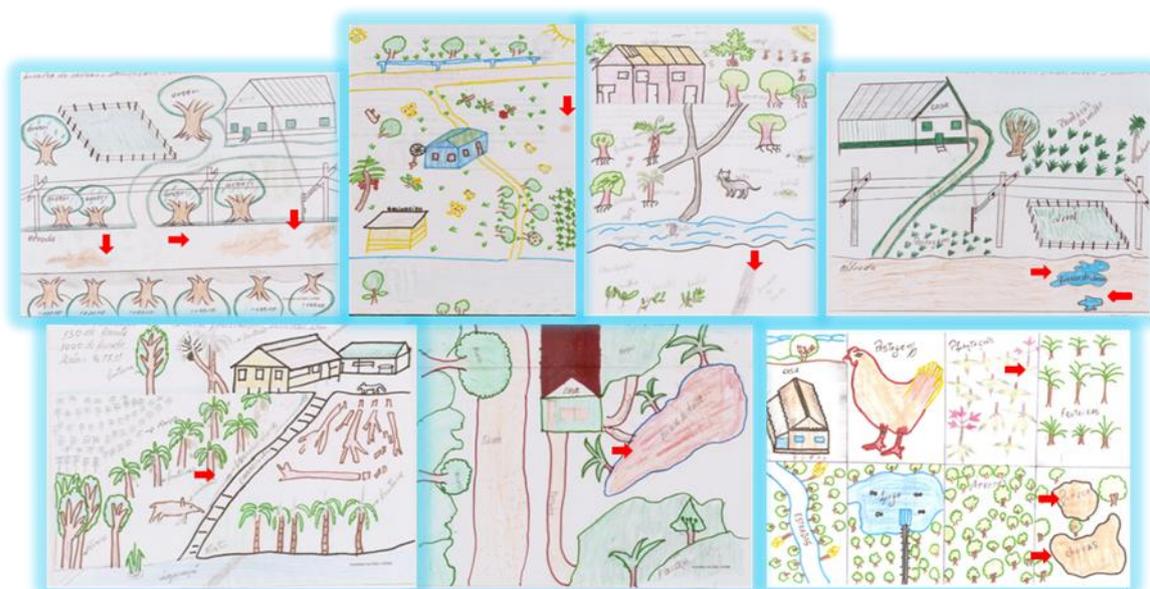


Figura 1.2. – Mapas mentais das percepções sobre a paisagem do seu lugar vivido e as erosões pluviais denominadas por eles de buracos de chuvas

Fonte: Diagnóstico Socioambiental 2010-2012/PACHÊCO, J. B.

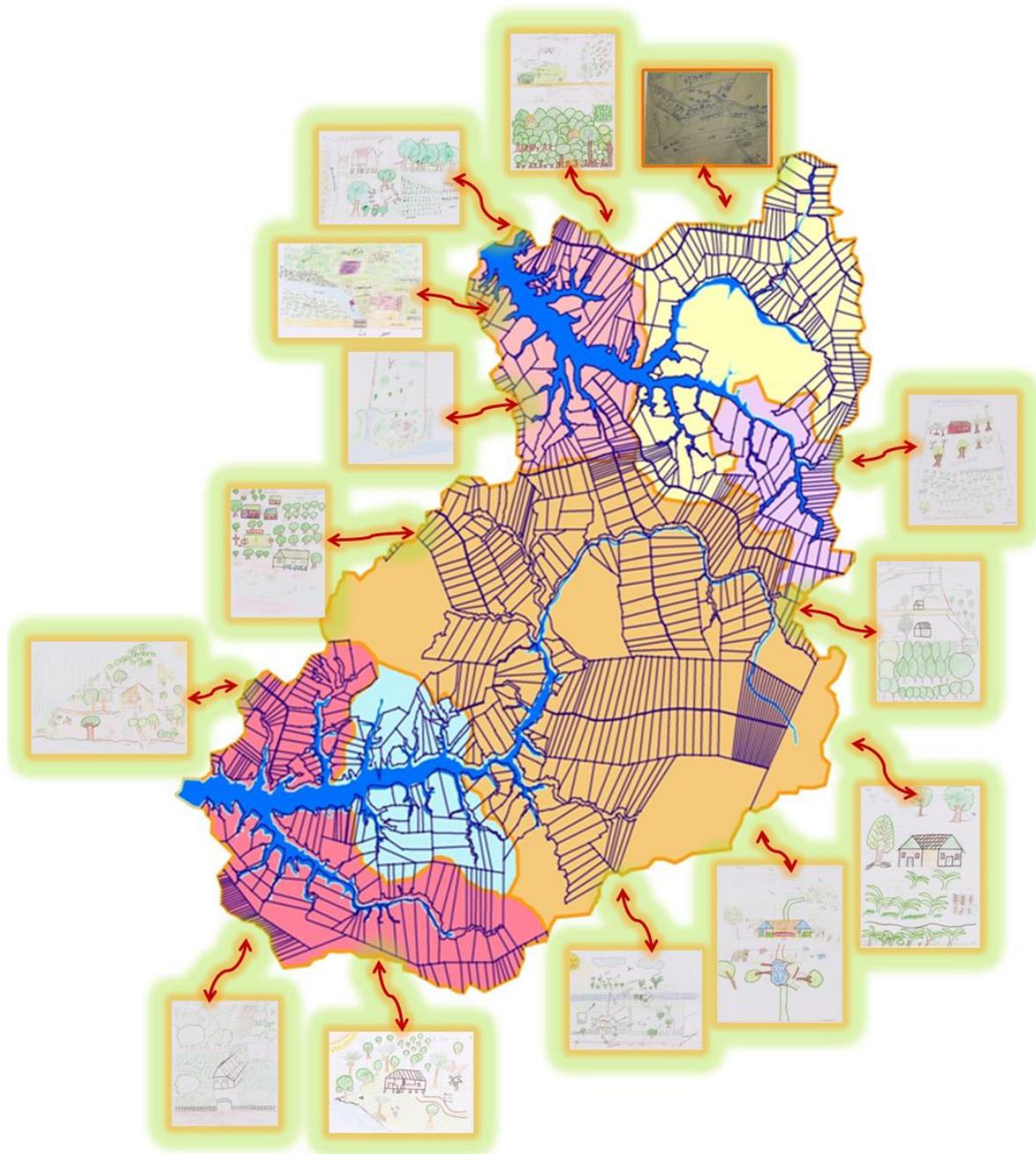


Fig.1.3 – Mapas mentais das percepções das paisagens dos lotes respectivo aos Pólos 07 a 11 das-microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá
 Fonte: Diagnóstico – Etapa 1 - I 2010-2011. Org. PACHÊCO, J.B./2012

A exposição dos mapas mentais junto com o inventariamento socioambiental facilitou na identificação dos pontos de grandes impactos erosivos (setas indicando as voçorocas na **Fig. 1.2**), nas áreas próximas dos igarapés/tributários colmatados e os assoreados na microbacia hidrográfica Zé Açú.

Esse exercício com as metodologias que integram os comunitários-assentados mostrou a importância de se ter os *mapas mentais* como ferramentas de grande eficácia, já

que ilustram a percepção do conhecimento vivenciado dessas pessoas, como ressaltam os autores abaixo:

[...] *os mapas mentais* são as representações mentais que cada indivíduo possui dos espaços que conhece. Este conhecimento é adquirido direta (através de percepções dos lugares que lhe é familiar, os espaços vividos) ou indiretamente através de leituras, passeios e informações de terceiros (revistas, livros, jornais, televisão, rádio, etc.). (NOGUEIRA, 1994, p.14);

[...] processo mental de interação do indivíduo com o meio ambiente, que se dá através de mecanismos perceptivos e principalmente cognitivos e a partir do interesse e da necessidade, estruturamos e organizamos a interface entre realidade e mundo, selecionado as informações percebidas, armazenado-as e conferindo-lhes significados. (KOZEL, 2001, p.146);

[...] o mundo percebido pode ser imaginado a partir de estímulos exteriores, pois a filtragem de origem cultural ou até mesmo pessoal, pode evocar diferentes imagens do mundo real. Salienta ainda que essas imagens seriam tipos de estruturas ou de esquemas imaginativos que incorporam ideais e determinados conhecimentos, até como o mundo real funciona...(KANASHIRO, 2003, p.160);

Com essas bases etnografadas pela percepção e referenciadas pelos mapas cognitivos (**Fig. 1.1 - 1.3**), possibilitaram representar a realidade do lugar vivido e o saber percebido que foram agregadas as técnicas geocodificadas como: as imagens LANDSAT e outros instrumentos do ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), para que fosse realizado o mapeamento do uso e a ocupação da terra nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá.

Assim, o mapeamento realizado pelo Projeto TerraClass-2008 que demonstrou dez categorias e/ou classes de uso e ocupação da terra, com o auxílio *do inventariamento socioambiental* e os *mapas mentais/cognitivos* (**Fig. 1.1-1.3**) foram reduzidas na metade conforme demonstra as **Figuras 1.4 e 1.5**, respeitando a percepção ambiental dos comunitários-assentados das duas microbacias hidrográficas (Zé Açú e Tracajá).

CLASSES GERADAS A PARTIR DOS MAPAS MENTAIS/COGNITIVOS E O INVENTARIAMENTO SOCIOAMBIENTAL	CLASSES GERADAS AUTOMÁTICAS DO PROJETO TERRACLASS-2008
Agricultura Familiar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vegetação secundária ▪ Regeneração de pasto ▪ Agropecuária ▪ Área Urbana ▪ Desflorestamento
Floresta Nativa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Floresta
Hidrografia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hidrografia
Capoeira_campo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vegetação Secundária ▪ Pasto Sujo
Pastagem	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pasto Limpo ▪ Vegetação Secundária

Figura 1.4 - Classes do Projeto TerraClass-2008 e Classes mapeadas nas Mbh Zé Açú e Tracajá

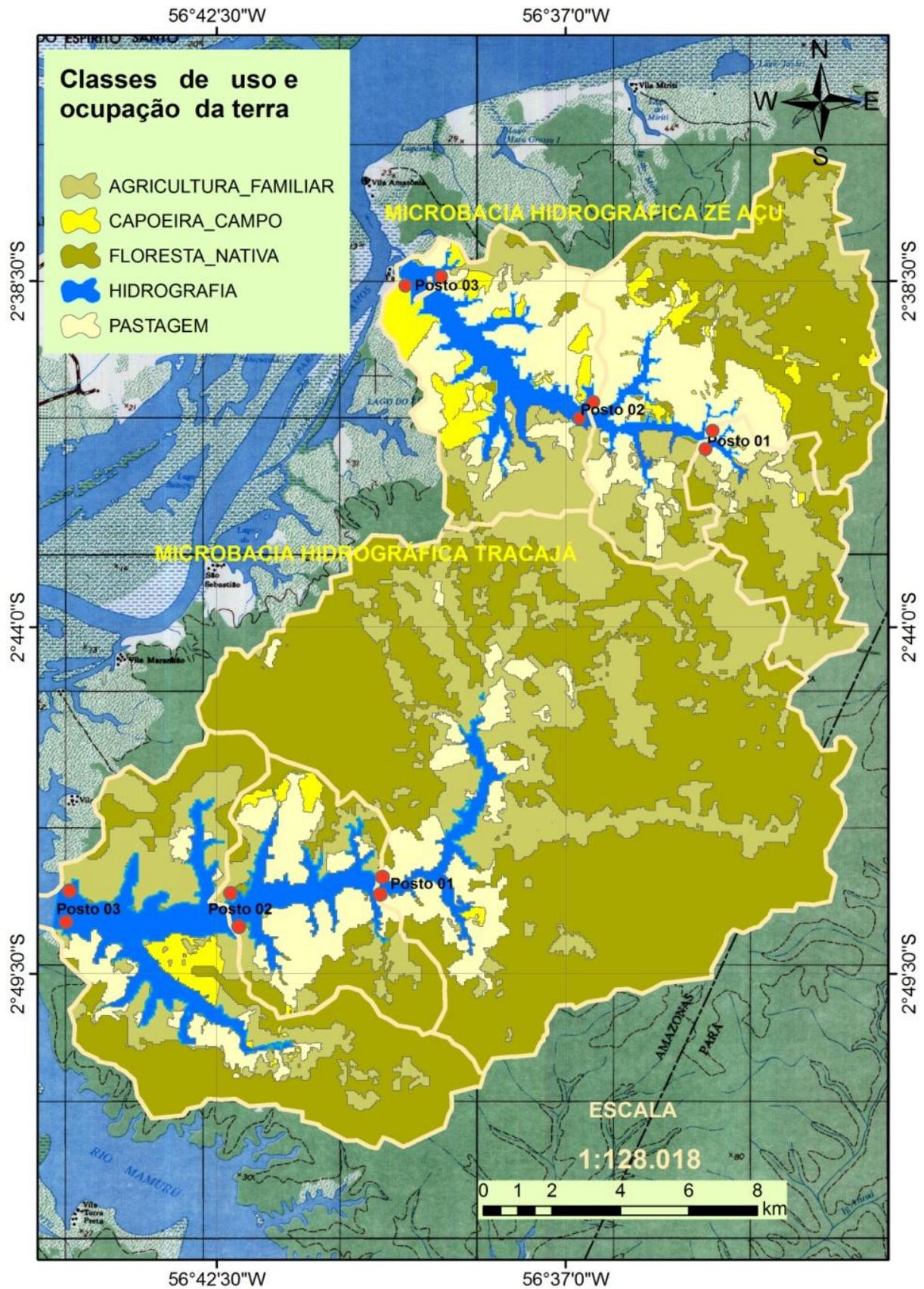


Figura 1.5 - Classes de uso e ocupação da terra mapeadas nas Mbh Zê Açu e Mbh Tracajá

Fonte: FOLHA SA.21-Z-A-IV/ME-524 - PARINTINS/1981/ME-DEC.; Proj. TerraClass-2008/2110 Org. PACHÊCO, J.B./2012

Por outro lado, as informações apresentadas permitiram a identificação das situações-problemas enfrentadas por todas as comunidades envolvidas, e também, os ensaios de propostas com ações práticas a fim de demonstrar as possibilidades de amenizar os impactos socioambientais.

Assim, as técnicas do diagnóstico socioambiental (*mapas mentais e/ou cognitivos e o inventariamento socioambiental*) foram analisadas a partir do que fora percebido pelos comunitários assentados (**Matriz 1.1 e Fig. 1.1-1.3**), principalmente os residentes nas seis comunidades da microbacia hidrográfica Zé Açu, de modo que a própria ação colaborativa se tornou um incentivo para a autonomia de suas decisões. Assim, a percepção é uma peça fundamental para se compreender as nuances de uma dada área de estudo como expõe Ferrara (1999):

[...] Percepção é informação na mesma medida em que informação gera informação: usos e hábitos são signos do lugar informado que só se revela na medida em que é submetido a uma operação que expõe a lógica da sua linguagem. A essa operação dá-se o nome de percepção espacial. (p.153)

Sendo assim, a metodologia de abordagem que teve o *Diagnóstico Participativo* como um meio de entender os processos que se relacionam entre os sistemas hídricos e o uso e a ocupação da terra, recebeu o apoio da pesquisa-ação, desenvolvida, visando a interação dos atores sociais e assim, incutindo no conhecimento da realidade, na identificação dos problemas, no estímulo à percepção para olhares diversos, bem como, na contribuição com os conhecimentos científicos e soluções sustentáveis.

Em tal sentido, os dados obtidos e analisados, tem relação com o desdobramento de estímulos oriundos da percepção ambiental de cada cidadão e respectiva reação crítica para as atitudes conservacionistas e preservacionistas de, e para seu lugar e modo de vida. Nesse sentido, Saito *et al.* (2000) e Saito (2001) ressalta que os sujeitos na medida que tem orientações e informações confiáveis buscam a inserção política.

Partindo do exposto se verifica o quanto a escolha da metodologia de abordagem produz um correto dimensionamento para o êxito da pesquisa. Neste caso que as técnicas foram sendo desempenhadas na concepção do *Diagnóstico Participativo* e as ações implementadas permitiram criar as bases para que os resultados dos levantamentos e avaliações pudessem ser mais bem internalizados pelas comunidades, instrumentalizando-lhes para uma prática mais sustentável de uso e ocupação da terra. Junto a isto, gerou reflexões críticas com relação ao seu meio e também ao contexto pelas ausências das políticas públicas.

1.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento de um território permite identificar as atividades que ali predominam como elas estão distribuídas e o que ocorre em uma ou nas principais áreas, verificando se

há ou não impactos e se estes influenciam na vida das pessoas e do ambiente natural. Para o pesquisador comprometido nessa meta, torna-se uma tarefa que depende de um tempo razoável, pois nem sempre é possível detectar muitas as situações importantes e aos olhos deste, de forma apressada pode ser insignificante, todavia, na visão de quem vive o lugar tem grande significado.

O *Diagnóstico Participativo* aplicado com a metodologia do diagnóstico socioambiental (*mapa mental/cognitivo* e o *inventariamento socioambiental*) subsidiou dados que além de contribuir com a classificação das categorias de uso e ocupação da terras (produção do mapeamento), também contribuíram: nas análises que relacionam os usos e a ocupação da terra com a supressão de vegetação nas Áreas de Preservação Permanente (Capítulo 2); aos registros fluvio-hidrossedimentológicos discutidos nos Capítulos 3 e 4; e, a definição do Tema-Gerador que foi desdobrado em Ações educativas, analisadas no Capítulo 5.

As situações diagnosticadas contribuíram na sensibilização conduzindo os participantes para agir em prol da redução dos problemas ambientais detectados. Verificou-se também que houve entendimento da funcionalidade distinta de cada ambiente, a fragilidade e a certeza do cuidado que se deve ter para não agredir esses sistemas que garantem a vida dos organismos e da espécie humana.

Por fim, as ações implementadas permitiram a discussão sobre a situação ambiental na perspectiva do uso sustentável dos sistemas hídricos (Mbh Zé Açú e Tracajá), pois começaram a perceber com mais propriedade os *sinais de vulnerabilidade do ecossistema local e também de outros lugares, o que infere a necessidade de mudanças profunda* (BRASIL, 1991, p.13), principalmente, em relação à disponibilidade de água para o consumo humano que na microbacia hidrográfica Zé Açú fica escassa no período de vazante fluvial.

Essa articulação descrita neste e nos outros capítulos permitiram, avançar no debate sobre as possíveis soluções dos problemas identificados, na busca de uma prática mais sustentável. Deste modo, dada a importância ao *desenvolvimento sustentável* como uma forma de progresso que pode satisfazer a vivência social e econômica, a partir das responsabilidades ambientais, a fim de se manter o presente conservado, como subsídio para o prosseguimento da existência de um futuro com qualidade socioambiental.

Portanto, o *Diagnóstico Participativo* por meio de suas técnicas metodológicas desenvolvidas junto aos somunitários-assentados, cumpriram mais do que simplesmente mapear as atividades do uso e ocupação da terra, no contexto das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, que fazem parte da bacia hidrográfica do Amazonas, pois, refletiram sobre si e o meio onde desenvolvem o seu modo de vida.

1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRA Filho, S. S. (1993). **Os estudos de impactos ambientais no Brasil**: uma análise de sua efetividade. Brasília: IPEA. [Documento de Política nº 18].
- BAKER, M. J. (2005). **Administração de marketing**. Rio de Janeiro: Elsevier.
- BRASIL. Presidência da República. Comissão Interministerial para a Preparação da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio ambiente e Desenvolvimento (1991). **O desafio do desenvolvimento sustentável**. Brasília: Cima.
- CAMDESSUS, M.; BERTRAND, B.; CHÉRET, I.; TÉNIÈRE-BUCHOT, P. F. (2005). **água: oito milhões de mortos por ano - um escândalo mundial**. [Trad. Maria Ângela Villela]. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- CARVALHO, I. C. de M. (2004). **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. São Paulo: Cortez.
- CHAMBERS, R. (1994). *Participatory Rural Appraisal (PRA): analysis of experience*. **World Development**, v. 22, n. 9, p. 1253-1268.
- ____; GUITJ, I. (1995). *DRP: después de cinco años, en qué estamos ahora?* **Bosques, Arboles y Comunidades Rurales**, Ecuador, n. 26/27, p. 4-15.
- COSGROVE, D. (1999). *Introduction: Mapping meanings*. In: COSGROVE, Denis (org.) **Mappings**. London: Reaktion Books, p.1-23.
- DAVIDSON, D. A. (1992). **The Evaluation of Land Resources**. 2 ed. Harlow (UK): Longman Sc & Tech.
- ESPINOZA, H. F.; ABRAHAM, A. M. (2005). *Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para o estudo dos recursos hídricos em regiões costeiras*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), **Anais...** 12, Goiânia/São José dos Campos: INPE.
- FERRARA, L. D'Alessio (1999). **Olhar Periférico: Informação, Linguagem, Percepção Ambiental**. 2.ed. São Paulo: EDUSP.
- GÓMEZ, G.R.; FLORES, J. G.; JIMENEZ, E. G. (1996). **Metodología de la investigación cualitativa**. Granada: Ediciones Aljibe.
- GUIMARÃES, M. (2004). *Educação Ambiental crítica*. In: Philippe Layrargues (org). **Identidades da Educação Ambiental Brasileira**. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental/MMA: Brasília.
- KANASHIRO, M. (2003). *A cidade e os sentidos: sentir a cidade*. In: FLORIANI, D.; HEEMANN, A. *Desenvolvimento e Meio Ambiente: Diálogo de saberes e percepção ambiental*. **Revista semestral**, Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento/Doutorado. Curitiba: UFPR. n. 7, p.159-164.

KOZEL, T. S. (2001). **Das imagens às linguagens do geográfico: Curitiba, a capital ecológica**. São Paulo. Tese de Doutorado. Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo.

_____; NOGUEIRA, A. R. B. A. (1999). *Geografia das Representações e sua aplicação pedagógica: contribuições de uma experiência vivida* In: **Revista do Departamento de Geografia de São Paulo/FFLCH-USP**, n.13, p.239-257.

LEFF, E. (2001). **Saber Ambiental**. Petrópolis-RJ: Vozes.

LOCH, C. (1993). **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. 2.ed. Florianópolis (SC):UFSC. (Série Didática)

MEDINA N. M.; SANTOS, E. da C. S. (2001). *Educação Ambiental: Uma metodologia participativa de formação*. 2.ed. Rio de Janeiro: Vozes.

NIEMEYER, A. M. de (1994). *Desenhos e mapas na orientação espacial: pesquisa e ensino de antropologia*. **TEXTOS DIDÁTICOS**, Campinas-IFCH/UNICAMP, n.12, janeiro.

NOGUEIRA, Amélia Regina Batista (1994). **Mapa Mental: recurso didático no ensino de Geografia no 1º grau**. Dissertação (Mestrado). São Paulo: USP.

_____. (2002). *Mapa mental: recurso didático para o estudo do lugar*. In: PONTUSCHKA, N. N. **Geografia em Perspectiva**. São Paulo: Contexto. p. 125-131.

NOVO, E.M.L.M. (1992). **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blücher.

OKAMOTO, J. (1996). **Percepção ambiental e comportamento: Visão holística da percepção ambiental na arquitetura e comunicação**. São Paulo: Plêiade/ Mackenzie.

OLIVEIRA, M. C. de (1983). *Paisagem, Meio Ambiente e Planejamento*. **REVISTA IG**, São Paulo, 4 (1/2): 67-78, jan./dez.

ROSA, R. (2003). **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5. ed. Uberlândia: EDUFU.

SANTOS, I.; FILL, H.D.; SUGAI, M.R.V.B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L.F. (2001). **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento/LACTEC.

SANTOS Irenilda Â. dos; SAITO, Carlos H. (2006). *A mitificação da participação social na política nacional de recursos hídricos – gênese, motivação e inclusão social*. **Geosul**, Florianópolis, v. 21, n. 42, p 7-27, jul./dez.

SAITO, Carlos H. (2001). *Por que investigação-ação, empowerment e as idéias de Paulo Freire se integram?* In: MION, R. A. E SAITO, C. H. (org.). **Investigação-Ação: mudando o trabalho de formar professores**. Ponta Grossa: Gráfica Planeta. p.126-135.

_____. (2000); DIAS, V.; VASCONCELOS, I.; SILVA, M. I.; ALMEIDA, A. ; VEIGA, C. J.; RENGIFO, P. R. . *Educação ambiental, investigação-ação e empowerment: estudo de caso*. **Linhas Críticas** (UnB), Brasília, v. 6, n.10, p. 31-44.

SEEMANN, Jörn (2003). *Mapas e Percepção Ambiental: do Mental ao Material e vice-versa*. **OLAM ciência e tecnologia**, v. 3, n.1, Rio Claro, set., p. 200-223.

Disponível em:

http://lsu.academia.edu/documents/0032/9570/mapas_mentais_OLAM.pdf Acesso em: 21/12/2012.

SOULÉ, M. E.(1997). *Mente na biosfera; mente da biosfera*. In: WILSON, E. O.(org.). **Biodiversidade**. Rio de Janeiro:Nova Fronteira. p.593-598.

STEINKE, V. A.; SAITO, C. H. (2008). *Exportação de carga poluidora para identificação de áreas úmidas sob risco ambiental na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim*. In: **Sociedade & Natureza** (Online), v.20, n..2, Uberlândia, dez, p. 43 - 67. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132008000200003>

Acessado em: 15 de março de 2010.

TUAN, Yi-Fu (1975). *Ambigüidade nas atitudes para com o meio ambiente*. **BOLETIM GEOGRÁFICO**, Rio de Janeiro, IBGE, 245 (33), p.5-23.

_____(1980). **Topofilia**: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. São Paulo: DIFEL/Difusão Européia do Livro.

VERDEJO, Miguel Expósito (2006).**Diagnóstico Rural Participativo**: um guia prático. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO/SECRETARIA DA AGRICULTURA FAMILIAR. Brasília (DF):Ascar/EMATER(RS). [Revisão e adequação de Décio Cotrim e Ladjane Ramos].

WOOD, Denis (1992). **The power of maps**. New York: Guildford Press.

CAPÍTULO 2 - AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E A FISIOGRAFIA DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS ZÉ AÇU E TRACAJÁ

2. INTRODUÇÃO

O resultado de tudo que a natureza é capaz produzir é possível de ser delineado pela fisiografia, considerando que esta tem um estreito relacionamento com a geomorfologia. Esta afinidade dá maior ênfase ao estudo das características externas das paisagens, porque constitui um caminho confiável para a interpretação dos usos do solo em espaços físicos que se apresentam em processo de degradação crítica em contraste com as produções da natureza. Essa percepção tem base em Laus Neto (1996) o qual infere que:

Etimologicamente a Fisiografia se refere à 'descrição das produções da natureza, entendendo-se por natureza o conjunto de ordem e disposição de todas as entidades que compoem o planeta (litosfera, hidrosfera, biosfera e atmosfera), cujo ponto de contato é a superfície terrestre, diretamente realcionada com o solo e paisagem. (p.3)

Nesse sentido, o estudo de um sistema hídrico pelo viés fisiográfico nas áreas cruciais que dão suporte ao equilíbrio daquele, considerando-se as especificidades das áreas de preservação permanente, dará sustentáculo, entre outros aspectos, para planejamentos e tomadas de decisões quanto aos usos da terra que sobrepõem à paisagem desses espaços aquáticos.

Ao se focalizar os ambientes naturais e as interferências sobre estes, deve-se partir do princípio de que cada lugar é materializado pelo emoldurado da paisagem, onde estão espacializadas as sociedades humanas e os componentes da natureza como a fauna e a flora. Este conjunto de elementos faz a paisagem ganhar movimento, quer pela construção de identidades individuais e coletivas, quer pelas formas como os componentes ambientais (abióticos, bióticos e antrópicos) em um dado espaço e tempo agem e atuam por meio das relações que existem entre eles.

Para se entender uma determinada paisagem, então, é necessário ver além do que os olhos podem perceber, ou seja, deve-se conhecer os elementos e as interações existentes no contexto. Esta visão pode ser associada aos pressupostos semelhantes ao que escrevem Farina (1997), Forman e Godron (1986), Naveh e Lieberman (1994), Zonneveld (1990), e Saraiva (1999) os quais definem a paisagem mais do que simplesmente a constituição de elementos distintos (físicos, biológicos e antrópicos), é o resultado de uma combinação dinâmica, onde as interrelações e as interdependências são mútuas. Isto ocorre porque esses elementos, (re)agindo entre si e com os outros de forma dialética, tornam cada paisagem um conjunto único, indissociável e em constante evolução da natureza diversa (natural, social, econômico, político, cósmico etc.).

Como posto pelos referidos autores, a dinâmica na natureza é o ponto forte de uma determinada paisagem, tendo em vista o seu funcionamento e a interação entre os aspectos físicos permanentes e os sociais.

Partindo dessas abordagens, quando se faz o estudo de uma paisagem deve-se levar em conta a compreensão dos seus aspectos fisiográficos (solo, água, vegetação, relevo etc.), assim como estruturas e/ou elementos artificiais elaborados a partir das ocupações diversas de caráter pontual, linear ou superficial.

Bertrand (1968; 1972; 2004), propôs duas grandes classes e seis níveis tempo-espaciais na análise da paisagem: 1) *níveis superiores* - zona, domínio e região natural; 2) *unidades inferiores* - geossistema, o geofácies e o geótopo.

Para Bertrand (*op. cit*) e Richard (1975) a principal unidade para explicar a paisagem é o geossistema, cuja delimitação básica de organização (desde o macro até o micro nível). Cabe ressaltar que esses níveis tratados por Bertrand e Richard não estão apenas no âmbito espacial ou temporal, mas, no próprio limite da dinâmica da paisagem.

Em Bertrand (1974) há uma proposição de analisar a paisagem geográfica a partir de sua totalidade, sem perder de vista a relação indissociável dos seus componentes. Esta observação se prende ao fato de não focar o estudo apenas com os elementos naturais, pois, a compreensão da paisagem se dará quando integrar com todas as implicações da ação antrópica.

Pippi *et al.* (2008) ressaltam que os elementos naturais (corpos d'água, flora, fauna) são patrimônios naturais e paisagístico, cumpridores de função importante na identidade de um ambiente, conforto psicológico e fisiológico das pessoas, ao mesmo tempo são recursos ímpares no processo de compreensão das situações biofísicas de uma região.

Baseando-se nesses autores, ao definir uma paisagem para análise é necessário considerar tanto os elementos naturais que constituem a paisagem como aqueles que foram impactados pela ação antrópica a partir da respectiva composição, evolução, estrutura e funcionamento. Assim, essas premissas inferem que, para qualquer estudo, planejamento ou decisão política voltados à intervenção antrópica na paisagem deve-se ter como base os aspectos biofísicos e os condicionantes socioculturais, funcionais e estéticos de um lugar.

Desse modo, ao considerar a paisagem como uma marca, além de expressar uma civilização pode também ser considerada uma matriz, tendo em vista que esta participa dos esquemas de percepção, concepção e ação das pessoas. Berque (1998) resalta que esses esquemas são próprios da cultura e por isto canalizando de certa maneira, a relação de uma sociedade com a natureza.

Nesse viés de contexto, Silva e Steinke (2009, p.88) escrevem que os recursos naturais em território brasileiro estão passando por uma série de degradações em função dos processos históricos e culturais. Por outro lado, no decorrer das fases de formação deste território, os elementos naturais de potenciais para usos, ou foram utilizados como matéria-prima, ou foram desconsiderados.

Inserida nesse conceito, a Amazônia Legal cabe na explicação de Silva e Steinke quando se verifica o resultado da força tarefa realizada pelas instituições governamentais (Ministério do Meio Ambiente/MMA, Centro Regional da Amazônia/CRA/INPE-Belém-PA, Embrapa Amazônia Oriental/Belém-PA, Embrapa Informática Agropecuária/Campinas-SP) e privada (gestão financeira do Banco Mundial), na execução do projeto denominado de *TerraClass* em 2008.

Dentre os resultados, executados a partir do objetivo desse projeto foi mapear, compreender e monitorar a dinâmica de uso e cobertura da terra, nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal obteve-se o mapeamento de 719.000/km² de áreas desmatadas, cuja maior parte está ocupada com: a) 444.000/km² associados às áreas de pastagem - 335.000/km² de pasto limpo, 63.000/km² de pasto sujo, 48.000/ km² de regeneração com pasto, e, 594/km² de pasto com solo exposto); b) 151.000/ km² composto por vegetação secundária; e c) 35.000/ km² com agricultura anual.

Esse quadro indica apenas uma parte do Brasil, porém é um grande desafio à sustentabilidade dos sistemas naturais, entre eles os hídricos que estão situados neste continente, devido à ocupação da terra sem restrição quanto ao tipo de uso, já que é uma prática distribuir os sistemas produtivos sem considerar as áreas ambientais essenciais, a exemplo das Áreas de Preservação Permanente (APP). Estas têm a função vital para uma bacia, uma sub-bacia ou microbacia hidrográfica, considerando a preservação e a conservação da geomorfologia fluvial e, também, quanto à dos ecossistemas existentes (MAGALHÃES e FERREIRA, 2000).

Em se tratando das APP, no Brasil, o primeiro instrumento legal que especificou a área de interesse ambiental foi o Código Florestal criado pela Lei 4.771 de 15/09/1965): As Áreas de Preservação Permanente são todas aquelas *cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.*

Costa *et al.* (1996) escreve que as APP foram criadas para assegurar a proteção do ambiente natural, para isto devem estar sempre cobertas pela vegetação nativa. Cabe ressaltar que a presença da vegetação atenua os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuindo para regularização do fluxo hídrico, para a redução do assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, o que gera benefícios diretos para a fauna.

Skorupa (2003) também estudioso no assunto apresenta a análise desses benefícios sob dois aspectos: 1.º) com respeito a importância das APP como componentes físicos do agroecossistema; e, 2.º) com relação aos serviços ecológicos prestados pela flora existente,

incluindo todas as associações por ela proporcionada com os componentes bióticos e abióticos do agroecossistema.

Verifica-se desse modo que o estudo nos dois sistemas hídricos (Mbh Zé Açú e Tracajá), como unidades de análise, fornecerá subsídios importantes para entender o contexto do uso e da ocupação dos lotes de terra (por agricultores familiares assentados e pecuaristas) nas APP de nascentes e das faixas justafluviais e o que altera do ponto de vista biofísico e sócioambiental.

Pelo exposto anteriormente, este capítulo tem por objetivo apresentar a análise da evolução temporal (de 1980 até 2010) dos desmatamentos nas áreas de preservação permanente/APP de rios e de nascentes das microbacias hidrográficas (Mbh) da Amazônia Ocidental, articulada com as implicações do uso e da ocupação dos lotes por agricultores familiares assentados e pecuaristas do agronegócio.

A rede fluvial de ambas modela a paisagem do Projeto de Assentamento Vila Amazônia de gestão do Ministério do Desenvolvimento Agrário - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (criado pelo governo federal brasileiro em 1988).

2.1 METODOLOGIA

2.1.1 Ambiente SIG

Para este estudo foi organizado um Sistema de Informações Geográficas (SIG), com a base cartográfica, constituída pelas cartas disponibilizadas pelo Ministério do Exército – Departamento de Engenharia e Comunicações/Diretoria de Serviço Geográfico, Folha SA.21-Z-A-IV MI -24/Parintins.

Estas cartas planimétricas serviram como auxiliares no ambiente SIG, uma vez que foram inseridas no sistema via *scanner* e, em seguida o processo de digitalização para extrair as curvas de nível. As obtidas apresentaram a equidistância vertical de 50 metros (gerando um *modelo numérico de terreno* - MNT).

Por não ser suficiente essa equidistância vertical (das cartas planimétricas) para delimitar as Áreas de Preservação Permanente (APP) de rios e as de nascentes, utilizou-se a imagem *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizada no sítio da USGS (*United States Geological Survey*), curvas de nível com equidistância vertical de 10 m, 20 e 30 metros.

A referida imagem (SRTM) necessitou de tratamento, pois havia imperfeições como depressões espúrias (*sinks*), picos anômalos e áreas com ausência de dados conforme já alertado por Santos *et al.*(2005), no quadrante S03W60/SRTM compreendendo a parte do estado do Amazonas com as duas unidades hídricas. Para a correção das falhas referidas no preenchimento dos *sinks*, foram utilizadas as ferramentas disponíveis no *Spatial Analyst Tools* do ArcGis 9.3.

Após as correções, foram calculadas as células numéricas que representam a direção fluxo, permitindo a extração da rede de drenagem para a delimitação da APP de rio e das nascentes.

Das curvas de nível extraídas foram utilizadas as com equidistância de 10 metros, a fim de mais se adequarem na identificação da declividade do terreno para o enquadramento das Áreas de Preservação Permanente (APP), com os parâmetros estabelecidos no:

- Art. 2º e 3º da Resolução CONAMA N.º 302 e 303/2002;
- o Código Florestal de 1965 (Art. 2º, inciso V, alínea e ao ser revogado é transcrito com a mesma redação nas Leis de Nº 12.727, de 17/10/2012 e a Nº12.651 de 25 de maio de 2012 (*Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, N.º 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e N.º 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis N.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, e N.º7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória N.º2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências*):

CAPÍTULO I - DISPOSIÇÕES GERAIS - Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

Capítulo II, Seção I

CAPÍTULO II - DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE - Seção I - Da Delimitação das Áreas de Preservação Permanente - Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

(...)

Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012) - Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação (...)

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

Para obtenção das supressões de vegetação nas APP foram trabalhadas 04 (quatro) imagens de satélites LANDSAT TM5, respectivas aos anos de 1986 (05/08/1986), 1997(18/07/1997), 2005 (10/09/2005) e 2012(10/10/2010), nas datas de passagem do imageamento do sensor remoto TM (*Thematic Mapper*) que contivessem até 50% de cobertura de nuvens. Essas imagens utilizadas foram adquiridas sem ônus, por meio de

solicitação no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, no Catálogo de Imagem INPE/2011.

O processo de georreferenciamento permitiu que as citadas imagens LANDSAT se ajustassem perfeitamente ao passarem pelo processo de registro geométrico, tendo como base uma imagem ortorretificada. Foram coletados no mínimo 20 pontos de controle, a fim de que o RMS (*root-mean-square*) em relação à precisão, o erro médio quadrático ficasse dentro de um valor próximo de 0,5 (JANSEN, 1986) e tendo como o algoritmo de registro na imagem o vizinho mais próximo na tentativa de manter o valor do pixel mais original (CROSTA, 1993).

Seguindo as orientações de Xavier da Silva e Carvalho Filho (1993), na decisão sobre os problemas ambientais, a monitoria ambiental é um auxílio importante para se obter informações sobre a evolução e/ou a variação no tempo, assim como os fenômenos territorialmente, visto não ser coerente ter como base apenas as ocorrências territoriais ou somente tomar como referência os modelos digitais.

Desta forma, para o cálculo do deflorestamento nas áreas de APP de rios e de nascentes, optou-se pelas análises da:

i) monitoria simples - a) os locais onde a característica não existia na primeira ocasião e continua sem existir na segunda; b) os locais onde a característica deixou de existir, tendo sido registrada apenas na primeira ocasião; c) os locais onde a característica passou a existir; por não ter sido registrada na primeira ocasião; e por fim, d) os locais onde não sofreram alteração, mantendo a ocorrência. (XAVIER da Silva e CARVALHO Filho, 1993);

ii) a monitoria múltipla - estabelece a monitoria respectiva as alterações verificadas nas duas classes geradas pela monitoria simples (*b* e *c*), permitindo: indicar quais foram as categorias originais substituídas pela ocorrência da nova classe, indicando quais as categorias que substituíram no mapa mais novo (XAVIER da Silva e CARVALHO Filho, 1993; LAGEOP, 2007; CONCEIÇÃO *et al.*, 2010).

A interpretação visual das imagens foi realizada de acordo com a técnica proposta por Florenzano (2002), no caso, utilizando o processo de classificação supervisionada com a manipulação do software ENVI 4.3.

Neste processo, ajustou-se o contraste para a composição colorida de falsa cor, a fim de selecionar a região de interesse na imagem LANDSAT, visando facilitar o reconhecimento das amostras coletadas para o processo de classificação do nível de e identificação das áreas degradadas das microbacias hidrográficas do Tracajá e do Zé Açú.

A utilização das referidas imagens orbitais e o ambiente SIG favoreceu um produto com as APP de rio e as APP de nascentes com áreas pormenorizadas em escalas adequadas, validadas pelas avaliações de campo, tendo como referência a integração das

técnicas defendidas por Xavier (1992); Xavier da Silva e Carvalho Filho (1993); e Xavier da Silva *et al.*(1996):

- Assinatura ambiental – é o procedimento que solicita a ida a campo, para definição precisa dos locais com maior ou menos constância da presença de certas características ao longo de vários locais analisados;

- Avaliações Ambientais - verificação da importância das estimativas que serão associadas às categorias relativas a cada parâmetro ambiental envolvido.

A classificação supervisionada da imagem LANDSAT consistiu na determinação de um grupo de *pixels* semelhantes que segundo Crosta (2002) possui informação qualitativa na qual os valores de cinza são associados à refletância dos alvos que compõem o terreno.

Com o conhecimento prévio da área de estudo, selecionou-se uma classe temática para cada grupo de *pixels* que serviu para calibrar o software classificador que foi agrupado em classes por semelhança, selecionadas previamente, permitindo a confecção do mapa e cobertura da terra.

Nessa classificação utilizou-se da coleta de 20 (vinte) amostras por classe com padrões de comportamentos espectrais semelhantes inseridos no algoritmo no método de Distância Mínima do classificador do ENVI 4.3.

Para Richards (1986), esse método tem semelhanças ao de Máxima Verossimilhança, por considerar as matrizes de covariâncias diagonais de todas as classes, assim como, a classificação é obtida a partir da menor distância entre o pixel a ser classificado e os valores médios coletados nas amostras.

Com esse ambiente SIG, as APP de nascentes e das faixas justafluviais/ de rios foram delimitadas com base nas vertentes das drenagens extraídas do SRTM, a partir dos dados de classificação automática e cálculo de área.

Partindo desse pressuposto, esses elementos no geoprocessamento vieram contribuir para a manipulação dos dados cartográficos, com o uso de softwares e outros, no contexto das decisões importantes da pesquisa como a deste estudo, assim como, pode subsidiar na gestão e planejamento de sistemas naturais com o uso e a ocupação da terra, como tem defendido os estudos de Florenzano (2002); Almeida *et al.* (2007).

2.1.2 Trabalho de campo

i) O GPS (Sistema de Posicionamento Global/ *Global Positioning System*) foi utilizado nas áreas fisiográficas das microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá para:

- delimites dos postos fluviométricos, no final de cada curso fluvial (inferior, médio e superior), onde foram efetuadas medidas voltadas a geomorfologia fluvial;
- identificação de tributários com impactos erosivos e assoreamentos no leito;e,
- altimetria do gradiente topográfico das referidas microbacias;

ii) Observação de campo para caracterização: a) do o perfil transversal e perfil longitudinal do canal e da calha principal; tipos de vegetação, solos e água;

iii) Diagnóstico participativo – Oficinas comunitárias para entendimento sobre as APP e ARL e a relação com os lotes dos agricultores familiares.

Do *Diagnóstico Participativo* realizado junto às comunidades das microbacias hidrográficas Tracajá e Zé Açú e apresentado no Capítulo 1 desta tese, extraiu-se os dados do inventariamento ambiental e da percepção ambiental transposta em *mapas mentais* elaborados pelos agricultores familiares referentes ao uso e a ocupação da terra em seu lote de terra.

Esses *mapas mentais/cognitivos* serviram para cruzar dados constantes nas imagens orbitais, com os dados de campos, a fim organizar o mapa temático de uso e a ocupação da terra nos limites dos citados sistemas hídricos. Por exemplo: diferenciar uma área de pastagem de uma área de capoeira-campo.

Essa aplicação baseou-se no que Xavier da Silva (1992, p.49) denomina de estrutura ambiental percebida, ou seja, *a percepção ambiental tende a estruturar-se sob forma de modelos, que são conjuntos organizados de dados que aceitamos como correspondentes às estruturas de objetos e atributos ambientais percebidos [...]*.

Desse modo, na análise da paisagem essas técnicas são essenciais, considerando que têm capacidade de caracterizar no espaço e no tempo os padrões de uso e ocupação da terra, bem como o reflexo sobre o meio ambiente, visto serem estes a expressão espacial da influência humana sobre a paisagem (VALENTE, 2001; LANG e BLASCHKE, 2009).

2.2 RESULTADOS

2.2.1 PAISAGEM FISIAGRÁFICA DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS (MBH)

Os resultados obtidos advém dos dados processados nas duas maiores microbacias hidrográficas que modelam o PA Vila Amazônia, em que os elementos (fisiográficos, geológicos e a dinâmica fluvial) da microbacia hidrográfica Tracajá tem semelhanças aos da Mbh Zé Açú demonstrados pelos dados coletados nas referidas Mbh como segue:

2.2.1.1 Características hidrográficas das microbacias Zé Açú e Tracajá

1) Aspectos Hidromorfodinâmicos

Quanto aos aspectos morfológicos-morfométricos

As microbacias hidrográficas deste estudo estão estruturadas na Formação Alter do Chão/Barreiras, que é bacia sedimentar do Amazonas, em ecossistema de *terra firme* (SIOLI, 1984, 1995, 2006; SOARES, 1991; SHUBART, 1983; JUNK, 1983). Tricart (1977) escreve que essa formação oferece pouca resistência às incisões ocasionadas pelos cursos fluviais, por ter em sua constituição areias argilosas e limosas. Em algumas partes,

verifica-se a consolidação de folhelhos de arenito ferruginoso com camadas lenticulares de seixo silicosos.

Shobbenhaus *et al.* (2004) e Souza *et al.* (2005) datam a Formação Barreiras, do Paleogeno nas áreas que apresentam sedimentos siliciclasticos inconsolidados, com granulometrias diversas, entre as quais, as argilas e os cascalhos. Nas áreas com a cobertura de sedimentos inconsolidados, cuja granulometria é na maioria fina (argila, silte), esse material indica ser decorrente do Holoceno.

Ab'Saber (1977), ao se referir sobre esses sedimentos, diz que são originários dos Períodos Terciários e Quaternários, parte do domínio morfoclimático dos planaltos amazônicos rebaixados, com áreas colinosas revestida por floresta densa.

Quanto ao padrão dos sistemas hídricos

De acordo com os aspectos da base teórica de Suguio e Bigarella (1990) e Christofolletti (1980) o escoamento fluvial dos corpos d'águas que desaguam internamente são classificadas como endorreicos. É a mesma tipologia dos das duas microbacias hidrográficas (Mbh) por terem seus escoamentos da seguinte maneira:

- a microbacia hidrográfica Zé Açú deságua no paraná do Ramos e este é quem se comunica com o rio principal;
- a microbacia hidrográfica Tracajá - tem a sua descarga líquida e sólida para o curso inferior da sub-bacia do Mamuru, a qual se dirige para o referido paraná, do qual é conduzido para o rio principal (curso inferior do rio Amazonas) que escoar para o mar.

Categorizando a linha de escoamento da rede de drenagem, guiada pelos respectivos canais principais, juntamente com os de seus tributários, conforme a classificação morfogenética de William Morris Davis (CHRISTOFOLETTI, 1994), as duas microbacias são do tipo *obseqüente* pelo fato do escoamento ocorrer em sentido contrário à inclinação original do rio *conseqüente* (rio Amazonas/Solimões).

A) *Tipo de drenagem das microbacias hidrográficas (Mbh)* – geometricamente as redes hidrográficas assumem o padrão retangular-dendrítico, exemplificado pelo alto curso da Mbh Tracajá e no maior afluente da faixa justafluvial direita da Mbh Zé Açú, denominado de *Igarapé Açú*.

Esse padrão morfométrico constitui uma anomalia que frequentemente atribui-se aos fenômenos tectônicos. (SUGUIU e BIGARELLA, 1990);

B) *Padrão de escoamento fluvial* é do tipo endorreico em relação a bacia hidrográfica do rio Amazonas;

C) *Area de drenagem, Perfil longitudinal, Perfil Transversal*

i) microbacia hidrográfica do Zé Açú

- A área mede 126,923 km².

- Logitudinalmente a sua principal calha mede de montante a jusante 19,512 km de comprimento/extensão (linear).
- O *perfil transversal* a partir das bordas do leito maior apresenta as seguintes médias (Fig. 2.1):
 - ⇒ no curso superior – 50 a 300 metros;
 - ⇒ no curso médio - 450 a 850 metros; e,
 - ⇒ no curso inferior média de 900 metros. Na área da foz varia de 850 a 1.020 metros, com bifurcações de canais aluviais em média 100 metros.

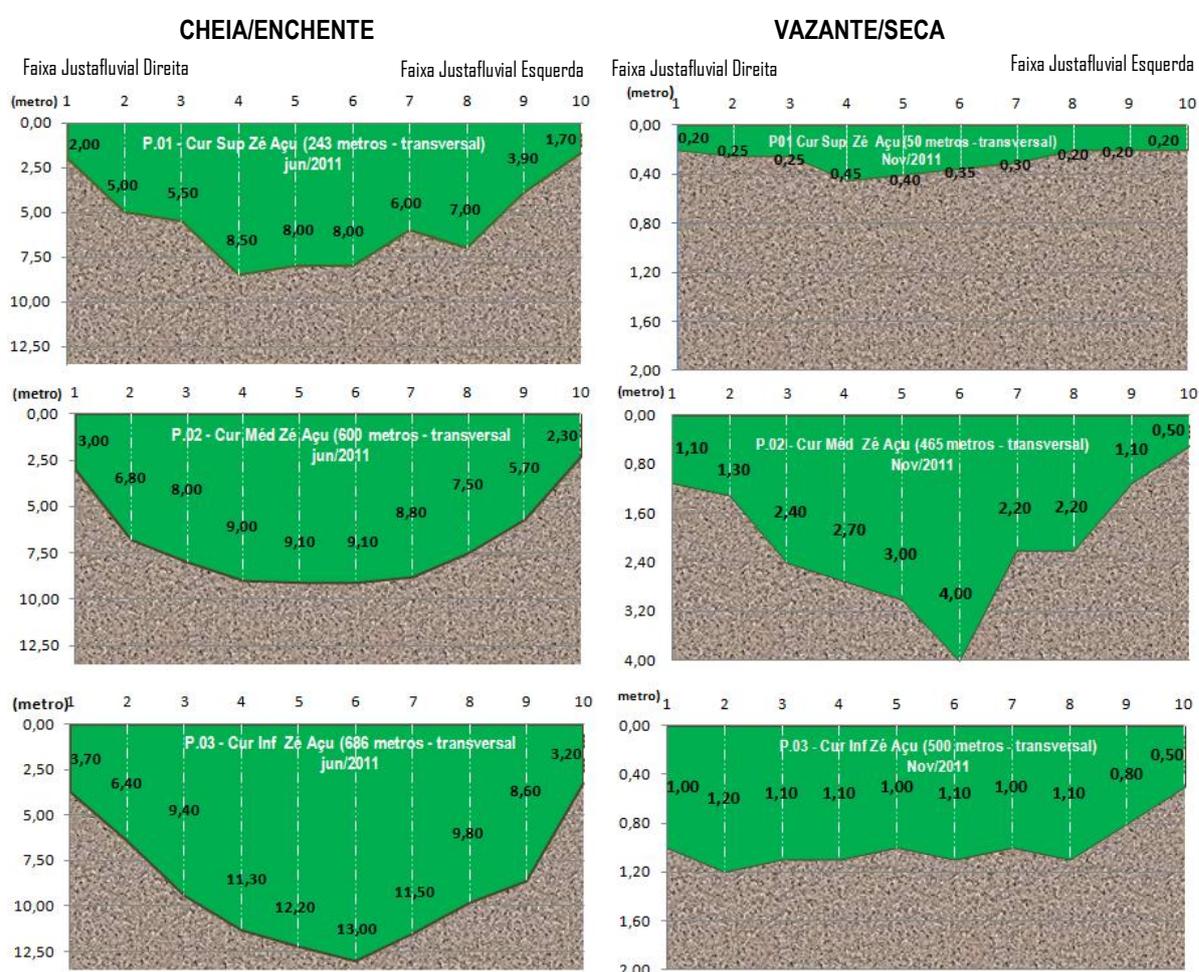


Figura 2.1 - Mosaico dos perfis transversais da microbacia hidrográfica Zé Açú

Fonte: Registro de campo em 2010-2011 – PACHECO, J.B.

ii) microbacia hidrográfica Traçajá

a) a) Área: tem aproximadamente 283,204 km².

b) Perfil Longitudinal: o seu canal fluvial principal de montante a jusante tem a extensão de 38,049 km de comprimento/extensão.

c) *Perfil Transversal* - a média de largura/transversal em seus tributários mede entre de 180 a 350 metros. Quanto ao seu *perfil transversal* em cada curso fluvial:

- Foz - de 1.020 metros a 2.272 metros;
- curso inferior – 1.043m a 1.234m;
- curso médio – 1.234m a 400m;
- curso superior – 400m a 165m.

Esse perfil tem uma dinâmica intensa, com variações, no período de cheia fluvial/período chuvoso e/ou na vazante fluvial/seca/ estiagem das chuvas. (Fig. 2.1 e 2.2).

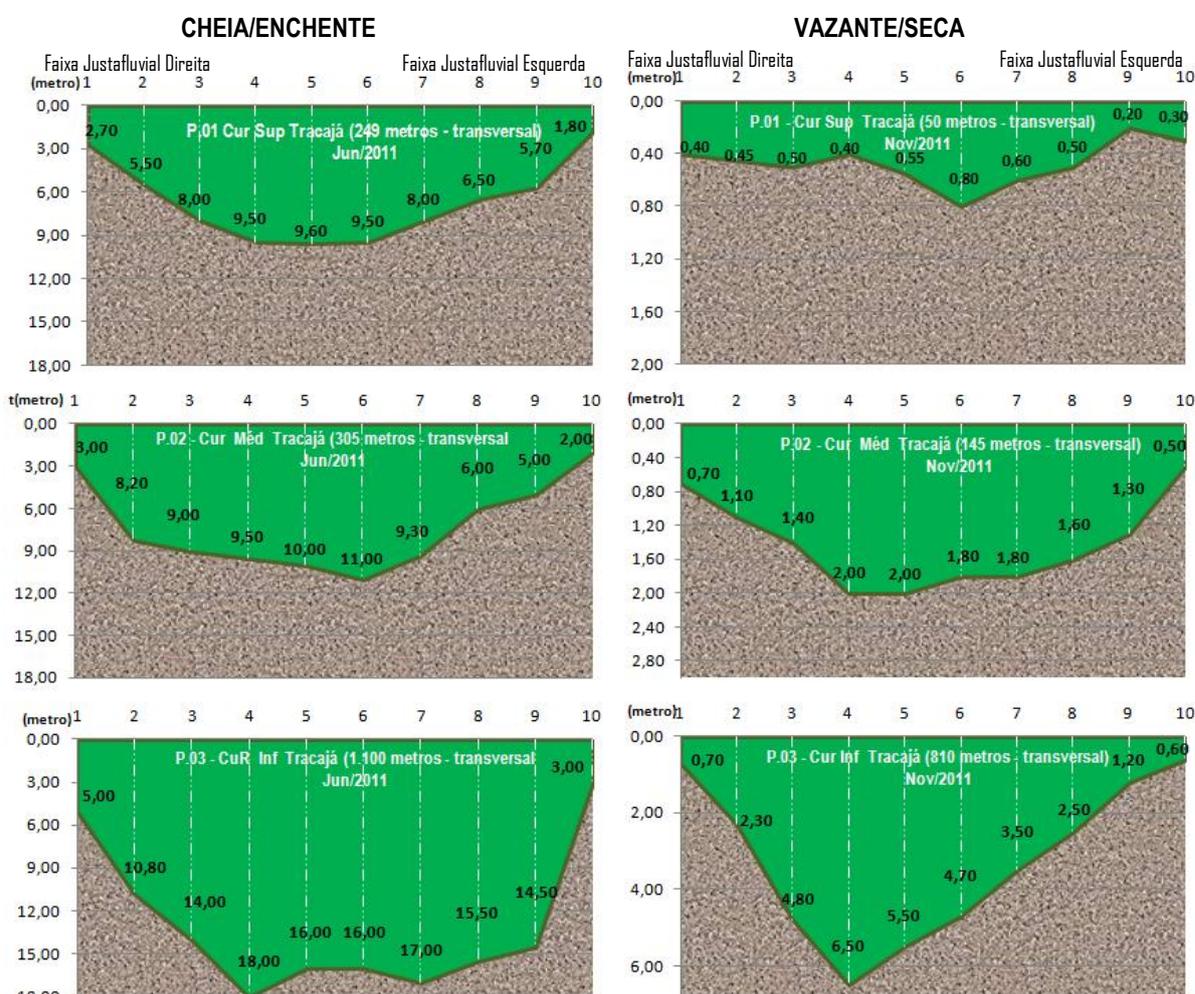


Figura 2.2 - Mosaico dos perfis transversais da microbacia hidrográfica Tracajá
 Fonte: Registro de campo em 2010-2011 – PACHECO, J.B.

2) Topografia, solo e vegetação

- *Altimetria topográfica nas faixas justafluviais/marginais*

Nas áreas de latossolo, o platô apresenta altitude média de 40 metros (Zé Açú) e, 60 metros no Tracajá. Nos espodossolos, a topografia é plana e atinge em média 28 metros de altitude (Zé Açú) e 32 metros de altitude no Tracajá (**Fig. 2.3 e 2.4**).

▪ A *cobertura vegetal* é caracterizada pela vegetação ombrófila densa em latossolo amarelo distrófico, que vai assumindo uma hierarquia natural de acordo com a topografia do terreno, no caso das microbacias hidrográficas:

⇒ nas áreas mais altas das faixas justafluviais direita (FJD)/marginais (**Fig. 2.5**), denominadas de platô de *terra firme (topo plano)* a vegetação é de grande porte (30 a 40 metros) cujas dominantes são as palmeiras regionalmente conhecida como tucumanzeiro, *Astrocaryum aculeatum*;

⇒ nas *Encostas a Mata Ciliar* – árvores de médio porte (12 metros a 2 metros) com raízes com aspectos de cílios que protegem os leitos fluviais;

⇒ na base das encostas estão os *Baixios* (leito menor), caracterizados pelo ambiente da *Mata de Igapó* – vegetação própria de área inundada que avança das bordas até o centro do leito cerca de 2 a 5 metros. (**Fig. 2.6**).

Na faixa justafluvial esquerda/FJE (**Fig. 2.7**), onde é constituído por solo/espodossolo - os aspectos paisagísticos têm semelhanças ao que ocorre na região da sub-bacia do rio Negro (Amazonas-Brasil) em seu topo de interflúvios tabulares, ou seja, campinas, também denominadas de *paleoplayas*. Esse tipo de vegetação é uma *Formação Arbórea Aberta*, com pequenas árvores esparsas de porte médio (altura variando de 2 a ± 7 metros) retorcidas, e, esgalhadas, dispersas sobre um tapete contínuo de gramíneas, intercaladas de plantas arbustivas baixas e outras lenhosas rasteiras



Fig. 2.3 – Latossolo Distrófico Amarelo e Espodossolo

Fonte: Registro de campo em 2010-2011 na Mbh Zé Açú e Tracajá, porPACHECO, J.B.



Figura 2.4 - Topografia do terreno na justafluvial direita (JFD) e faixa justafluvial esquerda (JDE)
 Fonte: Trabalho de Campo na Mbh Zé Açú e Tracajá. Org. PACHECO, J. B. (agosto/2011)



Figura 2.5 – Vegetação ombrófila em latossolo amarelo e as ciliares descendo as encostas das faixas justafluviaes direita
 Fonte: Trabalho de Campo na Mbh Zé Açú e Tracajá. Org. PACHECO, J. B. agosto/2011



Figura 2.6 - Vegetação Ciliar e Mata de Igapo
 Fonte: Trabalho de Campo na Mbh Zé Açú e Tracajá. Org. PACHECO, J. B. (agosto/2011)



Figura 2.7– Cobertura vegetal nos Espodossolos na faixa justafluvial esquerda
 Fonte: Trabalho de Campo na Mbh Zé Açú e Tracajá. Org. PACHECO, J. B. (agosto/2011)

3) Classificação das águas das microbacias

De acordo com a morfologia dos rios amazônicos de *terra firme*, caracteriza-se do tipo *rio de águas claras-transparentes*, cor verde oliva, originada pelo substrato que compõe a paisagem florística e edáfica. (Fig. 2.9).



Figura 2.8 – Águas Claras/Transparentes - côr verde oliva
 Fonte: Trabalho de Campo na Mbh Zé Açú e Tracajá. Org. PACHECO, J. B. (agosto/2011)

4) Unidades do Relevo que assentam os sistemas hídricos

As *unidades do relevo que compõem a paisagem* são compartimentadas de forma heterogêneas de acordo com o modelado sobre Formação Alter do Chão/Barreiras: planície aluvial (Af); terraços fluviais (Atf); formas com topos aguçados (Da); formas com topos tabulares (Dt); superfície de aplainamento (Pgi); e, Superfície de Aplainamento Regular (Pri). (PRA/MDA-INCRA, 2007)

2.2.2 A situação das Áreas Estratégicas (Área de Preservação Permanente - APP) e a Supressão da vegetação nas microbacias hidrográficas do PA Vila Amazônia

2.2.2.1 Histórico da área do PA Vila Amazônia e as ocupações por lotes

O PA Vila Amazônia foi criado no dia 26/10/1988 (Portaria MIRAD N.º1404/1988) na modalidade de PA (Projeto de Assentamento) para agricultores familiares tradicionais. Possui 78.270,000 hectares, compartimentados em lotes/parcela de terras com capacidade para assentar 2.478 Famílias (Fig.2.9).

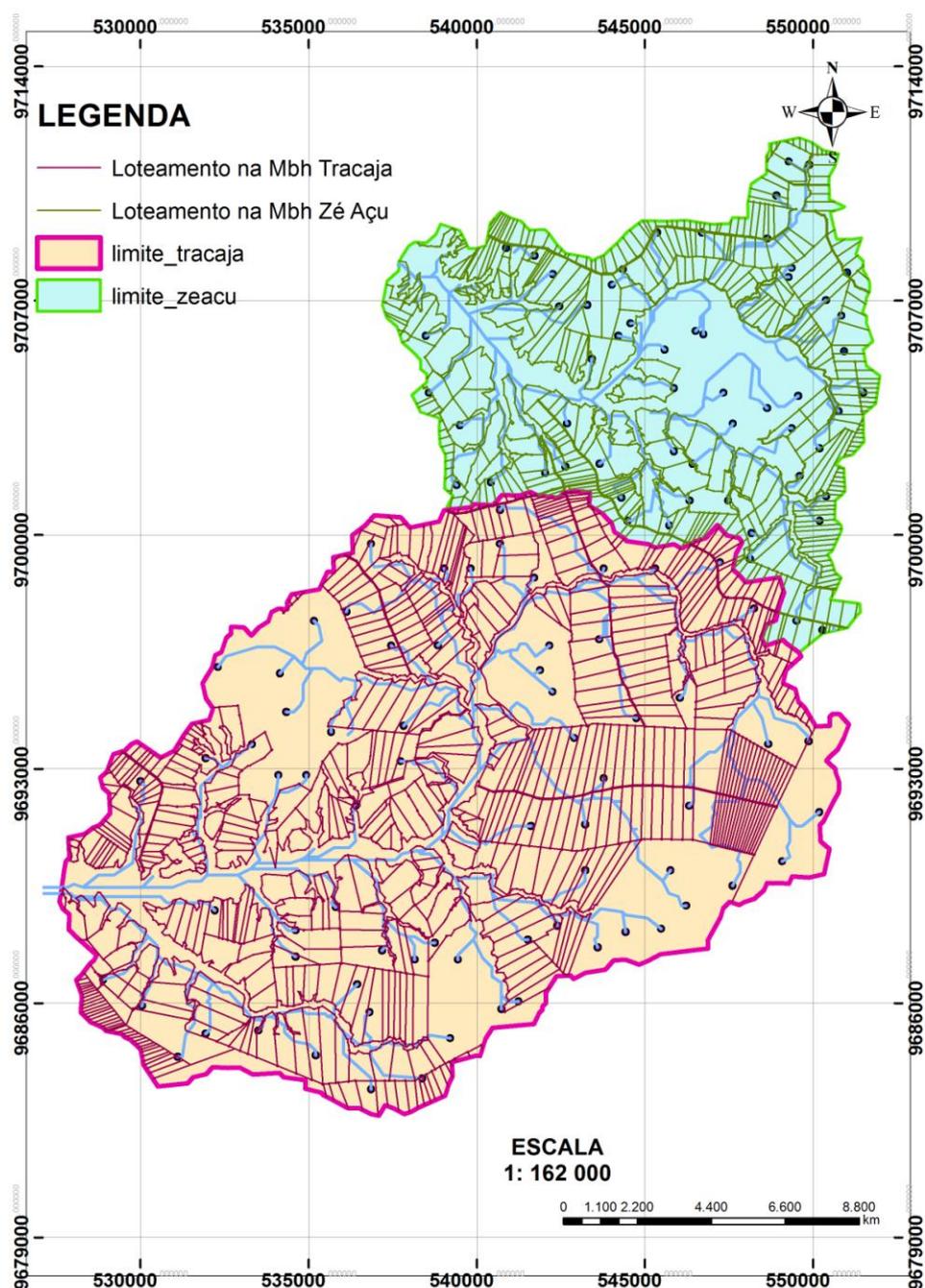


Figura 2.9 – Organização dos Lotes/parcelas no PA Vila Amazônia

Fonte: Base SRTM + Planimétrica do MDA/INCRA-Manaus (AM)/2005, org. por PACHÊCO, J.B/2012

Esses lotes foram mapeados na vigência de 23 anos do Código Florestal de 1965 (Lei N.º 4.771, de 15/09/1965), no que diz respeito à Área de Reserva Legal (ARL) e Área de Preservação Permanente (APP), conforme o Sistema de Informações de Projeto de Reforma Agrária – SIPRA/INCRA (2005).

Os dados revelam que os lotes/parcelas ocupados nos limites das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá estão sobrepostos às APP. A ocupação e o uso dessas áreas nem sempre obedecem ao cumprimento da legislação ambiental no que concerne à sua importância a fim de manter os sistemas naturais. No caso do lote de terra ter nascentes, encostas ou faixas marginais, a decisão fica a critério do morador fazer uso ou não.

A prática de desmatar as APP de rios e de nascentes ficou esclarecida pelas respostas dos agricultores familiares sediados nas duas microbacias hidrográficas, afirmando o *desconhecimento real do que é, onde pode estar, quais os limites que não podem ser alterados* drasticamente em cada área estratégica de preservação e conservação (Fig. 2.10 e 2.11). As respostas deste resultado foram semelhantes ao que consta para todos os lotes no Projeto de Recuperação do Ambiental do PA Vila Amazônia (PRA 2005:INCRA-MDA/2007).



Fig. 2.10 - Nível de Entendimento sobre APP

FONTE: PACHECO, J. B – Inventariamento Ambiental/ 2011



Fig. 2.11- Nível de Entendimento sobre ARL

2.2.2.2 Perdas de vegetação nas APP entre os anos de 1986, 1997, 2005 e 2010

As APP das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá foram delimitadas pelo Código Florestal de 1965 de acordo com a última alteração (1989), visto que já havia sido alterado, no que trata aos limites iniciais das APP nas faixas marginais dos rios - de 5 metros a 150 metros conforme a largura do curso d'água, contados a partir do leito regular:

- em 1986 pela Lei 7.511 de 07 de julho – foi alterada a distância mínima das APP de 5 metros para 30 metros a partir do leito regular; pela Lei 7.803, de 18/07/1989, os limites foram alargados e passaram a ser contados a partir do leito maior dos cursos d'água.

A execução do mapeamento das APP das Mhb de estudo ocorreu antes da revogação dessa lei de 1965, pelas Leis que tratam sobre a vegetação em áreas estratégicas, no entanto o que é estabelecido para a Amazônia obedecem os mesmo padrões do *Novo Código Florestal*, a Lei de proteção da vegetação nativa:

a) Lei nº 12.651, de 25/05/2012 - *Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências; e a*

b) Lei Nº 12.727, DE 17/10/2012 que,

Altera as Leis,

- nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa;
- nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006;

Revoga as Leis: nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012).

Desta forma, os resultados tratam da geração automática das APP calculadas (Mbh Zé Açú e Tracajá), respectivos às APP de rios/faixas marginais e/ou justafluviais e APP de nascentes apresetnadas na **Tabela 2.1**.

A **Tabela 2.1** demonstra o total de APP calculadas em cada microbacia hidrográfica.

Tabela 2.1 – APP classificadas a partir de imagens LANDSAT e SRTM

MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS	APP de rio (km ²)	APP de nascentes (km ²)
Tracajá	34,15	1,44
Zé Açú	17,83	0,44

FONTE: PACHECO, J. B.; MARTINS, A./CONIC-PIBIC/UFAM (2011-2012)

As Figuras de **2.13 -2.18** mostram o que as Mbh detinham de cobertura vegetal nativa e o que foi desmatado nos anos que representam as décadas de 1980 a 2010 (1986, 1997, 2005 e 2010):

a) Quanto a microbacia hidrográfica Tracajá

As APP de nascente - decresce de 0,95 km² (1986) para 0,37 km² (2010), ou seja, supressão de vegetação na ordem de 0,58 km² (**Tabela 2.1** e **Fig. 2.13**);

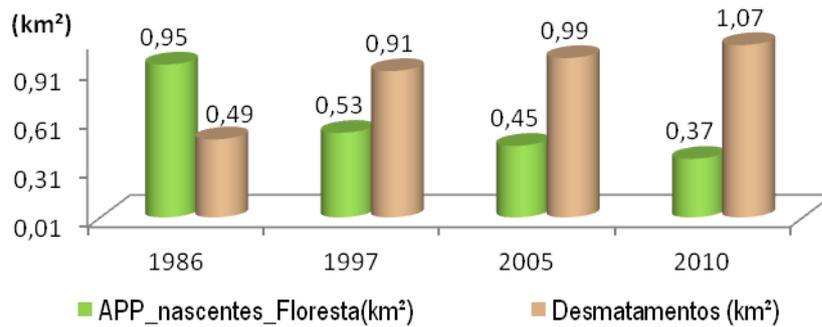


Figura 2.12 – Microbacia Tracajá: APP de nascentes versus Desmatamentos

Nas APP de rio/faixas marginais - decresce de 18,59 km²(1986) para 10,23 km² (2010), equivale a 8,36 km² da supressão de vegetação (Tabela 2.1 e Fig.2.14);

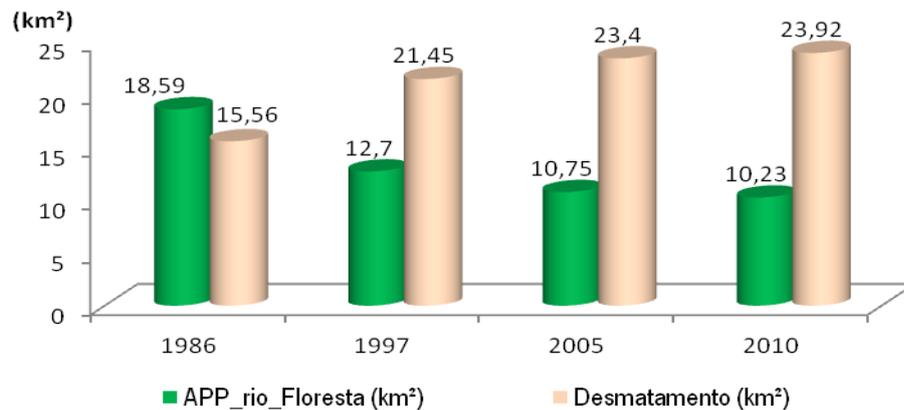


Figura 2.13 – Microbacia Tracajá: APP de rio versus Desmatamentos

b) Na microbacia hidrográfica Zé Açú

As APP de nascente – Decresceu de 0,28 km² (1986) a 0,10 km² (2010), no total de 0,18 km²(Tabela 2.1 e Fig.2.15).

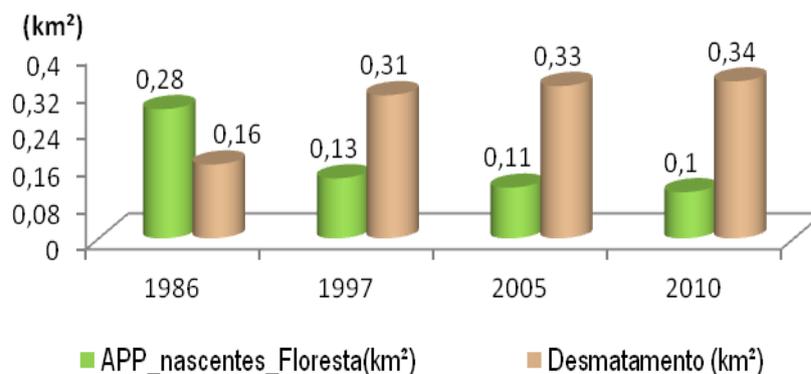


Figura 2.14– Microbacia Zé Açú: APP de nascentes versus Desmatamentos

Nas APP de rio/faixas marginais - o decréscimo vai de 6,65 km² (1986) para 3,40 km² (2012), igual a 3,25 km² na supressão de vegetação na área das faixas marginais e/ou justafluviais. (Tabela 2.1 e Fig.2.15)

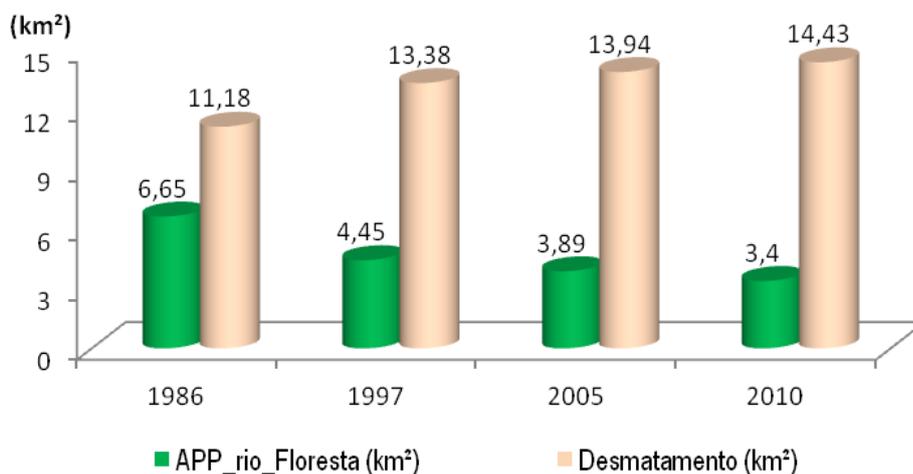


Figura 2.15 – Microbacia Zé Açú: APP de rio versus Desmatamentos

As Figuras 2.16 e 2.17 apresentam a supressão da vegetação nativa nas áreas de APP das microbacias hidrográficas em análise em intervalos de anos distintos, todavia, primando pela representação das décadas.

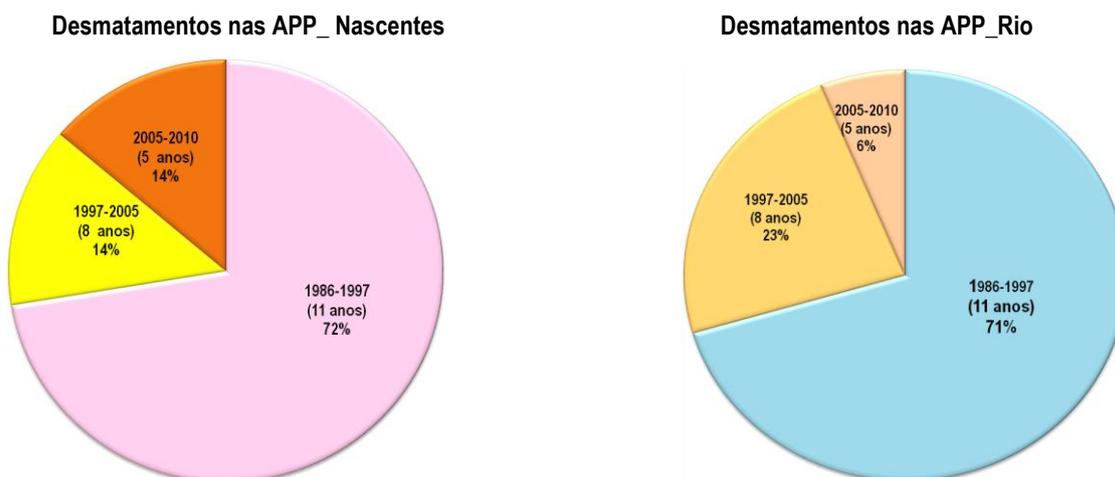
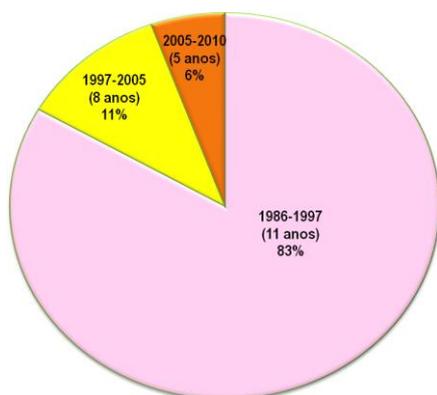


Figura 2.16 – Microbacia Tracajá: Desmatamentos de 1986-2010

Desmatamentos nas APP_Nascentes



Desmatamentos nas APP_Rio

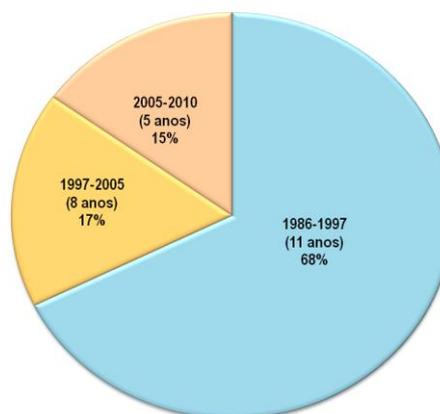


Figura 2.17– Microbacia Zé Açú: Desmatamentos de 1986-2010

2.2.2.3 Supressão de vegetação versus impactos ambientais

A identificação dos lotes (Fig. 2.18) são os locais com maiores problemas de impactos ambientais: voçorocas (Fig. 2.19) nas áreas de platôs que atingem as encosta até os baixios; assoreamentos em 12 tributários e colmatagem em três da microbacia hidrográfica Zé Açú.

TABELA 12 - SITUAÇÃO DOS LOTES EM LITÍGIO COM COBERTURA VEGETAL AFETADA/IMPACTADA, NÃO-INCLUIDOS NOS PROGRAMAS DO PRA VILA AMAZÔNIA									
Nº. LOTE	Área Total (ha)	LOCAL	OCUPAÇÃO	ÁREA AFETADA (%)	Nº. LOTE	Área Total (ha)	LOCAL	OCUPAÇÃO	ÁREA AFETADA (%)
35	60,63	Z.Açu	P	80	209	11,68	Miriti	C/P	50
36	59,57	Z.Açu	P	80	210	9,34	Miriti	C/P	50
39	56,10	Z.Açu	P	80	211	23,62	Miriti	P/A	30
40	41,64	Z.Açu	P	80	212	39,20	Miriti	P/A	85
50	67,76	Z.Açu	P	80	288	58,04	Basov.	P	80
51	88,88	Z.Açu	P	80	306	57,46	NSGra	P	85
52	66,61	Z.Açu	P	80	307	46,27	NSGra	P/C	85
53	57,58	Z.Açu	P	80	360	42,53	S.Fê	P/C	75
54	61,38	Z.Açu	P	80	467	49,85	B.Roç	P/C	40
56	58,21	E. Vila	C/P	40	470	99,10	B.Roç	P	80
184	24,52	Miriti	P	50	735	71,67	SCTrac	P	80
185	46,22	Miriti	P	45	975	97,89	SATrac	P	80
185 ^a	0,19	Miriti	C/A	70	976	81,08	SATrac	P/C	50
188	15,20	Miriti	P	70	981	74,10	Jurua	P	80
189	10,12	Miriti	P	80	982	68,11	Jurua	P	80
204	15,03	Miriti	P	80	993	65,78	Araua	P	85
205	68,13	Miriti	P	75	994	80,74	Araua	P	85
206	62,16	Miriti	P	80					
Área Total (ha)		1.836,39	Percentual(%) Médio/ha		85%	Área Média Afetada (ha)			1.560,93

LEGENDA: P= Pecuária; C= Capoeira; A= Agricultura

Figura 2.18 – Lotes com degradação ambiental por supressão vegetal acima do permitido por lei
FONTE: PROJETO DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL (PRA)- 2005/MDA-INCRA/2007



Fig.2. 19 - Mosaico de paisagens com processos erosivos em cinco lotes da microbacia hidrográfica Zé Açú
Fonte: PACHECO, J. B (Julho/2010; janeiro/2011; julho/2011)

A **Figura 2.21** mostra a evolução da retirada de vegetação nas Mbh Zé Açú e Tracajá, concomitante as décadas (1980 a 2010) de ocupação: antes da criação do PA Vila Amazônia – 1986; década de 1990 - em plena ocupação de seus lotes/parcelas de terra), 2000 e 2010 quando 1.800 famílias foram todas assentadas nos lotes.

Os resultados da delimitação das APP indicam que há consideráveis desmatamentos sobre estas áreas estratégicas e que essa prática dá respostas negativas entre as quais, a erosão pluvial, principalmente nos limites das APP de nascentes da Mbh Zé Açú. Cabendo ressaltar que não foi identificado nenhum ponto com erosão pluvial do tipo voçoroca nas APP de nascente ou de rio na Mbh Tracajá.

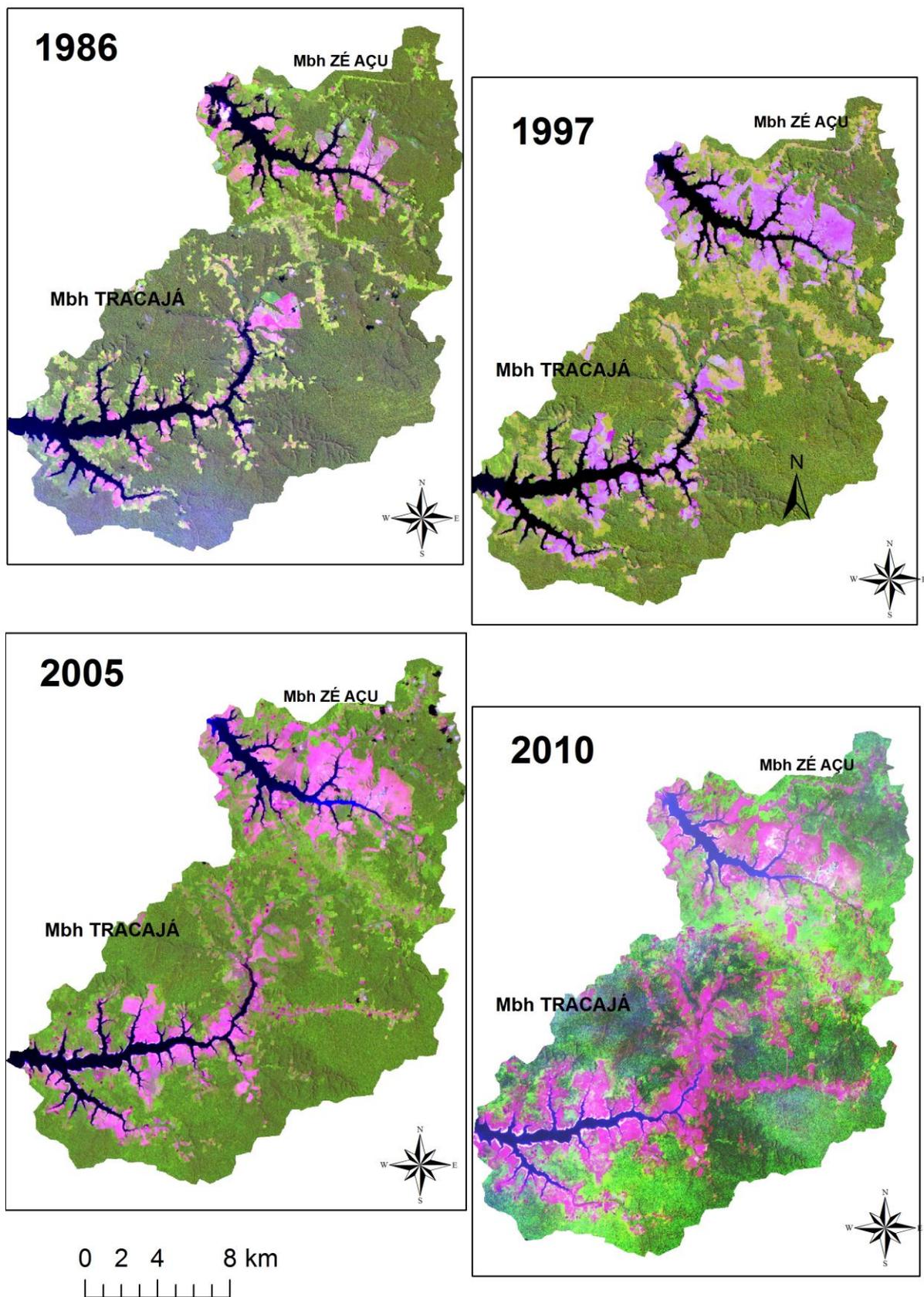


Figura 2.20 – Evolução temporal: Supressão de Vegetação nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá
 FONTE: PACHECO, J. B.; MARTINS, A./CONIC-PIBIC/UFAM (2011-2012)

2.3 DISCUSSÃO

2.3.1 Configuração da paisagem fisiográfica e ambiental das redes hidrográficas do PA Vila Amazônia

A configuração da paisagem das redes hidrográficas foi analisada com base firmada nos pressupostos teóricos da escola de Jean Tricart da década de 1980 que trata a Geografia Física das Paisagens definida por Karl Troll na década de trinta (Sec. XX)⁶ como Ecogeografia ou Geoeecologia.

Essa concepção comporta a análise deste estudo por se tratar da linha de pensamento que defende as unidades da cultura e a natureza a exemplo dos sistemas ambientais, os quais diferem em cada lugar. Na Amazônia não é diferente como exprimiu o grande limnologista Sioli (2006):

Estive na floresta amazônica, em diversas partes [...] e assim aprendi, a cada dia, que a Amazônia não é uma paisagem só, mas é um conjunto de muitas paisagens que formam a bacia do rio Amazonas e também formam um conjunto de ecossistemas, um grande ecossistema com diversas faces. (p.289)

Considera-se como positivo o exposto por Sioli e a defesa de Rodriguez e Silva (2002) quando escrevem que a visão de paisagem corrobora com a ideia, onde uma unidade do meio natural é também um sistema que faz a interação com os sistemas sociais, a fim de compor o meio ambiente global (conjunto de sistemas ambientais).

Partindo do exposto nas literaturas e nos dados deste estudo as microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá são analisadas do ponto de vista da interrelação entre a sociedade e seu entorno, no caso, o uso e a ocupação das APP de rios e de nascentes e as consequências sócioambientais e os impactos ambientais.

2.3.1.1 Topografia com paisagem combinada de solo e vegetação

Os tipos de solos, latossolo amarelo distrófico sob floresta ombrófila com relevo plano no topo e suave ondulado (topo tabular). O espodossolo em relevo de superfície de aplainamento desenha a paisagem das faixas justafluviais com a presença de vegetação de porte médio e com caule retorcido tanto na Mbh Zé Açú como na Mbh Tracajá (**Fig. 2.4 e 2.7**).

Esses aspectos emolduradores dos espodossolos indicam que, nessas faixas, assim como acontece na sub-bacia do rio Negro foram submetidas às alterações climáticas gradativas do período Neopleistocênico. Para Tricart (1977), essa configuração denominada de *campos*, por serem constituídos de um grande pacote arenoso, não permite

⁶ Geografia Física das Paisagens, depois, Geoeecologia das Paisagens, considerada como a disciplina que analisava funcionalmente a paisagem. Isto se dava além do estudo das propriedades dos geossistemas no estado natural, também, as interações, elos de interrelação com os sistemas sociais e culturais. Isto em uma dimensão sócio-ecológica, pela articulação entre a paisagem natural e a paisagem cultural.

a vegetação florestal penetrar com o seu enraizamento totalmente no solo, dando os aspectos atrofiados e contorcidos. (Fig.2.3 e 2.7)

No caso das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, essa caracterização influencia na tipologia *águas claras* e de cor *verde oliva* (Fig.2.9) que tem relação com o tipo de material de arraste pelo escoamento pluvial para o leito fluvial.

Desse modo, esses sistemas hídricos em teoria deveriam produzir pouco material em suspensão pelo fato de conterem reduzida quantidade de sais minerais dissolvidos, resultantes da baixa fertilidade dos solos, que contribuem para a sustentação de pequena quantidade de fauna aquática e uma constituição da flora menos densa.

Os fundamentos científicos e jurídicos descritos nesta tese sobre as Áreas de Preservação Permanente (APP) e as Áreas de Reserva Legal (80% de cada lote não deve ser desmatado), demonstram o quanto deve ser preservado e o conservado. Todavia, os registros constantes na **Figura 2.18**, do Projeto de Recuperação Ambiental do PA Vila Amazônia-2005 (2007), indicam os impactos ambientais pelo uso da pecuária extensiva em 80% da área dessas parcelas de terra, em grande parte na Mhb Zé Açú.

Neste estudo as imagens de satélites (Fig.2.20), mapa da organização dos lotes (Fig.2.9) e a realização da assinatura ambiental a partir de Xavier da Silva(1992), disponibilizam informações úteis na avaliação da evolução temporal de desmatamentos, em específico o avanço parcial ou total sobre as APP de rios e de nascentes.

A consequência da retirada de vegetação nas APP de rio (faixas justafluviais) e das nascentes, favorece o desgaste do solo desnudo que ao receber o impactos das chuvas vai liberar as partículas abrindo erosões que vão aumentando com o tempo. Em sendo esse processo nas áreas de sistemas hídricos, todo material erodido vai ser carregado para o leito dos canais fluviais e isto vai alterar a dinâmica fluvial, na medida que haverá mais carga do que um rio suporta no decorrer de sua tríade (erosão, transporte, deposição). Fator este que não ocorre quando a capacidade e a competência hidrográfica na fluem concomitante.

Na Mhb Zé Açú é visível nas três seções fluviais do perfil longitudinal (curso superior, curso médio e curso inferior), erosões caracterizadas do tipo *voçorocas* nos altos cursos dos igarapés/canais fluviais de primeira ordem. Aspectos não identificados na Mhb Tracajá embora com desmatamentos e o uso e ocupação semelhantes.

2.3.2 Paisagem das microbacias hidrográficas nas Áreas de Preservação Permanente (APP) e a sobreposição dos lotes/parcelas de terra

Reportando-se ao espaço geográfico da Amazônia Ocidental é comum a identificação de ocupação nas faixas marginais dos sistemas hídricos. Os registros de viajantes europeus (sec XVII) como Francisco Ribeiro Sampaio, de estudos (sec XX), entre os quais os de Porro (1991), Ana Rossevelt, Betty Meggers (1976) apontam os maiores

índices de povoamento nas faixas justafluviais dos rios de *ecossistema de várzea* do que nos de *ecossistema de terra firme*.

Para esses autores, assim como e para Pacheco e Brandão (1994, 1995), Pachêco *et al.* (2012), a edificação de morada nas áreas de várzeas/planícies de inundação decorre da fertilidade renovada anualmente pelas cheias/enchentes sazonais, pela farta alimentação, pelo cultivo de ciclo curto e pela facilidade de acesso (rio Amazonas/Solimões, rio Madeira etc.).

2.3.2.1 Função dos ecossistemas de terra firme

Os ecossistemas de *terra firme* ocupados por atividades rurais, geralmente estão distantes das margens dos médios e grandes rios como os citados acima. As redes hídricas desses ambientes são na maioria as menores unidades, denominadas neste estudo de microbacias, onde, cheias/enchentes anuais a exemplo dos anos 1953 e de 2009 (históricas na bacia hidrográfica do rio Amazonas) não chegaram a cobrir as bordas das faixas justafluviais dos seus platôs.

O acesso a esse ecossistema é mais complexo e a permanência da ocupação da terra depende da função que é dada pelo homem amazônico. A *terra firme* de forma geral tem o papel de servir de abrigo aos moradores das várzeas quando as cheias/enchentes sazonais cobrem parte ou todas as suas terras. Na medida em que os rios começam a baixar as cotas d'água de seus leitos, tudo que fora conduzido da várzea (mudas de plantas, animais, utensílios domésticos e do trabalho produtivo, embarcações etc.) é transportado de volta.

Por sua vez, as áreas de *terra firme* entrecortadas pelos rios e que estão próximas às cidades amazônicas, nesta

Mesmo sendo um ecossistema rico pela presença da água dos rios e lagos e extensa vegetação densa, os solos não oferecem grande fertilidade para cultivos, a piscosidade é baixa e o acesso na época de vazante/seca fica muito mais difícil. Se por um lado o ecossistema da várzea provoca desconforto pelas mudanças naturais temporárias, por outra traz benefícios superiores aos encontrados nos ecossistemas de *terra firme* (PACHÊCO *et al.*, 2011).

Por sua vez, as áreas de *terra firme* entrecortadas pelos rios e que estão próximas às cidades amazônicas, nestas últimas quatro décadas, têm sido ocupadas por projetos de assentamentos agrários, implantados pelo governo federal em cumprimento da política de reforma agrária brasileira. Exemplos: Projeto de Assentamento (PA) Vila Amazônia (agricultores familiares tradicionais), Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) Morena em Presidente Figueiredo/Amazonas (Agricultores Tradicionais) etc. (ARAUJO, 2006).

Na instalação desses assentamentos, a organização dos lotes segue sobre interflúvios, facilitadores de abertura de ramais terrestres com comunicação aos corpos d'água (rios, igarapés e lagos).

Desse modo, os estudos nos sistemas hídricos Zé Açú e Tracajá devem estar focados no comportamento entre as situações naturais e a condição de ocupação por atividades humanas. Tomando como variável o uso e a ocupação das áreas de preservação permanente (APP) e as implicações legais e socioambientais.

2.3.2.2 Instrumentos legais para as áreas estratégicas de proteção ambiental: Áreas de Preservação Permanente e Áreas de Reserva Legal

Os desmatamentos na Amazônia associados ao uso e ocupação da terra nos últimos quarenta anos têm despertado a atenção, principalmente, aqueles associados ao processo de colonização desde a década de 1970 pelo Programa de Integração Nacional (PIN), com incentivos políticos em nome do *progresso* e *desenvolvimento* econômico do Brasil.

Fearnside (1986), escreve que muitos assentamentos foram implementados com infraestruturas precárias, sem considerar os ambientes naturais (sistemas hídricos, fauna, flora, solo etc.), deixando de oferecer o apoio necessário às organizações sociais.

Magalhães (1998, p.46), ressalta que o I Plano Nacional de Desenvolvimento (1972-1974), para implantar o PIN e o Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulo à Agropecuária do Norte e do Nordeste (Proterra) causou a *destruição em massa dos recursos naturais deixando marcas indeléveis*, principalmente, na região Amazônica.

A partir do II Plano Nacional de Desenvolvimento (1975-1979) são incluídos os pressupostos de proteção ambiental e institucionalizados em 1998, pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA/INCRA, 2002).

Para Magalhães e Ferreira (2000), um dos grandes desafios para a proteção ambiental (preservação e conservação), está em dedicar esforços e recursos na recuperação de ambientes tidos como estratégicos, composto por vários sistemas na sua dependência.

Entre essas áreas estratégicas estão as de preservação permanente (APP) e as áreas de reserva legal (ARL) criadas após uma sequência de ênfases voltadas ao meio ambiente com citam nos seguintes instrumentos jurídicos:

1) Lei n. 4.504, de 30/11/1964 - Dispõe sobre o Estatuto da Terra e dá outras providências.

Art. 18. À desapropriação por interesse social tem por fim: [...] c) obrigar a exploração racional da terra; [...] f) efetuar obras de renovação, melhoria e valorização dos

recursos naturais; [...] h) facultar a criação de áreas de proteção à fauna, à flora ou a outros recursos naturais, a fim de preservá-los de atividades predatórias.

Art. 24. As terras desapropriadas para os fins da Reforma Agrária que, a qualquer título, vierem a ser incorporadas ao patrimônio do Instituto Brasileiro de Reforma Agrária, respeitada a ocupação de terras devolutas federais, manifestada em cultura efetiva e moradia habitual, só poderão ser distribuídas:

V - para fins de reflorestamento ou de conservação de reservas florestais a cargo da União, dos Estados ou dos Municípios.

Art. 57. Os programas de colonização têm em vista, além dos objetivos especificados no artigo 56:

III - a conservação dos recursos naturais e a recuperação social e econômica de determinadas áreas;

Art. 61. [...], § 4º, letra b e c...

§ 4º Nenhum projeto de colonização particular será aprovado para gozar das vantagens desta Lei, se não consignar para a empresa colonizadora as seguintes obrigações mínimas:

b) divisão dos lotes e respectivo piqueteamento, obedecendo a divisão, tanto quanto possível, ao critério de acompanhar as vertentes, partindo a sua orientação no sentido do espigão para as águas, de modo a todos os lotes possuírem água própria ou comum;

c) manutenção de uma reserva florestal nos vértices dos espigões e nas nascentes;

Quarenta anos antes do *Estatuto da Terra* (década de 1920), o presidente do Brasil, Epitácio Pessoa, constituiu uma sub-comissão para elaborar o Código Florestal (CNA, 1998), aprovado pelo *Decreto N.º 23.793, de 23/01/1934* e, revogado na íntegra, a partir de 1965 que estabelece:

Art. 3º Classificou as florestas em: a) protetoras; b) remanescentes; c) modelo; d) de rendimento.

Art. 4º Serão consideradas florestas protetoras as que, por sua localização, servirem conjunta ou separadamente para qualquer dos fins seguintes: a) conservar o regime das águas; b) evitar a erosão das terras pela ação dos agentes naturais; c) fixar dunas.

Art. 8º Consideram-se de conservação perene, e são inalienáveis, salvo se o adquirente se obrigar, por si, seus herdeiros e sucessores, a mantê-las sob o regime legal respectivo, as florestas protetoras e as remanescentes..

Art. 23. nenhum proprietário de terras cobertas de matas poderá abater mais de três quartas partes da vegetação existente, salvo o disposto nos Art. 24, 31 e 52.

2) *Lei n. 4.947, de 06/04/1966* - Fixa Normas de Direito Agrário, Dispõe sobre o Sistema de Organização e Funcionamento do Instituto Brasileiro de Reforma Agrária, e dá outras Providências.

Art. 13 [...]

III - obrigatoriedade de cláusulas irrevogáveis, estabelecidas pelo IBRA, que visem à conservação de recursos naturais;

Art. 26 - Para que não seja considerado latifúndio o imóvel rural, ainda que do domínio particular, cujo objetivo de preservação florestal ou de outros recursos naturais haja sido reconhecido para fins de tombamento pelo órgão competente da administração pública, deve este tombamento, no prazo de 60 (sessenta) dias de sua ultimação, ser submetido ao julgamento do IBRA.

3) *Código Florestal - Lei Federal N.º 4.771, de 15/09/1965*, modificado na redação e inclusões pela Lei N.º 7.803 de 18/07/1989 e Medida Provisória nº 2.166-67, de 24/08/2001⁷:

4) *Decreto n. 59.566, de 14/11/1966* – Regulamenta o Estatuto da Terra (Lei nº 4.504, de 30/11/1964), nas Seções I, II e III, Capítulo IV do Título III; e, o Capítulo III da Lei nº 4.947, de 6 de abril de 1966 e, dá outras providências;

Nestes instrumentos jurídicos estão instituídos os espaços denominados de Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL).

Art. 1º, § 2º, Inciso III - Para os efeitos desse Código, entende-se por *Reserva Legal*: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas.

Verifica-se nessas legislações que para constituir as *Áreas de Reserva Legal* Florestal devem ser observados dois princípios básicos da Constituição Federal do Brasil de 1988: 1) Art. 5º, XXIII - a propriedade atenderá a sua função social; e, 2) Art. 186 - a função social é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência, estabelecidos os requisitos, entre os quais, o inciso II – *utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente*.

No que trata a respeito do percentual que deve ser averbado como Reserva Legal, dependerá do bioma e da região específica, por exemplo, para a Amazônia Legal é

⁷ A pesquisa de campo referente a fluviohidrossedimentologia e o delimitado foi realizada de julho de 2010 a julho de 2011. Deste modo, as APP de rios e de nascentes foram calculadas a partir do Código Florestal de 1965 e respectivas leis complementares. Observando que para a Amazônia os percentuais não foram alterados.

estimado 80% em propriedades rurais localizadas em área de floresta; 35% em propriedades situadas em áreas de cerrado na Amazônia Legal. A diferença entre esse Código Florestal de 1965 e a Lei de Proteção de vegetação nativa (2010) é que, apesar de manter os mesmos percentuais, o texto flexibiliza as regras atribuindo ao governo estadual reduzir para até 50%, ouvido o Conselho Estadual de Meio Ambiente.

Como descrito nessa lei, são consideradas Área de Preservação Permanente (Art. 1.º § 2º e 3º II) todas as áreas protegidas, coberta ou não por vegetação nativa, com a função e ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

• Lei nº 7.803, de 15/07/1989, Art. 2º - consideram-se de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: a) ao longo dos rios ou de qualquer outro curso d'água, em faixa marginal na dependência de sua largura; b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais; c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados *olhos d'água*; d) no topo de morros, montes, montanhas e serras; e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive etc.

Art. 3º. Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas: a) a atenuar a erosão das terras; [...]; e) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico; f) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção; g) a manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas; h) a assegurar condições de bem-estar público.

a) Resoluções do CONAMA N.º 302 e N.º 303, de 20/03/2002 - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) - *no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto n. 99.274, de 6 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto nas Leis nos 4.771, de 15 de setembro e 1965, 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e o seu Regimento Interno[...]*

A referida resolução considera as Áreas de Preservação Permanente e outros espaços territoriais especialmente protegidos, como instrumentos de relevante interesse ambiental, bem como parte integrante ao desenvolvimento sustentável, como salvaguardo as presentes e futuras gerações.

b) Resolução CONAMA n. 303, de 20/03/2002 – *Dispõe sobre parâmetros, definições e limites Área de Preservação Permanente. Publicada no DOU nº 90, de 13 de maio de 2002, Seção 1. Faz as seguintes correlações: tem complementação na Resolução*

N.º 302/2002; Alterada pela Resolução nº 341/2003 - acrescenta novos considerandos; Revoga a Resolução no 004/1985.

- As leis transcritas acima que tratam das APP e ARL, com exceção das duas Resoluções de 2002, ou foram alteradas ou revogadas pela Lei Nº 12.651, de 25/05/2012. A redação dada por essa lei para a denominação de Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) é semelhante e com as mesmas exigências do constante nas legislações revogadas.

Esses regulamentos são os suportes legais para analisar as situações das APP das microbacias hidrográficas Zé Açu e Tracajá.

2.3.2.3 Desmatamentos áreas das microbacias hidrográficas e a situação das APP e ARL

Como já descrito, as duas microbacias hidrográficas, a de estudo (Zé Açu) e a de referência fisiográfica são parte da paisagem do Projeto de Assentamento Vila Amazônia. Este foi criado em 1988, na modalidade de PA com a finalidade de assentar agricultores familiares.

Antes da criação desse assentamento, nos 78.270,000 hectares, eram ocupados por poucos moradores com titulação de terra (aproximadamente trinta proprietários), os quais foram incluídos na organização da malha agrária dos lotes/parcelas. (PRA-INCRA/2007).

Nesse contexto os dados constantes nas **Tabelas 2.2 e 2.3** referem-se aos anos de 1986 (antes dos lotes parcelados no P A Vila Amazônia) até 2010. A principal observação dessa evolução de uso e de ocupação é a perda de floresta para os sistemas produtivos que envolvem a agricultura familiar e a criação extensiva de gado bovino e bubalino, que na maioria dos lotes pertencem aos pecuaristas do agronegócio.

Tabela 2.2 – Microbacia hidrográfica Tracaja: Evolução temporal da ocupação da terra de 1986-2010

CATEGORIAS DE USO DA TERRA	1986		1997		2005		2010	
	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)	Área	(%)
Agricultura Familiar	29,160	10,30	30,180	10,66	72,940	25,76	70,623	24,94
Capoeira Campo	8,334	2,94	44,924	15,86	16,990	6,00	3,904	1,38
Floresta Nativa	220,190	77,75	165,180	58,33	162,700	57,45	161,030	56,86
Hidrografia	20,240	7,15	20,240	7,15	20,240	7,15	20,240	7,15
Pastagem	5,280	1,86	22,680	8,01	10,334	3,65	27,410	9,68
Total	283,204	100	283,204	100	283,204	100	283,204	100

Fonte: Mapeamento por LANDSAT e SRTM /1986=2012, org. por PACHÉCO e MARTINS (2012)

Fazendo uma equivalência de percentuais nos limites (km²) das microbacias de estudo, respectivos a área com vegetação em 1986 e a em 2010, foi retirada 30,99 % na Mbh Zé Açu que possui 126,924 km². A Mbh Tracajá (283,204 km²) perdeu nesse mesmo tempo a razão de 20,89% de sua vegetação nativa.

Essa retirada da vegetação, inclusive das APP foi dando espaço para os sistemas produtivos (**Tabela 2.2 e 2.3 Fig. 2.13 - 2.19**). Há casos que esse avanço ultrapassou todas as áreas estratégicas (Áreas de Preservação Permanente - APP e Áreas de Reserva Legal - ARL), como o caso dos lotes em litígios (**Fig. 2.20**).

Tabela 2.3 – Microbacia hidrográfica Zé Açú: Evolução temporal da ocupação da terra de 1986-2010

CATEGORIAS DE USO DA TERRA	1986		1997		2005		2010	
	Área (km ²)	(%)						
Agricultura Familiar	27,991	22,05	36,52	28,77	17,15	13,51	36,562	28,81
Capoeira Campo	1,759	1,39	0,67	0,53	24,28	19,13	9,292	7,32
Floresta Nativa	75,760	59,69	46,49	36,63	44,31	34,91	36,433	28,70
Hidrografia	11,184	8,81	11,184	8,81	11,184	8,81	11,184	8,81
Pastagem	10,23	8,06	32,06	25,26	30,000	23,64	33,453	26,36
Total	126,924	100	126,924	100	126,924	100	126,924	100

Fonte: Mapeamento por LANDSAT e SRTM /1986=2012, org. por PACHÊCO e MARTINS (2012)

Na época da criação do PA Vila Amazônia podemos destacar como instrumentos jurídico e institucional vigentes: o Código Florestal de 1965; o Estatuto da Terra já alterado pelo Decreto N.º 59.566 de 1966; e o II Plano Nacional de Desenvolvimento (1975-1979). Fundamentados nesses documentos, o referido PA foi loteado e incluídas as APP de rios e de nascentes, assim como, no interior de cada lote as ARL.

Acontece que as legislações ambientais que versam sobre as áreas estratégicas de proteção ambiental (APP) que estabelecem preservação, também regulam condições que permitem conflitos inclusos nos mesmos instrumentos jurídicos, principalmente, no que tange a ocupação e supressão da vegetação:

Lei N° 12.651, de 25/05/2012 (Art. 3º, II) e a Resolução CONAMA N.º 302, de 2002, estabelecem que uma APP coberta ou não por vegetação nativa, tem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

Também nessa lei é estabelecido no Art. 8º:

A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei.

§ 1º A supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, dunas e restingas somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública.

§ 2º A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente de que tratam os incisos VI e VII do caput do art. 4º poderá ser autorizada, excepcionalmente, em locais onde a função ecológica do manguezal esteja comprometida, para execução de obras habitacionais e de urbanização, inseridas em projetos de

regularização fundiária de interesse social, em áreas urbanas consolidadas ocupadas por população de baixa renda.

§ 3º É dispensada a autorização do órgão ambiental competente para a execução, em caráter de urgência, de atividades de segurança nacional e obras de interesse da defesa civil destinadas à prevenção e mitigação de acidentes em áreas urbanas.

Art. 61 Nas Áreas de Preservação Permanente é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008. (Incluído pela Medida Provisória nº 571, de 2012).

Os agricultores familiares-assentados do PA Vila Amazônia, principalmente os de posse dos lotes nas áreas das Mbh Zé Açú e Tracajá foram ocupando com suas atividades rurais, tomando como ponto de edificação das infra-estruturas as proximidades das faixas marginais dos rios/igarapés, nos entorno de nascentes, usando como medida para tal, a supressão da vegetação com corte raso.

Essa prática da paisagem de solo desnudado é muito comum, observada durante a pesquisa de campo (**Fig.2.19, 2.20**). Observe que o Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/1965), ainda em vigência nessa época e, até maio de 2012 já estabelecia:

Art. 3º [...]

§ 1º - A supressão de florestas de preservação permanente só será admitida com prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando for necessária a execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social.

Art.4º - A supressão de vegetação em área de preservação permanente somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social, devidamente caracterizados e motivados em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto.

§ 1º A supressão de que trata o caput deste artigo dependerá de autorização do órgão ambiental estadual competente, com anuência prévia, quando couber, do órgão federal ou municipal de meio ambiente, ressalvado o disposto no § 2º deste artigo [...]

§4º O órgão ambiental competente indicará, previamente a emissão da autorização para supressão de vegetação em área de preservação permanente, as medidas mitigadoras e compensatórias que deverão ser adotadas pelo empreendedor.

Em nenhum documento do INCRA pesquisado para fins de análise deste estudo foi encontrada alguma autorização que cumprisse os artigos e parágrafos da lei, citados acima.

Observe que as leis anteriores revogadas em maio de 2012, como o Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/1965), mesmo permitindo intervenções nas APP, tinham menos áreas de Utilidade Pública e Interesse Social:

Art.1º, § 2º, inc. IV – Utilidade Pública:

a) as atividades de segurança nacional e proteção sanitária;

b) as obras essenciais de infraestrutura destinadas aos serviços públicos de transporte, saneamento e energia e aos serviços de telecomunicações e de radiodifusão; (redação dada pela Lei nº 11.934, de 5/5/2009)

c) demais obras, planos, atividades ou projetos previstos em resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA;

V - interesse social:

a) as atividades imprescindíveis à proteção da integridade da vegetação nativa, tais como: prevenção, combate e controle do fogo, controle da erosão, erradicação de invasoras e proteção de plantios com espécies nativas, conforme resolução do CONAMA;

b) as atividades de manejo agroflorestal sustentável praticadas na pequena propriedade ou posse rural familiar, que não descaracterizem a cobertura vegetal e não prejudiquem a função ambiental da área;

Uma vez assentadas as famílias de agricultores familiares, somando-se aos lotes que tiveram seus bens vendidos para terceiros (pecuaristas do agronegócio) seguindo os sistemas produtivos correspondentes avançaram sobre a floresta nativa, em específico nas APP de rios e de nascentes das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá.

Comparando os percentuais de supressão da vegetação nas APP de nascentes e faixas marginais das duas microbacias, verifica-se que nos primeiros onze anos foram mais graves do que nestes últimos quatorze anos (**Fig. 2.14 a 2.17**):

i) No computo geral das 179 nascentes da Mbh do Tracajá distribuídas em uma área de 1,44 km², a perda foi de 0,58 km² de vegetação nativa, ou seja, 40,3% desse total. Dos seus 34,2 km² de APP de faixas marginais, perdeu 8,4 km² de vegetação nativa, equivalentes a 24,5%;

ii) A Mbh Zé Açú - das suas 57 nascentes, distribuídas em 0,44 km² foi suprimido 0,18 km² (40,9%) de vegetação nativa. As APP de rios/faixas marginais houve uma perda de 18,23%;

iii) na década de 1980-1990, a Mbh Zé Açú apresenta a perda de 0,014//km²/Ano de cobertura vegetal nativa nas nascentes e a Mbh Tracajá 0,038/km²/Ano; nas décadas seguintes (1990-2010) há decréscimo, porém, registra-se avanço com maior percentual de desmatamentos na MbhTracajá (0,01/km²/ano) para 0,0019/km²/ano na Mbh Zé Açú;

iv) nos treze anos correspondentes aos anos de 1997-2010, as APP de rios/faixas marginais (km²/Ano) mais atingidas pela supressão foram as da Mbh Zé Açú: nos primeiro decênio a perda foi de 0,2/km²/ano. Decresceu para 0,07/km²/ano (1997-2005) e para 0,061/km²/ano (2005-2012); na Mbh Tracajá reduziu de 0,54/km²/ano para 0,24/km²/ano (1997-2005),e, nestes últimos oito anos chegou a 0,065/km²/ano.

O uso e a ocupação da terra (**Tabelas 2.2 e 2.3**) é que indicam os impactos ambientais de maior ou menor gravidade. No caso das duas microbacias hidrográficas, a Mbh Zé Açú é a mais afetada com a supressão de vegetação e no local, a maioria das ocupações é com as atividades de pecuária extensiva (bovino e de bubalinos), sobrepondo as APP. A segunda atividade é da agricultura familiar, mas está localizada nas áreas de interflúvios, em topografias mais planas, distante dos rios e mais próximas dos ramais e estradas, onde a lavra da terra é realizada com equipamentos simples (terçado, enchada, carroça-de-boi, cambito, machado etc.).

Outro fator ocupacional na Mbh Zé Açú decorre do desenvolvimento da pecuária bovina e bubalina extensiva, a qual ocupa os terrenos com solo do tipo latossolo amarelo distrófico. O relevo é mais elevado e possui muitas encostas por ser bem recortado pelos tributários. Com essa fisionomia em 1986 havia -10,23 km² de pastagem e 1,759 km² de capoeira campo. Desse ano até 2010 houve um expressivo crescimento da pastagem, ocupando mais 23,233 km² e a capoeira campo – 7,533 km²).

A Mbh Tracajá (**Tabelas 2.3 e Figura 2.1 e 2.20**), diferente da Mbh Zé Açú, tem 48% de sua pecuária extensiva sobre área com espodossolo, cujo relevo é mais plano, portanto, menos sujeito aos impactos erosivos. De sua (Mbh Tracajá) área total de 283,204/km², 56,9% está protegida por vegetação nativa, 24,94% com atividades da agricultura familiar semelhante ao manejo que acontece na Mbh Zé Açú. Estes são aspectos que evitam desgastes drásticos no solo pelo efeito pluvial.

Os impactos ambientais gerados a partir da forma inadequada de manejar a terra, principalmente sobre as Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Reserva Legal (ARL), no PA Vila Amazônia vêm gerando impasses institucionais junto a MDA/INCRA que impedem a expedição do DAP (Declaração de Aptidão ao Pronaf) ao parceleiro-assentado que se encontra com seu lote com impactos ambientais diagnosticados pelo INCRA (**Fig. 2.19**). Isto é um ponto negativo para quem quer pleitear qualquer benefício (fomento ou financiamento).

O último relatório que trata sobre Serviço de Assessoria Técnica Social e Ambiental (Assistência Técnica Social e Ambiental - ATES/2007) realizado pela Cooperativa dos Técnicos e Multiprofissionais em Agropecuária (COOTEMPA), ressalta que estão mapeados os lotes com impactos ambientais mas não houve nenhuma ação de recuperação⁸.

Este estudo identificou (**Fig. 2.10e 2.11**) que tanto a falta de preservação das APP como o manejo das ARL decorrem das parcas informações veiculadas para os assentados sobre a importância dessas áreas estratégicas de proteção. Por outro lado, o Novo Código Florestal de 2012 com parâmetros redacionais e de exigência semelhantes às leis anteriores para esse fim traz favorecimentos para as ações antrópicas como cita a lei. Em contrapartida há desvantagens para essas áreas prioritárias, na medida em que as pessoas desconhecem as obrigações para prevenir ou reparar os danos. A Lei N. 12.651, de 25/05/2012, no Art. 63 estabelece:

Nas áreas rurais consolidadas nos locais de que tratam os incisos V-VIII, IX e X do art. 4º, será admitida a manutenção de atividades florestais, culturas de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, bem como da infraestrutura física associada ao desenvolvimento de atividades agrossilvipastoris, vedada a conversão de novas áreas para uso alternativo do solo.

⁸ Foram editadas as Normas de Execução N.º 43 - estabelece procedimentos para recuperação e conservação dos recursos naturais nos projetos de assentamentos, e, a N.º 44 – determina o valor unitário por família para implantação dos projetos de recuperação[...] . Ambas em vigor no dia 28/06/2005.

Os incisos que versam no Art. 4^o. acima descrevem:

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45^o, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25^o, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

2.3.2.4 Importância das Áreas de Preservação Permanente (APP) para uma microbacia hidrográfica

As APP de um sistema hídrico são muito importantes, pelo fato destas servirem como proteção aos ambientes bióticos e abióticos intrínsecos a esse meio. Sobre a função, por exemplo, da vegetação ripícola, Primack e Rodrigues (2001) expõe que ela serve de proteção às faixas justafluviais dos cursos d'água e ao entorno das nascentes, porque age como uma espécie de filtro e é redutora de impactos oriundos da circunvizinhança.

Essa vegetação funciona como uma barreira física, durante a recepção do material que vem pelo arraste das enxurradas nas áreas mais elevadas.

Como defende Rodrigues, Adami (2005); Nascimento e Villaça (2008), a água necessita de diversos níveis e subsistemas para poder entrar, permanecer ou circular em uma bacia hidrográfica como: *processos hidro-geomorfológicos* – vertentes solos e rocha; *processos hidrológicos e vegetação*; e, *processos geomorfológicos* de canal e de planície de inundação.

A proteção das áreas estratégicas (APP e Áreas de Reserva Legal - ARL) é fundamental para a manutenção dos ecossistemas e para a geração da qualidade das águas, principalmente nas superficiais disponíveis (lagos, cursos fluviais e suas nascentes).

Martins (2008) cita que a presença de uma APP é um impedimento legal na utilização de uso da terra. Assim, as ações que visam mitigar a degradação quando executadas em tempo hábil detêm os processos de desequilíbrio ambiental.

A partir do exposto sobre as microbacias hidrográficas (Zé Açú e Tracajá), mais as legislações inerentes e as literaturas de estudos realizados sobre respectivas APP de outros sistemas hídricos, tem-se a compreensão de que é praticamente impossível a sustentabilidade ambiental sem o devido compromisso de políticas públicas que dêem suporte para informar sobre as formas de preservação e conservação dessas áreas que protegem os seus ecossistemas.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme as análises abordadas neste capítulo, referente à paisagem nas Áreas de Preservação Permanente (APP) das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, que foram analisadas à luz das legislações ambientais e em diversos estudos, verifica-se em todos os cursos fluviais a supressão da vegetação, principalmente nas APP de rios e de nascentes.

As alterações nessas áreas estratégicas de proteção, em específicos nas APP, identificadas como decorrentes das atividades nelas desenvolvidas demonstram como a ausência da aplicabilidade dos instrumentos legais e das políticas públicas necessárias, contribuem para acentuar a degradação ambiental, no caso Mbh Zé Açú.

Leite *et al.* (2004) ressaltam a respeito dos assentamentos como a conquista cidadã pela terra. Dessa forma, a representatividade dessa unidade passa a não ser somente um *ponto de chegada*, na medida que ter essa terra vem de um processo da luta, mas, também como um *ponto de partida* pela nova condição de vida que vislumbram expectativas melhores.

Para estes autores (LEITE *et al.*, 2004, p. 260), há vários problemas na implantação dos assentamentos brasileiros, *muitas vezes tudo está por fazer, desde a organização do lote [...] até toda a infraestrutura coletiva e de serviços necessários à viabilização econômica e social das novas unidades de produção familiar criadas.*

O PA Vila Amazônia se encontra dentre esses e daí, muitos problemas ambientais identificados foram ocorrendo desde a sua criação há 25 anos.

Conforme análise realizada, o maior problema ambiental é a sobreposição dos lotes (parcial ou total) nas APP de rios e de nascentes, onde, para ocupá-los retiram a vegetação nativa. A microbacia hidrográfica (Mbh) Tracajá, embora tenha sido ocupada de forma semelhante, está mais conservada. O que aponta para isto é a não identificação da supressão por corte raso conjugado com atividades (pecuária extensiva) que levam a exaustão dos solos como o diagnosticado da Mbh Zé Açú. Neste sistema hídrico no período de 1986 a 2010 perdeu 40,9% de floresta nativa nas APP de nascentes e 18,23 % nas APP de rios/faixas marginais.

Assim, a exposição dos solos na Mbh Zé Açú as intempéries e sendo usado por atividades, na maioria das vezes voltadas para a criação extensiva de gado bovino e bubalinos, contribuiu significativamente para a expansão das voçorocas.

Esses fatores são suficientes para avaliar da necessidade de preservação dessas APP, assim como, da respectiva vegetação circundante, a fim de não comprometer o sistema de drenagem ao longo de seu perfil longitudinal. Como foi ressaltado pelos autores já citados e o constatado no estudo desta tese (Capítulo 3 e 4), a falta de proteção vegetal

Retirada total da vegetação nativa para conversão em área de atividades produtivas

nas APP que bordejam os canais fluviais, aumenta, por exemplo, o volume de sedimentos recebidos nos leitos fluviais.

Assim sendo, o mapeamento de APP é muito importante por possibilitar o acompanhamento do processo de uso e a ocupação da terra. Neste estudo esse exercício mostrou a expansão das áreas usadas pela agricultura e pastagem, ocasionando a fragmentação de cobertura vegetal nativa e sua desconectividade, em grande parte, na rede das microbacias hidrográficas.

Esse é um processo explicado pelos impactos causados com a retirada da vegetação nativa, pois a desnudação como no caso, das faixas justafluviais ao longo dos cursos fluviais, onde deveriam estar protegidas por suas matas ciliares, pode gerar consequências a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descargas líquidas, sólidas e dissolvida).

Partindo desse destaque, entende-se o quanto a cobertura do solo é importante, em específico às APP de uma bacia hidrográfica, tendo em vista ser a eficiência florística a contribuinte para a regulação dos reservatórios naturais de água e, por conseguinte, a contribuição no ciclo da água.

Analisando o exposto, pode-se considerar que os usos e as ocupações humanas em áreas estratégicas como as APP, sem o devido cuidado e orientação no decorrer do desenvolvimento dos seus sistemas produtivos tem sido os principais geradores de desmatamentos. Assim, surge a preocupação de como superar essas situações.

De acordo com as experiências de outros estudos já citados nesta tese, assim como o que foi observado nos limites das duas microbacias hidrográficas, para que permaneçam os reservatórios naturais desse tipo, em locais acometidos por é necessário recuperá-los e nos locais que ainda se tem floresta deve-se cumprir o estabelecido nas legislações ambientais.

Sendo assim, compreende-se, que para manter a qualidade ambiental das microbacias hidrográficas em assentamentos agrários como a Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá, que são modeladoras do PA Vila Amazônia, após tantas evidências de degradações inclusive nas APP, é necessário que a sociedade reivindique o efetivo cumprimento da política socioambiental.

Portanto, pela problemática aqui analisada exigem-se ações urgentes de políticas compromissadas com a qualidade de vida das pessoas e dos ambientes (sistemas hídricos), dando suporte para a recuperação, para a manutenção e preservação destes, porque eles são fundamentais à continuidade do modo de vida da realidade em evidência.

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab' SABER, A. N. (1967). *Problemas geomorfológicos da Amazônia Brasileira*. In: **Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica**, Conselho Nacional de Pesquisas, Rio de Janeiro.
- _____. (1977). *Potencialidades Paisagísticas brasileiras*. **Geomorfologia**, n. 55, p. 1-25.
- ALMEIDA, A. Q.; SANTOS, A. R.; PEZZOPANE, J. E. M. (2007). *Comparação entre áreas de preservação permanente demarcadas de diferentes escalas topográficas*. **Revista capixaba de Ciência e Tecnologia**, 3:1-8.
- ARAUJO, F. C. de (2006). **Reforma Agrária e Gestão Ambiental: Encontros e Desencontros**. [Dissertação de Mestrado]. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília.
- BARBOSA, G. V.; RENNÓ, C. V.; FRANCO, E. M. S. (1974). *Geomorfologia da Folha SA-22 Belém*. In: **Levantamento de Recursos Naturais, Folha SA.22 Belém**, Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, Projeto Radam, v. 5, Rio de Janeiro.
- BERQUE, A. (1998). *Paisagem-marca, paisagem-matriz: elementos da problemática para uma geografia cultural*. In: CORRÊA, R. L. e ROSENDAHL, Z. **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: UERJ. p. 84-91.
- BRASIL. Decreto nr. 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro (RJ), 9 de Fevereiro, 1934
- . _____. Lei nr. 7.803, de 18 de julho de 1989. *Altera a redação da Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs. 6.535, de 15 de junho de 1978, de 15 de junho de 1978 e 7.511, de 7 de julho de 1986*. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília (DF), 20 de julho de 1989.
- _____. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. *Institui o novo Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei n. 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o imposto sobre a propriedade territorial rural – ITR, e dá outras providências*. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília (DF), 16 de set. 1965.
- _____. Medida Provisória n. 1.956/50, de 27 de maio de 2000. *Altera os arts. 1º, 4º, 14º, 16º e 44, e acresce dispositivos à Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10º da Lei n. 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o imposto sobre a propriedade territorial rural – ITR e dá outras providências*. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília (DF), 28 de maio de 2000.
- _____. Resolução do CONAMA 302, de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno**.

_____. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. *Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília (DF), 28 de maio de 2012.*

_____. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. *Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília (DF), 18 de outubro de 2012.*

BEMERGUY, R. L. 1981, **Estudo sedimentológico dos paleocanais da região do rio Paracauari, Ilha do Marajó – Estado do Pará.** Dissertação (Mestrado), Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém (PA).

BERTRAND, G. (1972). *Paisagem e geografia física global: esboço metodológico.* **CADERNO DE CIÊNCIAS DA TERRA**, n. 13, p.1-27.

_____(1972b) *Les structures naturelles de l'espace géographique: l'exemple des montagnes cantabriques centrales (nord-ouest de l'Espagne).* **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, v. 43, n. 2, p. 175-206.

_____(1968). *Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique.* **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, v. 39, n. 3, p. 249-272.

BERNALDEZ, F.G. (1981). **Ecologia y paisaje.** Madrid: H. Blume Ediciones.

CHISTOFOLETTI, A. (1999). **Modelagem de Sistemas Ambientais.** IGC-UNESP:Edgard Blucher.

_____(1980). **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blucher, 2.ed., 1980. In: Cap. 4, p. 102-125.

CONCEIÇÃO, R.S.; COSTA, N.M.C.; COSTA, V.C.(2010). *A importância da evolução do uso do solo como geoindicador para o planejamento do Ecoturismo em Unidades de Conservação: aplicação no Parque Estadual da Pedra Branca (RJ).* **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.3, n.3, p.408-427.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA (1998). **Reserva legal: aspectos técnicos e jurídicos.** Brasília (DF). [Revisão bibliográfica].

COSTA, T. C. e C. da; SOUZA, M.G.; BRITES, R.S.(1996). *Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas.* In:

Anais VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Salvador, Brasil, INPE, p. 121-127.

_____; SANTOS, P. R. A. dos; GUIMARÃES, S. P. (2005). **Extração de variáveis topográfica do modelo digital de elevação SRTM para o Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

CROSTA, A.P. (1993). **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas (SP):IG/Unicamp.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/ (EMBRAPA);INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE (2011). *Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia: Sumário Executivo*.**Projeto TerraClass 2008**. Ministério do Meio Ambiente(MMA)/ Centro Regional da Amazônia(CRA/INPE-Belém-PA)/Embrapa Amazônia Oriental (Belém-PA)/Embrapa Informática Agropecuária(Campinas-SP), setembro.

FARINA, A.(1997). *Principles and methods in landscape ecology*. **Chapman and Hall**. Londres (UK): Chapman & Hall,

FEARNSIDE, P. M. (1986). *Settlement in Rondônia and the token role of science and technology in Brazil's Amazonian development*. **INTERCIENCIA**, 11(5), p.229–236.

FORMAN, R.;GODRON, M. (1986). *Landscape Ecology*. **John Wiley & Sons**, New York, USA.

FLORENZANO, T. G. (2002). **Imagem de Satélite para estudos ambientais**. São Paulo:Oficina de Textos.

GUERRA, A. J.; CUNHA, S. B. da (1994). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

JANSEN, J.R.(1986). **Introductory digital image processing**. New Jersey: Prentice Hall.

JUNK, W. J. (1983). *As águas da região amazônica*. In: SALATI, Eneas (coord.). **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense; Brasília: CNPq, p. 45-100.

LAGEOP – LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO (2007). **Manual Operacional do Programa Vista SAGA**. Rio de Janeiro: LAGEOP / UFRJ.

LANG, S.; BLASCHKE, T.(2009). **Análise da paisagem com SIG**. [Tradução: Hermann Kux], São Paulo: Oficina de Textos.

LAUS Neto, J. A. (1996). *A fisiografia como ferramenta para o planejamento do uso da terra em microbacias hidrográficas – I. Agropecuaria Catarinense*, v.9, n.4, dez.

LEITE, S. *et al.* (2004). **Impactos dos Assentamentos**: Um estudo sobre o Meio Rural brasileiro. São Paulo: Editora UNESP.

LEITE, T. A.; OLIVEIRA Neto, J. de.; NASCIMENTO, A. F. de J.; CHAGAS, R. M.; MÉLLO Jr., A. V. (2010). *Delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) com uso de geoprocessamento como subsídio à gestão dos recursos hídricos na bacia do Rio Jacaré*. In: **Encontro de Recursos Hídricos**, III, Aracaju (Sergipe), março, p. 24-26.

MAGALHÃES, C. S.; FERREIRA, M. A. (2000). *Áreas de preservação permanente em uma microbacia*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 1, n. 207, nov./dez, p. 33-39.

MAGALHÃES, J. P. (1998). **A Evolução do Direito Ambiental no Brasil**. São Paulo:Oliveira Mendes.

MARTINS, P. T. A.(2008). **Análise das intervenções antrópicas no manguezal do Rio Cachoeira, Ilhéus, Bahia**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Núcleo de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe.

MEGGERS, B. (1976). **Amazônia: a ilusão de um paraíso**. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP.

METZGER, J.P. 2001. *O que é ecologia de paisagens?* **Biota Neotropica**. v.1, n.1/2, dez.Disponível em:
<http://www.biotaneotropica.orgbr/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>.
Acessado em: 21/12/2010.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO/INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (2006). **II PLANO NACIONAL DE REFORMA AGRÁRIA**. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/downs/down/Caderno%20PNRA.pdf>.
Acesso em 08/01/2010.

NASCIMENTO. W. M.; VILAÇA, M. G.(2008). *Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento*. In: **Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, n. 7, maio.

NAVEH,Z.;LIEBERMAN, A.S(1984). *Landscape Ecology – Theory and Application*. **Springer-Verlag**, New York, USA.

PACHECO, J. B.; BRANDÃO, J. C. M.; CARVALHO, J. A. L. de (2011). *Geomorfologia Fluvial do rio Solimões/Amazonas: Estratégias do Povo Varzeano do sudoeste do Careiro da Várzea(2012)*. In: **III Seminário Ibero Americano de Geografia Física; VII Seminário Latino Americano de Geografia Física**. Universidade Federal do Amazonas/UFAM, Manaus (AM), 11-16 de junho.

_____;_____; BRANDÃO, C. A. P.; VIEIRA, J. A.(2011). *Água Azul e Água Verde e a ocupação da terras em áreas protegidas de sistemas hídricos*. In: **Revista Geográfica de América Central**. EGAL-XII Encuentro de Geógrafos de América Latina, Costa Rica/San Jose, II Semestre 2011, p. 1-12.

- _____;____; OLIVEIRA, J.A. (1996). *Uma cidade nas várzeas da Amazônia*. In: **Anais...** 10º CONGRESSO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, AGB, Universidade Federal de Pernambuco, julho, p. 12-24.
- _____;____ (1995). "*Terras Caídas*" e *conseqüências sociais: Curari - AM*. In: **Anais...** IV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO ESTADO DO AMAZONAS. *Manaus (AM)*, Setembro. p. 16-56.
- PIPII, L. G. A.; LIMBERGER, L. R. L.; LAZAROTTO, G. (2008). *Recursos para representação e análise da paisagem. Paisagem Ambiente: ensaios*. n. 25,São Paulo,p. 105 - 126 .
- PORRO, A. (1991). **História Indígena do Alto e Médio Amazonas - Séculos XVI a XVIII**.In:____O *Povo das Águas*. Rio de Janeiro:Vozes.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E.(2001). **Biologia da Conservação**. Londrina:Planta.
- RICHARDS, J. A.(1986). **Remote Sensing Digital Image Analysis**: na Introduction. New York:Springer Verlag.
- RICHARD, J. F.(1975). *Paysages, écosystèmes, environnement : une approche géographique. L'Espace Géographique*, 4 (2), p. 81-92.
- RODRIGUES, C.; ADAMI, S.(2005). *Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas*. In: VENTURI, L. A. B.. (Org.). **Praticando a Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 147-166.
- RODRIGUEZ, M. M.; SILVA,E. V. da (2002). *A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. Mercator Revista de Geografia*.Fortaleza (CE), Universidade Federal do Ceará/UFC, ano 1, n.1,p.95-112.
- ROOSEVELT, A. C. (1991). *Determinismo ecológico na interpretação do desenvolvimento social indígena da Amazônia*. In: NEVES, W. (Org.). **Origens, adaptações e diversidade biológica do homem nativo da Amazônia**. Belém: MPEG/CNPq. p. 103-142.
- SANTOS, P. R. A. dos; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L. C. de O.(2005). *Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2995, Goiânia. **Anais**. São José dos Campos: INPE. p. 4473-4480.
- SARAIVA, M^a da G. A. N. (1999). **O Rio como paisagem**: Gestão de corredores fluviais no quadro de ordenamento do território. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian e Fundação para a Ciência e Tecnologia.
- SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAM, M.B.; Neto, R.L.; MATOS, G.M.; VIDOTTI, R.M.; RAMOS,M.A.B. & Jesus, J.D.A. (2004). *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas- SIG e 46 folhas na escala 1:1.000.000. CPRM*, Brasília. 41 CD-ROMS.

- SHUBART, Herbert O. R. (1983). *Ecologia e utilização das florestas*. In: SALATI, Eneas (coord.). **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense; Brasília: CNPq, p. 45-100.
- SILVA, G. B. S. da; STEINKE, V. A. (2009). *Alterações na paisagem e seus impactos diretos nas áreas de preservação permanentes das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Taboca (DF): uma análise espaço-temporal 1964-2004*. **Caminhos de Geografia/Revista online**. Uberlândia, Instituto de Geografia UFU, Programa de Pós-graduação em Geografia, v. 10, n. 32 dez. p. 87 – 99. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html> Acessado em 10/09/2011.
- SIOLI, H. (2006). *Memorial: 50 anos de pesquisas em limnologia na Amazônia*. **ACTA AMAZ.** v. 36, n.3, Manaus (AM).
- ____ (1985). **Amazônia - Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Petrópolis: Vozes.
- ____ (1984). *O Amazonas e seus principais afluentes: tipos de rios, hidrografia e morfologia dos cursos dos rios*. In: **The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Editado pelo Autor. [Traduzido por ALR].
- SOARES, L. de C. (1991). *Hidrografia*. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – Diretoria de Geociências. **Região Norte**. v. 3. Rio de Janeiro: IBGE. p.73-121.
- SKORUPA, L. A. (2003) *Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável*. **Meio Ambiente: EMBRAPA**, Jaguariúna, dez.
- SOUZA Filho, P.W.M.; COHEN, M.C.L.; LARA, R.J.; LESSA, G.C.; Behling, H.; (2005). *Holocene Evolution and Facies Model of the Bragança Macrotidal Flat, Northern Brazil*. In: **Anais do 10º Congresso da ABEQUA**, Guarapari/ES - Brasil. Paper 301.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, A. (1990). **Ambiente Fluvial**. 2. ed. Florianópolis: UFSC.
- TRICART, J. (1977). *Tipos de planícies aluviais da Amazônia brasileira*. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro. 39(2): 3-40, abr./jun.
- ____ (1965). **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson et Cie. Ed.
- VALENTE, R. de O. A. (2001). **Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- VALERIANO, M.M. ; ROSSETTI, D.F. (2007). *Topographic modeling of Marajó island*. In: **Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**. Belém(PA), [Publicação digitalizada].
- XAVIER da Silva, J. (1992). *Geoprocessamento e Análise Ambiental*. **Revista Brasileira de Geografia**. 54(3): 47-61

___; CARVALHO-Filho, L. M. (1993). *Sistemas de Informação Geográfica: uma proposta metodológica*. **Anais** da IV Conferência Latino-Americana sobre Sistemas de Informação Geográfica. 7 a 9 de julho, São Paulo. p.609-628.

XAVIER da Silva, J.; MEDRONHO, R. A; SAITO, C. H.; ABDO, O. E.;PINTO, C. A. L.;JURBERG, R. (1996). *Mapeamento Sócio-Econômico Com Uso De Geoprocessamento - Estudo De Caso - Parque Fluminense, Duque De Caxias - Rio De Janeiro*. In: **Anais**. 1ª.SEGEO-RJ - Geoprocessamento: Mitos & Realidade. Clube de Engenharia/RJ. p. 120-130.

ZONNEVELD, I.S.(1990). *Scope and concepts of Landscape Ecology as an emerging science*. In: FORMAN, F. and ZONNEVELD, I.S.[editors]. **Changing Landscape: An Ecological Perspective**. New York:Springer-Verlag..p.3-20.

CAPITULO 3 - CONFIGURAÇÃO ATUAL DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL: uso e ocupação da terra *versus* cargas e concentração de sedimentos em suspensão

3. INTRODUÇÃO

O estudo dos sistemas hídricos é de grande importância para o conhecimento da dinâmica fluvial. É também útil para conhecer a interação entre os componentes que os fazem funcionar, assim como é uma contribuição para o planejamento de qualquer natureza que implique em ações antrópicas sobre aqueles, como no caso do uso e ocupação da terra.

Com relação aos sistemas hídricos e ao uso da terra a atenção deve ser redobrada, porque a água necessita de elementos dos subsistemas que lhes favoreçam a entrada, a permanência e/ou a circulação em uma rede hidrográfica como: os *processos hidrogeomorfológicos* – vertentes solos e rocha; *processos hidrológicos e vegetação*; e *processos geomorfológicos* de canal e de planície de inundação.

Para Costa *et al.* (1996) a cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente (APP) reduz os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, além de servir como regulador do fluxo hídrico, minimizando o assoreamento dos cursos d'água, bem como dos reservatórios, favorecendo diretamente à fauna que interage nessas áreas.

A vegetação ciliar nativa nas APP de microbacias hidrográficas, segundo Lohman (2003), regula o fluxo de água, de nutrientes e de sedimentos durante o carreamento gerado entre as áreas de platôs e o leito fluvial do seguinte modo:

- a) estabilizando as áreas críticas por meio da radicularização da vegetação;
- b) funciona como tampão e filtro das cargas detríticas;
- c) é parte importante no controle do ciclo de nutrientes na bacia hidrográfica;
- d) atenua a velocidade no processo de escoamento superficial;
- e) contribui para a estabilidade térmica nos pequenos sistemas hídricos.

A ausência dessas barreiras naturais provoca impactos de toda natureza. A esse respeito, Almeida (2000) relata que, a degradação ambiental põe em risco o ambiente do planeta e a permanência de seus habitantes.

Nesse contexto, se verifica em vários locais do planeta que, as sociedades humanas vêm se deparando com os problemas relativos às secas e às enchentes excepcionais, com a colmatagem de nascentes e de rios, que são causadores de outros efeitos como a destruição do ecossistema original das espécies e o desequilíbrio dos respectivos elementos edafoclimáticos.

Diante disso, o princípio dos estudos que enfocam esses aspectos deve atentar à sensibilidade que gera a ocupação antrópica em áreas entrecortadas por sistemas hídricos pelos motivos que discutem os seguintes estudiosos:

- Sioli (1975b) - a) por terem fluxos diretos, os sistemas hídricos recebem material da paisagem circundante e após o metabolismo orgânico e inorgânico dão o destino final para outros sistemas, sejam lacustres, sejam abertos como os oceanos; e b) devido à dependência do equilíbrio entre os aspectos morfológicos, propriedades físicas e químicas, que por sua vez são determinadas pela história geológica, litológica, climatológica, geomorfológica, pedológica e pela cobertura vegetal da área total de captação;

- Garcez e Alvarez (1988) – o comportamento hidrológico depende das características topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, térmicas, bem como, do tipo de cobertura da bacia;

- Tucci *et al.* (2001) – defendem que a qualidade das águas de uma bacia hidrográfica está na dependência da cobertura vegetal, da estrutura geológica e geomorfológica, do comportamento dos ecossistemas terrestres, assim como dos aquáticos e das ações do homem (lançamento de cargas nos sistemas hídricos, alteração do uso do solo rural e urbano, modificações no sistema fluvial etc.); e

- Kobiyama (2008), pela relação da capacidade de armazenagem da água em uma bacia hidrográfica, principalmente com o tipo e uso do solo, seja pela ação antrópica (áreas cultiváveis, destinadas ao lazer, comerciais, etc.) seja pelos usos da natureza (florestas, campos de altitude etc.).

O estudo de Fearnside (2005), indica que as áreas sem proteção eficiente de cobertura vegetal ou aquelas dominadas por pastagens influenciam no escoamento da água (ciclo hidrológico) na medida em que reduzem as recargas do lençol freático e, conseqüentemente diminuem a disponibilidade de água no canal fluvial.

Sendo assim, a ausência de vegetação permitirá o maior transporte de cargas detríticas que tem como destino final os rios por serem os receptores das águas pluviais. A respeito da ação destas, acontece na forma de pulsos a partir do índice e intensidade de precipitação.

Randhir *et al.* (2001), Stipp e Oliveira (2004) ressaltam que as bacias hidrográficas incluem variedades de elementos naturais, possibilitadores de serviços importantes para as pessoas e também para a funcionalidade dos respectivos ecossistemas.

Por outro lado, o uso inadequado da terra pelas práticas agrícolas, pecuária e outros acabam por gerar danos a esse ambiente natural. Nesse viés, Richard (1982) e Fernandez (1990) analisam que a intervenção das sociedades humanas no meio hidrográfico provoca

mudanças que alteram significativamente as condições naturais hídricas, forçando os rios a buscarem nova estabilidade que seja condizente às novas condições impostas.

Bordas e Semmelmann (1997) apontam como atividades que mais afetam o ciclo hidrossedimentológico, o desmatamento, a agropecuária e a construção de estradas etc. Esses impactos acontecem, porque as áreas estratégicas (Áreas de Preservação Permanente - APP) de um sistema hídrico devem ser mantidas pelos benefícios que elas oferecem como ressalta Skorupa (2003):

1) *A importância dos componentes físicos(solo e vegetação)*

Nas encostas acentuadas, a vegetação promove a estabilidade do solo; o emaranhado de raízes das plantas, evita a perda por erosão e protege as partes mais baixas do terreno e os cursos d'água etc.; na área agrícola, funcionam como quebra-ventos e, também, estabilizam os processos erosivos; nas áreas de nascentes, a vegetação amortecce a precipitação sobre o solo e evita a compactação; nas margens de cursos d'água ou reservatórios garante estabilização destas, evitando que partículas do solo seja levado diretamente para o leito fluviais; atua como um filtro ou como um sistema tampão; e regula o fluxo de água superficial e subsubperfcial, também do lençol freático de uma bacia hidrográfica;

2) *A relação dos serviços ecológicos prestados*

Geração de sítios para os inimigos naturais de pragas para alimentação e reprodução; fornecimento de refúgio e alimento (pólen e néctar) para os insetos polinizadores de culturas; refúgio e alimento para a fauna terrestre e aquática; corredores de fluxo gênico para os elementos da flora e da fauna pela possível interconexão das áreas de preservação permanentes (APP) adjacentes ou com áreas de reserva legal (ARL); detoxificação de substâncias tóxicas provenientes das atividades agrícolas por organismos da meso e microfauna associada às raízes das plantas; controle de pragas do solo; reciclagem de nutrientes; fixação de carbono, entre outros.

Sendo assim para qualquer estudo em redes hidrográficas é fundamental conhecer os dois ciclos importantes para a dinâmica dos rios: i) o *ciclo hidrológico* - um sistema fechado envolvendo vários comportamentos da água, expresso pela equação: $precipitação = escoamento + infiltração + evapotranspiração$; e, ii) concomitantemente ao ciclo hidrológico se desenvolve o ciclo hidrossedimentológico (**Fig. 3.1**).

Verifica-se no entanto que, mesmo os ciclos sendo simultâneos, há diferenças marcantes: o ciclo *hidrossedimentológico* é aberto - as partículas deslocadas, transportadas e depositadas não retornam ao meio de origem; o *ciclo hidrológico* é um sistema fechado cuja ciclicidade é incessante e necessária (SUGUIO e BIGARELLA, 1992; TUCCI, 1997).



Figura 3.1 – Função do Ciclo Hidrológico e do Ciclo Sedimentológico

Fonte: org. por PACHÊCO, J. B. 2012

Diante disto, a mecânica fluvial no ciclo sedimentológico é impulsionada pela força da energia contida na água sobre o ambiente hídrico. Este fato demonstra o quanto a capacidade do transporte dos sedimentos sólidos está intrinsecamente ligada ao entendimento da dissipação de energia, quer por atrito, quer por suspensão (TUCCI, 1997).

Partindo desses pressupostos, entende-se que o uso e a ocupação da terra é o fator decisivo do controle equilibrado na dinâmica de um sistema fluvial. Assim sendo, é importante compreender os processos e as formas imbuídas nesse processo. Nos rios, por exemplo, proporcional às condições implicadoras do seu balanço hídrico existem os fatores importantes para regular o tempo de transferência desse elemento, como:

- a) a vegetação nativa (da área de platô, vertente e de baixios) – serve de controle para a infiltração da água, a evapotranspiração, o balanço de energia e a descarga líquida/vazão;
- b) a natureza e a dimensão das estruturas geológicas – controla o armazenamento da água no solo, subsolo, além de determinar o fluxo de base dos tributários, assim como do canal principal de uma bacia hidrográfica;
- c) a distribuição e a quantidade de precipitações pluviais;
- d) o balanço de energia – volume de água perdida pela evapotranspiração está na dependência da energia solar disponibilizada, cobertura vegetal eficiente e características do solo;
- e) os ciclos biogeoquímicos – depende da interação das atividades do ecossistema (micro e macro fauna, micro e macro flora); e,
- g) a dinâmica fluvial (erosão, transporte, deposição) – reguladora da permanência da água, nas seções transversais e longitudinais em equilíbrio.

Partindo do exposto, na dinâmica fluvial de um sistema hídrico, os principais elementos responsáveis pelo comportamento do fluxo é a tríade cíclica realizada pela erosão⇒ transporte⇒ deposição, em que a água é o agente principal. Assim, no seu ciclo

hídrico é ela que precipita sobre o continente e nesse evento leva consigo diversos materiais intemperizados dos gradientes mais altos para os mais baixos até encontrar os canais dos rios.

Os sistemas hídricos (rios, lagos e outros corpos d'água) superficiais são também relevantes para o condicionamento socioambiental em equilíbrio. Caso haja impactos em qualquer seção fluvial haverá comprometimento em todo o funcionamento fisiológico e respectiva relação com seus serviços ecossistêmicos dessas unidades hídricas.

De acordo com a função deles, os sistemas/canais fluviais são os agentes geológicos mais importantes no transporte natural dos sedimentos, visto que a carga de detritos de diferentes granulometrias será conduzida a partir da relação da seção do canal com a velocidade do fluxo. Para Suguio e Bigarella (1990) este processo é desencadeado pelos sistemas fluviais de acordo com a sua competência (tamanho máximo de material pode ser movido) e a capacidade (volume de carga transportada).

Esses dois processos (competência e a capacidade) são os responsáveis pela carga detrítica transportada para levar de montante a jusante, por meio de dinâmicas distintas das cargas transportadas caracterizadas pelos locais de fluxos (SUGUIO e BIGARELLA, 1990; LEPSCH, 2002; CARVALHO, 2008):

a) *Carga de Fundo/Carga de leito* (partículas que variam de 0,05 mm a 1,9 mm - areias, de 2 mm a 19 mm - cascalhos, de 20 mm a 200 mm - fragmentos de rochas), desloca-se por deslizamento, rolagem ou saltamento;

b) *Carga Dissolvida* – são as partículas transportadas em solução química; e,

c) *Carga Sólida em Suspensão* – são as partículas menores que 0,002 mm (argila) e os siltes - 0,05 a 0,002 mm.

Ainda sobre as cargas sólidas em suspensão, esses autores, ressaltam que a condição de permanência em suspensão depende da natureza das partículas. Quando muito pequenas, exercem um movimento de subida e de descida na corrente acima do leito, condicionadas pelas componentes verticais das velocidades do fluxo turbulento, e por estarem sendo transportadas pelas outras componentes horizontais.

Tratando-se da carga de sedimentos em suspensão, para Carvalho (2008), o tamanho, a forma e a densidade das partículas influenciam na velocidade de sedimentação, por conseguinte, afetam na taxa de transporte e, conseqüentemente, o local, aonde irão se depositar. Todavia, tanto as cargas dissolvidas como as suspensas são transportadas na mesma¹⁰ velocidade em que a água flui (SUGUIO e BIGARELLA, 1990; CUSSLER, 1997).

¹⁰ Coeficiente de Difusão – relação entre a temperatura da água com o movimento das partículas em suspensão, as quais são sujeitas às constantes colisões com as moléculas da água, que estão agitadas termicamente. Pode ser explicado pelo cálculo do fluxo de deriva das partículas, que será compensado pelo fluxo difusivo proporcional ao gradiente da concentração de partículas em suspensão na água, tendo em vista, o alcance do equilíbrio (CUSSLER, 1997).

Christofoletti (1980) e Suguio (2003) defendem que o controle da descarga e do suprimento de sedimentos em suspensão provém das várias fontes, entre elas, os efeitos diretos do clima local e o da cobertura vegetal atuante sobre a superfície do terreno.

Relacionado a esse contexto, considera-se também que os sedimentos carreados poderão estar vindos de processos erosivos com magnitudes diversas. De acordo com as explicações de Foster (1982), Watson e Laflen (1986), de modo geral a erosão é um processo complexo, cuja intensidade com que esta ocorre dependente, basicamente, de três fatores: chuva, tipo do solo e características da superfície do solo.

Os estudos de Suguio e Bigarella(1990); Christofoletti (1980) e Brito *et al.* (2009) inferem a respeito das características normais dos sedimentos transportados por um rio, as quais dependem de fatores como a velocidade média da corrente (resultante da declividade média), o material segunda microbacia, o tipo de clima e a cobertura vegetal da bacia de drenagem.

De modo geral, Haan, Barfield, Hayes (1994); Raudkivi (1998); e Wiegand (2009), concordam com a indicação sobre os sedimentos produzidos pelos agentes já apontados, mas acrescentam que estes assumem aspectos definidos pelos processos de suspensão, de transporte e de deposição, os quais ocorrem a partir das condições de fluxo e das propriedades desses materiais. Isto porque, uma partícula de solo, ao ser despreendida pela erosão, tornar-se-á parte do fluxo hídrico e poderá ser transportada por alguns milímetros ou até centenas de quilômetros.

Haan *et al.* (1994) explicam que a capacidade das partículas para serem conduzidas às longas distâncias depende da capacidade do transporte dos sedimentos de fluxo, controlada por fatores que poderão ser agrupados em três categorias: 1) as propriedades fluidas; 2) as características do sedimento; e 3) os parâmetros hidráulicos associados com o trajeto do fluxo.

Do ponto de vista da quantificação para análise, há vários entendimentos conceituais sobre a *produção de sedimentos*, entre os quais:

a) Vanoni (1977) define como o total de *descarga efluente de sedimentos*, proveniente de uma área de contribuição medida em um ponto de referência, coletados por um período específico de tempo, pode ser expressa em valores absolutos (ton/ano) ou em termos de área específica (ton/ha/ano);

Esse autor ressalta que a produção de sedimento de uma bacia não representa o material da erosão total, pois parte das partículas é depositada antes de alcançar o canal principal;

b) Verstraeten e Poesen (2001) tratam essa produção de sedimentos *como o resultado de uma série de processos de erosão e deposição*. Entendem que há

dependência das variáveis que afetam a erosão e o transporte difuso e/ou concentrado. Para estes, a erosão do solo é influenciada pela topografia local, propriedades do solo, fatores climáticos e o da cobertura vegetal. Já o transporte dos sedimentos é influenciado pela morfologia da bacia, características da rede de drenagem, e, pelo uso do solo;

c) Carvalho (2008) nomina a carga das partículas como a produção de sedimento ou o rendimento sólido e conceitua como a *quantidade total de sedimento afluente de uma bacia hidrográfica* em um ponto de referência, por período específico, sendo igual à descarga sólida dividida pela área de drenagem.

Em se tratando da Amazônia, onde se concentra uma rede hidrográfica complexa e peculiar, para realizar qualquer estudo relacionado aos seus sistemas hídricos, deve-se considerar as diferenças tipológicas classificadas por Sioli (1985): rios de águas claras e/ou transparentes (cor *verde oliva/esmeralda*); de águas pretas (cor *marrom/café fraco*), rios de águas brancas (cor *turva/amarelada*). Esses rios modelam a paisagem de dois grandes ecossistemas:

1) *rios das várzeas/planícies de inundação* – são aqueles de cor *turva/amarelada*, caracterizados pelo grande transporte de sedimentos sólidos em suspensão, provenientes da dinâmica fluvial em canais com aluviões e advindos das morainas da Cordilheira Andina. São rios que chegam a formar *ondulações gigantes* com variações entre 180 a 600 metros de comprimento por 6 até 12 metros de altura, a exemplo do rio Amazonas/Solimões (SIOLI, 1984 e 1985; IRION, 1976b *apud* SIOLI, 1984; SOARES, 1991);

2) *rios de terra firme* (afluentes nas sub-bacias) são também denominados regionalmente de igarapés¹¹. Diferente dos rios de águas brancas, esses rios/igarapés, carregam poucos sedimentos em suspensão, por serem de origem geológica mais antiga. A zona do leito de fundo é construída sobre camada arenosa, bordejada por uma vegetação inundada (mata de igapó) que junto com a química da água estão isentos de médias e de grandes cargas de partículas em suspensão. Tanto é que as praias formadas nas bordas justafluviais são um produto da erosão local como escreve Sioli (1984):

A areia das praias [...] não é uma acumulação da carga de fundo do rio. Tempestades levantam a água da superfície em ondas de 1-2 metros de altura. Durante a estação de água alta as praias estão submersas, a arrebentação ataca diretamente a terra-firme e forma muitos barrancos íngremes [sic] e altos que cortam a formação barreiras. As partículas finas de material liberado são levadas longe para a água aberta e lá sedimentam, enquanto que as mais grosseiras, areia, assentam próxima da margem e formam as praias. (p.30)

Ainda no contexto dessa tipologia das águas amazônicas e a relação com a geração natural das cargas de sedimentos transportados em suspensão, de acordo com os estudo

¹¹ **Igarapé**, mesmo que arroio, ribeirão ou ribeira. Na Amazônia é empregado este nome aos cursos d'águas dos ecossistemas de terra firme, caracterizados por pouca profundidade e por divagarem no interior da floresta. *Igarapé* – nome de origem Tupy e adotada também na língua *nheengatu*: *Igara* canoa pequena e *pé* – caminho. (PACHÉCO, J.B., 1998).

de Sioli (1975), Filizola (1999 e 2005), Mead *et al.* (1979), Schimidt (1972), o Relatório Final do Projeto GEF Amazonas – OTCA/PNUMA/OEA (ANA, 2006) organizou as características com a identificação dos principais rios da bacia hidrográfica do rio Amazonas (**Tabela 3.1**). Também os registros sobre os sedimentos em suspensão medidos nesses rios amazônicos fazem parte dos trabalhos de Filizola e Guyot (2004 e 2011):

Tabela 3.1 – Taxas das cargas de sedimentos transportados em suspensão (Css) de acordo com a tipologia dos rios Amazônicos

TIPO DE ÁGUA	RÍO TÍPICO	ORIGEM DAS ÁGUAS	CARGA DE STS (mg/l)
Branca/Turva	Solimões, Madeira, Jurua e Purus	Andiana e sub-andina	>100
Clara/Transparente	Trombetas, Tapajós e Xingu	Escudo do Brasil Central	<100
Preta	Negro, Uatumã e Urubu	Escudos Guianos em solos arenosos	<10

Fonte: Org. PACHECO, J. B. com base principal no PROJETO GEF AMAZONAS – OTCA/PNUMA/OEA (ANA, p.17, 2006)

Com esses dados permite-se analisar que toda carga gerada de sedimentos transportados em suspensão acima do que apresenta na **Tabela 3.1**, em específico, para os rios de tipologia *águas claras/transparentes* - considerando a sua área/seção molhada (km²) - provocará comportamento que interferirá na dinâmica fluvial e também o ponto de vista socioambiental, como já citado pelos autores abordados.

Sendo assim, fundamentado a partir do contexto descrito e para configurar a dinâmica fluvial, este capítulo objetiva quantificar as concentrações e as cargas dos sedimentos sólidos em suspensão (partículas entre 0,05 - 0,002/mm e menores que 0,002/2 μ) que são transportadas ao longo do perfil longitudinal das microbacia hidrográfica Zé Açú e Tracajá, bem como, a relação com o uso e a ocupação da terra.

3.1 Área de Estudo

As microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá que, fazem parte do estudo do uso e ocupação da terra, estão posicionadas de montante a jusante (leste/sudeste) do Projeto de Assentamento Vila Amazônia e ficam, na divisa so estado do Amazonas (Parintins), com o estado do Pará-Brasil.

3.1.1 Características fisiográficas das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá

a) Relevo - é caracterizado conforme as fases identificadas na área de estudo e transcritas no PRA/INCRA (2007):

⇒ PLANO: superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades compreendidas entre 0 e 3%;

⇒ SUAVE ONDULADO: superfície de topografia pouco movimentada, formada por conjunto de colinas e outeiros (elevações de altitudes relativas da ordem de 50 a 85 metros, respectivamente) , com declives entre 3 e 8%;

⇒ ONDULADO: superfície de topografia pouco movimentada, formada por conjunto de colinas e outeiros, apresentando declives compreendidos entre 8 e 20%;

⇒ FORTE ONDULADO: superfície de topografia movimentada, formada por outeiros, morros e encostas (elevações de altitudes relativas da ordem de 90 a 120 m, respectivamente), com declives compreendidos entre 20 e 45%.

b) Tipologia dos solos (TEIXEIRA, *et al.*,2010; PRA/INCRA, 2007)

◇ *Espodosolos* - são solos predominantemente arenosos, com acúmulo de matéria orgânica e compostos de ferro e/ou alumínio em profundidade. Esses solos, pela textura arenosa e estrutura em partículas soltas, apresentam reduzida capacidade de armazenamento de água.

Devido a isto, a vegetação que cresce nesses locais sofre períodos de estresse por deficiência de água nos períodos de estiagem. Não é recomendado o uso agrícola devido a textura arenosa que torna a fertilidade natural muito baixa, reduzida capacidade de reter água e nutrientes. Por outro lado, no horizonte espódico cimentado (*orstein*), há limitações de drenagem que os leva a ficar encharcado temporariamente no período de maiores precipitações.

◇ *Latossolo Amarelo Distrófico* - são os solos constituídos por material mineral, com horizonte *B* latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto *H* hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo (salvo minerais pouco alteráveis).

Quanto à morfologia os latossolos amarelos distróficos são descritos na área das referidas microbacia hidrográficas como: a) horizontes – A1 - 00 – 16 cm, bruno escuro (10YR 3/3); franco arenoso; maciço poroso; muito friável; não plástico e não pegajoso; transição palna e clara; e, B1 — 43 - 80cm - bruno amarelado (10YR 5/4), franco arenoso, maciço poroso, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso, transição plana e difusa; b) textura: (LAa1); textura média + Areias Quartzosas Distrófica, ambos a proeminente e moderado; (LAa3), concrecionário - a moderado, textura argilosa e muito argilosa; (LAa4), concrecionário - a moderado, textura média; (LAa5) – a moderado e proeminente, textura muito argilosa.

3.1.2 Aspectos Sazonais

Os perímetros que abrangem as duas microbacias têm a influencia regional própria da Amazônia, cujas características marcantes estão distribuídas em dois períodos sazonais/anuais: 1) período cheia fluvial/enchente – de dezembro a junho; 2) período de vazante fluvial/ seca- de julho a novembro.

O regime dos rios amazônicos, entre eles os que fazem parte das microbacias hidrográficas denominados de *igarapés*, acompanha os dois períodos caracterizados pela pluviometria - período chuvoso e período de estiagem.

3.1.3 Fisiográfica da Área Estudada

A morfogênese das microbacias hidrográficas Tracajá e Zé Açú é definida pela posição na estrutura geológica, cuja maioria dos seus tributários é do tipo *subsequente* ao rio principal (*consequente*).

Por outro lado, o padrão morfogenético dessas microbacias hidrográficas indicado pela posição de suas calhas fluviais principais é do tipo *obsequente* (padrão de montante a jusante ao contrário do rio *consequente*) e, do rio principal da bacia hidrográfica do Amazonas é *consequente*.

Explica-se esta padronagem porque as calhas principais da Mbh Zé Açú e da Mbh Tracajá e a maioria da malha hídrica destas estão em posição contrária ao canal fluvial do rio Amazonas/Solimões. Por essa condição, as Mbh necessitam do paraná do Ramos para conduzir sua descarga sólida e líquida para o curso inferior deste grande rio. Essa característica de padronagem se desenvolve sobre rochas de resistência uniforme.

O padrão geométrico é o dendrítico, porém em ambas Mbh apresenta parte de seus canais formando ângulos de 90⁰ graus como desenham os altos cursos do tributário igarapé Açú (curso médio do Zé Açú) e no curso superior do Tracajá. Esse padrão morfométrico é uma anomalia atribuída aos fenômenos tectônicos de acordo com as descrições apresentadas por Suguio e Bigarella (1990).

3.1.4 Similaridades hidrográficas entre as microbacias Zé Açú e Tracajá

Do ponto de vista geomorfológico as microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá estão inseridas na depressão Amazônia Ocidental que bordeja a bacia sedimentar Amazônica.

O substrato geológico dessas Mbh é composto por sedimentos oriundos da Formação Alter do Chão/Barreiras, cuja composição é do tipo areia argilosa e limosa, às vezes, consolidada em folhelhos de arenito ferruginoso, com camadas lenticulares de seixos silicosos. Esse material tem origem nos depósitos do Cretáceo Superior e Terciário Inferior. Os estudos de Tricart (1977) caracterizam essa formação com pouca resistência à incisão dos canais fluviais, por serem rochas laterizadas recobertas por solos amarelados do tipo Latossolo e, também, pelos Espodossolos (CUNHA, *et al.*, 1994).

A morfogênese de ambas, principalmente, da sub-bacia Mamuru da qual faz parte a Mbh Tracajá e, também, a Mbh Zé Açú tem a característica de *ria fluvial interior Amazônica*. Na Amazônia as *rias fluviais* são originárias das oscilações glacioeustática do continente no quaternário, que são definidas por seus vales encaixados e em trechos muito dilatados

na desembocadura, formando um lago e abrindo nesta direção como um delta (SIOLI,1985; RUELLAN,1945).

3.1.5 *Distinções hidrográficas (Zé Açú e Tracajá)*

A diferença entre esses dois sistemas hídricos está na posição hidrográfica, no perímetro e na função hidrológica:

a) a microbacia hidrográfica Tracajá é uma rede de drenagem tributária do curso inferior da sub-bacia Mamuru. Por isso ela tem a função de conduzir ao paraná do Ramos todo o escoamento da água de toda rede hidrográfica;

b) a microbacia hidrográfica Zé Açú é um sistema com hierarquia fluvial própria e faz seu escoamento direto ao mesmo paraná do Ramos que deságua no rio Amazonas/Solimões; e,

c) a microbacia Tracajá é duas vezes maior (km²) do que a Mbh Zé Açú.

3.1.6 *Condição da microbacia hidrográfica Tracajá como a segunda microbacia*

A escolha da microbacia hidrográfica Tracajá como a segunda microbacia de estudo decorre de servir como parâmetros gerais analíticos no que segue:

i) aos aspectos fisiográficos e geológicos semelhantes aos da Mbh Zé Açú;

ii) por não apresentar impactos de assoreamento na altura da superfície das bordas do leito menor e no centro do leito fluvial, bem como, erosão do tipo *voçoroca* nas áreas de platôs, encostas ou em qualquer outra área; e,

iii) devido modelar o mesmo assentamento agrário (PA Vila Amazônia), incluído na política de reforma agrária do governo federal, da mesma maneira que a Mbh Zé Açú.

3.2 **METODOLOGIA**

3.2.1 **Procedimentos Metodológicos**

Os registros das cargas de sedimentos sólidos transportados em suspensão (Q_{Sts}) foram obtidos adotando-se um conjunto de critérios teóricos, tomando por base Cunha e Guerra (1997), Brandão (1998), Carvalho (1980) e Santos *et al.* (2001). Tais critérios são: perfilamento longitudinal das calhas principais das duas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá; área com acesso fácil aos postos fluviométricos; faixa fluvial onde o fluxo de energia, o perfil transversal e a lateral são razoavelmente equilibrados do ponto de vista da geomorfologia fluvial; e. a ausência da obstrução à jusante.

O perfil longitudinal das referidas microbacias foi elaborado com dados da carta topográfica do Ministério do Exército (Diretoria de Engenharia e Comunicações), em escala de 1:50.000. Na medida do comprimento do canal foi utilizada a ferramenta régua, do ArcGis. Esses dados foram conduzidos ao Excel para a obtenção do perfil (**Fig. 3.2 e 3.3**).

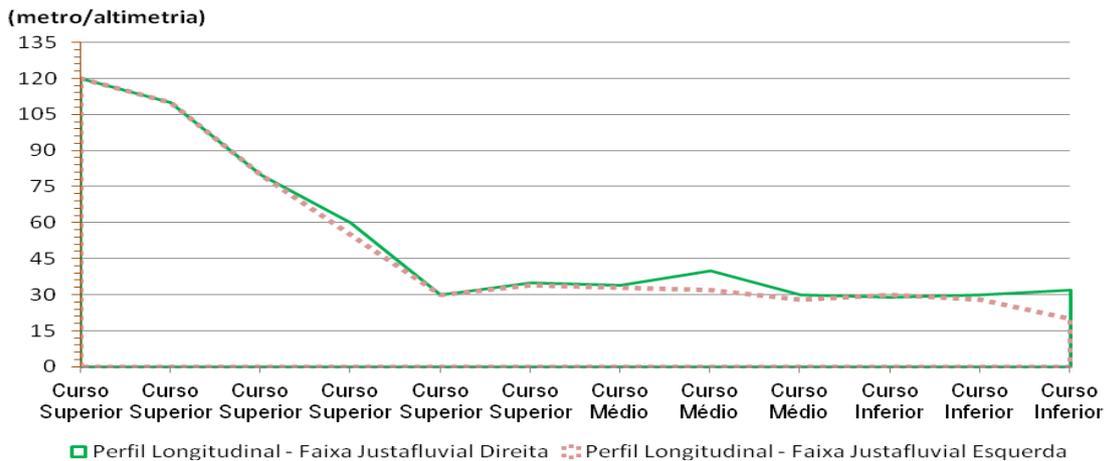


Figura 3.2 – Perfil Longitudinal Mbh Tracajá

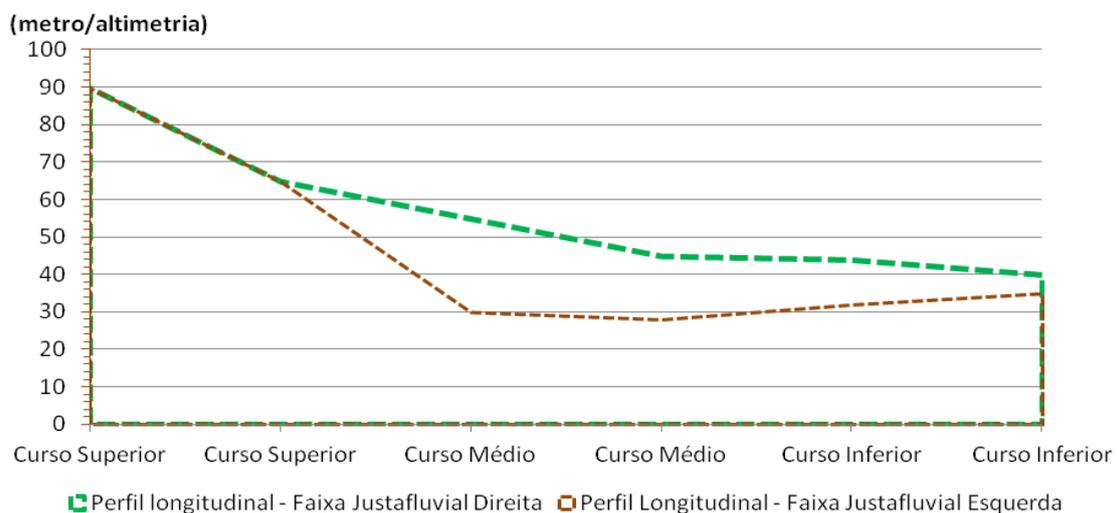


Figura 3.3 – Perfil Longitudinal da Mbh Zé Açú

Por perfil longitudinal entende-se a relação entre a altimetria no ponto da nascente principal e seguindo (comprimento) até a foz de um canal fluvial. Para estudos técnicos e científicos uma das formas indicadas é definir o perfil longitudinal para assim classificar as três seções fluvias denominadas de cursos fluviais.

Os cursos fluviais das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá foram definidos considerando a média geométrica da largura do canal (secção transversal), profundidade (verticais) e velocidade de fluxo, tomando por base os estudos de Leopold *et al.* (1995), Christofolleti (1980), Suguio e Bigarella (1990), Souza *et al.* (2011) e, Melo e Goldfarb (2012), considerando:

- **curso superior** – seção que inclui os altos cursos e a nascente principal, parte do rio com maior inclinação, cujo vale é mais estreito e a velocidade de fluxo maior;

▪ **curso médio** – é a parte do rio onde o terreno suaviza a inclinação, as águas perdem força, a profundidade é maior e o perfil transversal se alarga o dobro do que o curso superior;

▪ **curso inferior** – é a seção que inclui as zonas mais próximas da desembocadura, cuja inclinação do terreno torna-se quase nula. A Mbh Zé Açú tem na foz em estuário por conta de um cinturão deposicional que dificulta o escoamento livre no período de vazante fluvial. A Mbh Tracajá tem a foz em delta, portanto, livre de sedimentação.

Seguindo as orientações descritas os postos fluvio-hidrométricos foram edificados para os registros das cargas (Q_{sts}) e das concentrações de sedimentos sólidos em suspensão (C_{sts}) foram obtidas pelo uso das técnicas específicas destacadas a seguir

3.2.1.1 Pontos de medidas hidrossedimentológicas - vazão, perfil transversal, coleta e tratamento das amostras para o devido cálculo

Foram selecionadas três seções ao longo do perfil longitudinal, nas faixas justafluviais, direita e esquerda, para postos de coletas fluvio-hidrométricos: entre o final curso superior e o início do curso médio; no final do curso médio e início do curso inferior, e no curso inferior obedecendo o mínimo de 200 metros antes da foz (**Fig.3.4**).

Coordenadas Geográficas dos Postos Fluvio-hidrossedimentológicos

a) Microbacia hidrográfica Zé Açú

⇒ Posto 01 no curso superior (P1): faixa justafluvial direita - $56^{\circ}57'998''W$ e $2^{\circ}68'189''S$; faixa justafluvial esquerda - $56^{\circ}58'071''W$ e $2^{\circ}68'392''S$.

⇒ Posto 02 no curso médio (P2): faixa justafluvial direita - $56^{\circ}61'409''W$ e $2^{\circ}67'33,353''S$; faixa justafluvial esquerda - $56^{\circ}61'54''W$ e $2^{\circ}67'881''S$.

⇒ Posto 03 no curso inferior (P3): faixas justafluvial direita - $56^{\circ}64'984''W$ e $2^{\circ}64'246''S$; faixas justafluviais à esquerda - $56^{\circ}65'533''W$ e $2^{\circ}64'382''S$.

b) Microbacia hidrográfica Tracajá (segunda microbacia)

⇒ Posto 01 no curso superior (P1): faixas justafluviais à direita - $56^{\circ}64'098''W$ e $2^{\circ}78'794''S$; faixas justafluviais esquerda - $56^{\circ}64'704''W$ e $2^{\circ}78'87S$.

⇒ Posto 02 no curso médio (P2): faixa justafluvial direita - $56^{\circ}66'604''W$ e $2^{\circ}79'955''S$; faixas justafluviais à esquerda - $56^{\circ}66'654''W$ e $2^{\circ}80'213S$.

⇒ Posto 03 no curso inferior (P3): faixas justafluviais à direita - $56^{\circ}74'518''W$ e $2^{\circ}80'303''S$; faixas justafluviais à esquerda - $56^{\circ}75'027''W$ e $2^{\circ}81'161''S$.

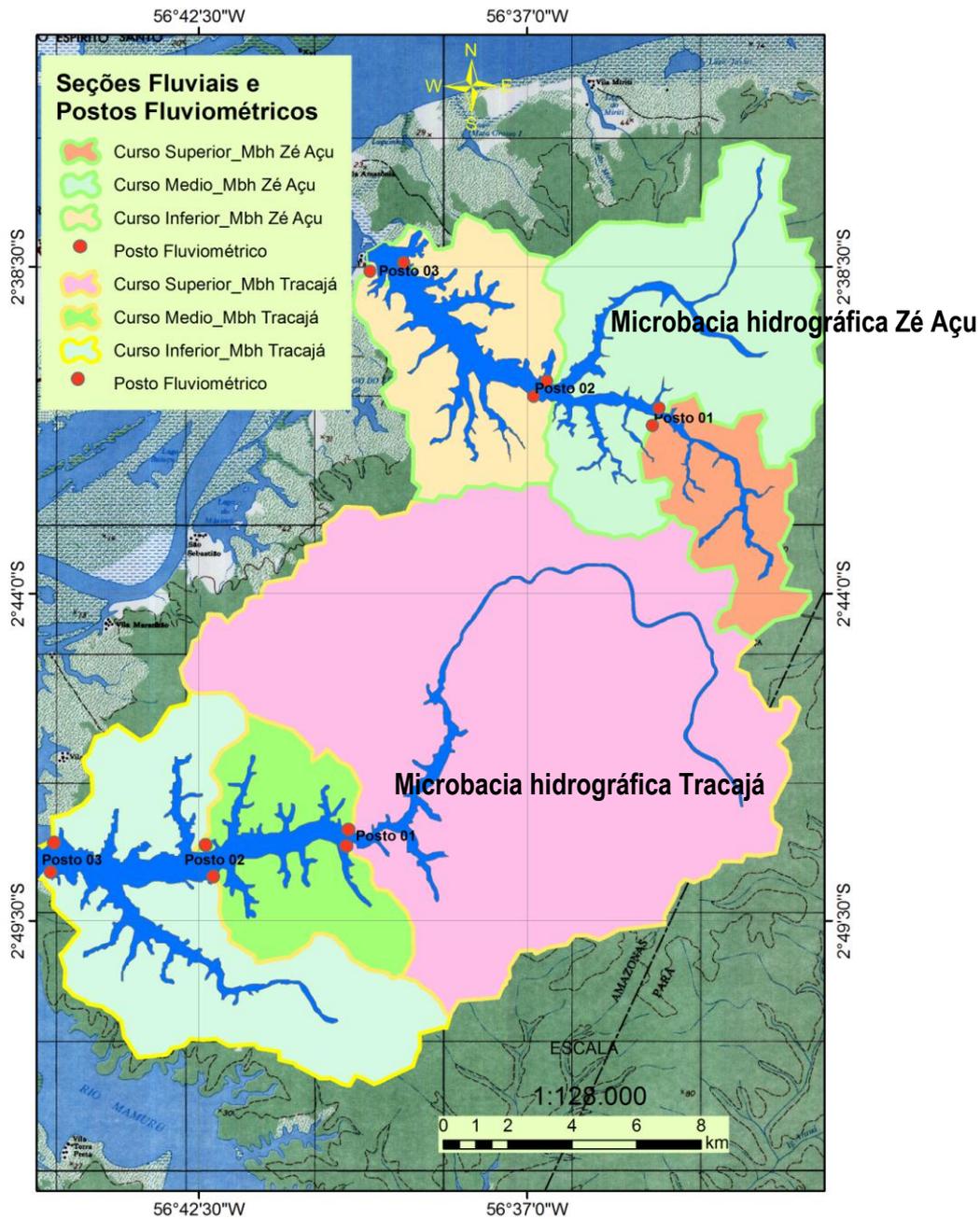


Figura 3.4 – Seções Fluviais e/ou Cursos Fluviais e Postos Fluviométricos das Mbs Zé Açú e Tracajá
 Fonte: Carta do Ministério do Exército 1:50 000. Org. PACHECO, J.B. (2012)

3.2.1.2 Elementos constituidores dos Postos Fluviométricos

Instrumentos de medidas fluvio-hidrosedimentológicas:

- Baliza Fluviométrica (Fig. 3.5) - Cada posto foi marcado com duas balizas, uma em frente à outra em cada curso fluvial (superior, médio e inferior), totalizando seis (06) balizas por microbacia hidrográfica.

Características do instrumento – As balizas foram construídas em madeira resistente, medindo 2,50 metros de comprimento, com 10 cm X 10 cm de espessura, constituída de gravação padrão da medida métrica de (200 cm). Nos primeiros 5cm

superiores, foi afixada uma placa com 50 cm X 20 cm contendo a identificação de cada Posto e nos 50 cm finais foi apontada para fixar no solo



Figura 3.5 – Baliza/Régua Fluviométrica

Fonte: org. PACHÉCO, J. B./2011

A instalação das balizas fluviométricas foi realizada dentro das condições indicadas por Santos *et al.*(2001), no que se refere à distância e à morfologia ideal para edificá-la na faixa justafluvial.

Antes de optar pelas referidas balizas de madeira, no mês de junho de 2010 foram afixadas as primeiras balizas de testes, usando como material o cano PVC de 4 polegadas, preenchidos com argila. Esse material não foi aprovado devido à vulnerabilidade aos ventos e ao movimento da água, este é um fator provocador das perdas de 80% dessas.

- Ecobatímetro modelo Garmin ECHO 500c acoplado a uma canoa de alumínio de cinco metros e meio com motor de popa 15 Hp - técnica de batimetria para medidas verticais e transversais com o uso de ecobatímetro.

A batimetria da seção transversal consiste em um levantamento detalhado da seção molhada, parte submersa da seção transversal. Em outras palavras, este é o método para medir a profundidade da água pela medida do intervalo de tempo necessário para ondas sonoras emitidas pelo referido aparelho a uma velocidade conhecida. No caso deste estudo, as medidas ocorreram das balizas que estão na faixa justafluvial esquerda (Ponto Inicial - PI) até a faixa justafluvial direita (Ponto Final – PF) e vice-versa, prosseguindo até ao leito do rio (largura).

- O uso do molinete fluviométrico (Modelo MLN-7) - Registros de vazão ($Q_L = m^3/s$ e ou L/s) de dezembro a agosto/2010-2011. De set. a nov./2010 foi utilizada a técnica de flutuador (uma bola de material plástico com 10 cm diâmetro + 2 bóias + 2 âncoras de 3 kg, 5kg e 10 kg + um novelo de linha sintética com 10 metros entre as bóias e, após estas, 30

metros seguras nas ancoras), da mesma forma ao que foi aplicada na microbacia hidrográfica do Igarapé do Quarenta (BRANDÃO, 1998);

No período da vazante crítica não foi possível usar o molinete devido os referidos rios estarem em leito menor, com cotas de água inferiores a 1,50 m. Desse modo, registraram-se as medidas com a técnica do flutuador. Pelo fato de se ter Postos em três seções (curso superior, médio e inferior) de cada microbacia hidrográfica, foi feito o uso de um flutuador/bola para cada posto, calibrado com a água do respectivo local.

• Cone de IMHOFF¹² - Coleta de sedimentos sólidos transportados em suspensão (STS). - Durante seis meses foram feitos testes neste Cone para identificação dos sedimentos sólidos com granulometrias superiores a 0,002 mm (areia fina, areia grossa etc.), não sendo identificada nenhuma partícula com diâmetro maior que 0,002. Os sedimentos transportados em suspensão (sts) de menores granulometrias. Foram coletados durante os 13 meses (julho de 2010 a julho de 2011) em Amostrador de Sedimentos em Suspensão DH-48 (setembro a novembro/2010) e DH59 (julho, agosto e dezembro/2010; janeiro-julho/2011).

3.2.1.3 Registros Fluvio-hidrométricos

As medidas de concentração de sedimentos transportados em suspensão (C_{sts}) e de carga de sedimentos transportados suspensos (Q_{sts}), o perfil transversal e a descarga líquida/vazão foram realizadas no período consecutivo de treze campanhas mensais, contemplando a sazonalidade anual marcante dos rios da Amazônia: período de vazante/seca fluvial – agosto a novembro/2010 e o período da cheia/enchente fluvial - de dezembro até julho/2010 e 2011.

3.2.1.4 Tratamento das amostras de sedimentos suspensos - As amostras de sólidos em suspensão foram coletadas no curso superior, médio e inferior de cada microbacia hidrográfica (Zé Açú e Tracajá). Foram tratadas com a mesma técnica de filtragem em dois laboratórios distintos:

a) No Laboratório de Química do Centro de Estudos Superiores de Parintins/Universidade do Estado do Amazonas – uso das amostras de sedimentos em suspensão de julho/2010 a janeiro/2011; e,

b) No Laboratório de hidrossedimentologia do Departamento de Geografia, da Universidade Federal do Amazonas – uso das amostras de sedimentos em suspensão de fevereiro a julho/ 2011.

¹² O Cone de Imhoff é um recipiente cônico graduado, inventado pelo Engenheiro Sanitarista Karl Imhoff (1876 – 1965). O método consiste na ação da força de gravidade a partir da recepção por uma hora de um litro da amostra de água com sólidos em suspensão, a fim de identificar os sólidos sedimentáveis (SS). A técnica faz a contagem da amostra pelo repouso de 45 minutos, agitados com um bastão de vidro e novamente em repouso por mais 15 minutos, quando procede-se a verificação da existência e respectiva medida.

- Os equipamentos utilizados foram os seguintes: bomba de vácuo, funil de 500 mL, funil de 300 mL, kitasatu de 500 mL, estufa, discos de microfibras de vidro (GF-1, 47 mm/Watman).

1) As amostras coletadas em treze campanhas totalizaram setenta e oito amostras, sendo trinta e nove de cada microbacia hidrográfica (Zé Açú e Tracajá). De cada mês/campanha foram filtradas seis amostras (seis litros) em disco microfibras de vidro, levadas à estufa por 90 minutos (regulada na temperatura de 105°).

Para calcular a concentração (C_{sts}) e carga de sedimentos transportados em suspensão, correspondente aos sedimentos medidos ($Q_{sts_{sm}}$) procedeu-se da seguinte forma: a) o filtro foi pesado seco; b) após a filtração a vácuo e a secagem, o disco de microfibras foi pesado novamente; c) o resultado da diferença entre os dois filtros (seco e com sedimentos) permitiu os cálculos (de concentrações e cargas) com as fórmulas combinadas, a partir da indicação nos estudos de Santos (1983); Carvalho (1982 e 1994); Carvalho *et al.*(2000):

$$C_{sts} = \frac{P}{V}$$

C_{sts} = Concentração de Sedimentos Transportados em Suspensão

a = é o peso inicial do filtro seco

b = é o peso final (filtro + partículas)

P = Peso

V = volume filtrado

$$Q_{sts} = 0,0864 \times Q_L \times C_{sts}$$

$Q_{sts_{sm}}$ = Descarga (Q) de sedimentos transportados em suspensão (**sts**) de sedimentos medidos (**sm**) por tonelada/dia (ton/dia)

0,0864 = Coeficiente de Transformação

Q_L = Descarga Líquida/Vazão em litro por segundo (**l/s**) ou metro cúbico por segundo (**m³/s**)

C_{sts} = Concentração de sedimentos transportados em suspensão em miligrama por litro(**mg/L**)

Com esses procedimentos, os dados revelam os locais com o maior ou o menor índice de concentração(C_{sts}) e das cargas de sedimentos em suspensão($Q_{sts_{sm}}$) demonstrando o cenário atual.

3.21.5 Precipitações pluviométricas – estas foram registradas das estações de coleta da Agência Nacional das Águas no quadrante que abrange o Projeto de Assentamento Vila Amazônia. Os registros de chuvas são referentes aos 5 dias de cada mês (julho de 2010 a julho de 2011), se aproximando dos dias de coletas pluviométricas que ficaram entre o primeiro e o quinto dia de cada mês.

3.3 RESULTADOS

Os registros de concentração e cargas de sedimentos sólidos em suspensão e os respectivos elementos físicos respectivos a dinâmica fluvial, mais as categorias de uso e ocupação da terra demonstram a configuração nas áreas da superfície e nos leitos fluviais das microbacia hidrográfica Zé Açú e Tracajá distribuídos nos tópicos a seguir.

3.3.1 Concentração dos Sedimentos Sólidos em Suspensão nas duas sazonalidades anuais fluvio-hidrológicas

3.3.1.1 Contribuidores diretos da concentração de STS: a velocidade média do rio (m/s), a densidade (mg/L) e a precipitação pluviométrica (mm).

Em 2010, quando foi iniciada a coleta dos dados fluvio-hidrométricos, ambas microbacias estavam no final da enchente/cheia e início do período da estiagem das chuvas amazônicas, prosseguiram-se os registros até julho de 2011.

Na **Figura 3.6** apresenta-se as variáveis correspondente a precipitação pluviométrica e os registros das velocidades das microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá que influenciam na dinâmica das cargas de sedimentos transportados em suspensão.

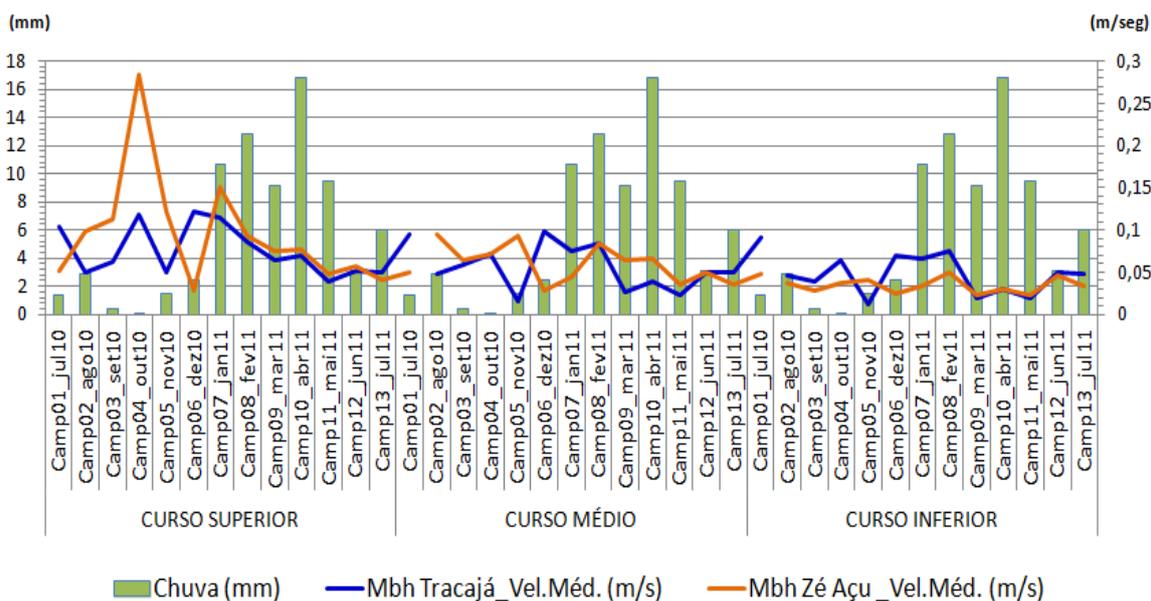


Figura 3.6 - Chuva e a Velocidade Média nos sistemas hidricos: Zé Açú e Tracajá

Nas microbacias hidrográficas (Zé Açú e Tracajá) os resultados fluviométricos indicam as velocidades do fluxo de corrente que oscila de 0,01 m/seg até 0,283 metros por segundo.

No que trata das velocidades das referidas microbacias de estudo tem registros mais baixos do que ocorre nos rios de águas turvas que divagam em sedimentos moles do terciário (rio Madeira e rio Amazonas/Solimões). Por outro lado, essas velocidades de fluxo são proporcionais ao tipo de ambiente fluvial, típico do ecossistema de terra firme (**Tabelas 3.2, 3.3 e Fig. 3.6**).

TABELA 3.2 - Período de Vazante Fluvial e Estiagem das chuvas: Velocidade Média do rio(m/s) das Mbh Tracajá e Zé Açú

Campanhas Fluvio-hidrométricas	Mbh Tracajá			Mbh Zé Açú		
	Velocidade Média do rio(m/s)			Velocidade Média do rio(m/s)		
Período de Vazante Fluvial e Estiagem das chuvas	Curso Superior	Curso Médio	Curso Inferior	Curso Superior	Curso Médio	Curso Inferior
A1_Ago2010	0,049	0,048	0,047	0,100	0,090	0,040
A2_Set2010	0,062	0,059	0,039	0,110	0,060	0,030
A3_Out2010	0,118	0,071	0,064	0,283	0,070	0,040
A4_Nov2010	0,050	0,015	0,013	0,120	0,090	0,040
A5_Dez2010	0,121	0,099	0,069	0,030	0,030	0,030
MÉDIA	0,080	0,058	0,046	0,129	0,070	0,034

Fonte: Registros das campanhas fluvio-hidrométricas (A_ para a vazante fluvial) : Ago – dez/2010 -PACHECO, J.B.

TABELA 3.3 - Período de Cheia Fluvial e Período Chuvoso: Velocidade Média do rio(m/s) das Mbh Tracajá e Zé Açú

Campanhas Fluvio-hidrométricas	Mbh Tracajá			Mbh Zé Açú		
	Velocidade Média do rio(m/s)			Velocidade Média do rio(m/s)		
Período de Cheia Fluvial e Período Chuvoso	Curso Superior	Curso Médio	Curso Inferior	Curso Superior	Curso Médio	Curso Inferior
B1_jul2010	0,104	0,094	0,091	0,050	0,050	0,050
B2_Jan2011	0,115	0,075	0,066	0,150	0,040	0,030
B3_Fev2011	0,087	0,083	0,075	0,090	0,080	0,050
B4_Mar2011	0,064	0,027	0,019	0,080	0,060	0,020
B5_Abr2011	0,070	0,039	0,030	0,080	0,070	0,030
B6_Mai2011	0,039	0,023	0,019	0,050	0,040	0,020
B7_Jun2011	0,052	0,050	0,049	0,060	0,050	0,050
B8_Jul2011	0,051	0,049	0,048	0,040	0,040	0,030
MÉDIA	0,073	0,055	0,050	0,074	0,054	0,036

Fonte: Registros das campanhas fluvio-hidrométricas (B_ para a cheia fluvial): julho/2010, jan – julho/2011/PACHECO, J.B.

Dos registros constantes nas **Figuras 3.7** e **Tabela 3.2** respectivos ao período de vazante fluvial estiagem das chuvas (A1_agosto a 01 de A5_dezembro/2010) as microbacias: Zé Açú - as concentrações oscilaram entre 0,20 e 5,60 mg/L e a média sazonal de 1,27 C_{sts} mg/L; Tracajá demonstra que os valores (C_{sts} mg/l) estiveram entre 0,20 e 1,60 mg/L e a média sazonal de 0,55 C_{sts} mg/L.

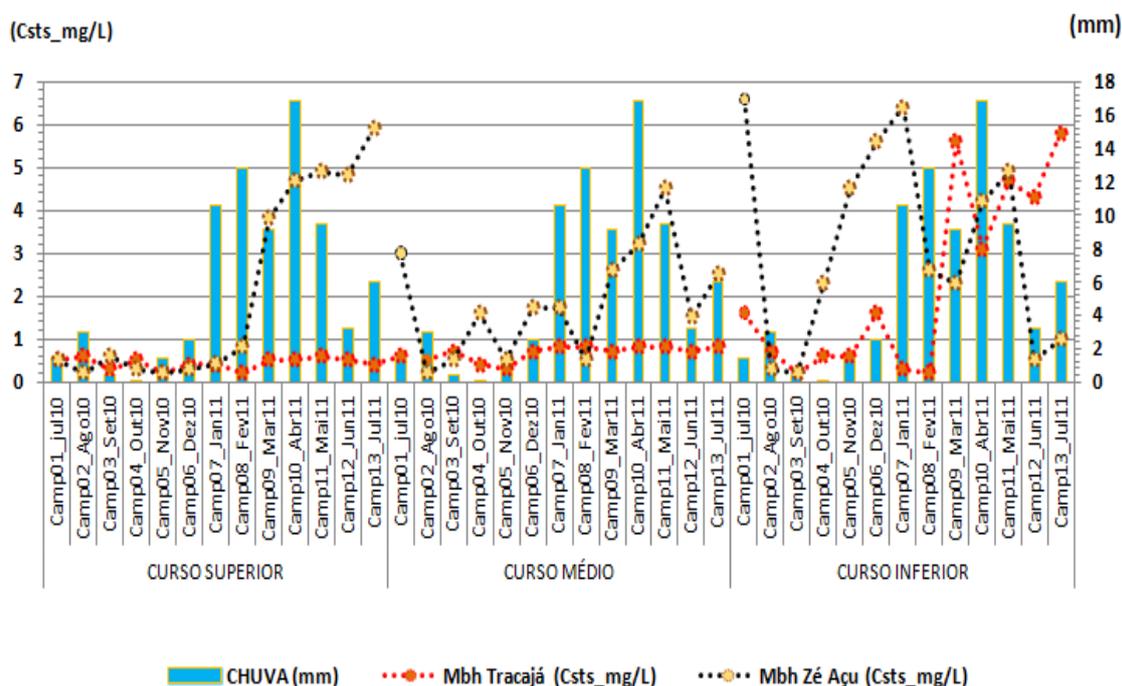


Figura 3.7– Mbh Zé Açú e MbhTracajá : Pluviosidade e Concentração de Sedimentos em Suspensão ($C_{sts}mg/L$)

TABELA 3.4 - Concentração de sedimentos transportados em suspensão ($C_{sts}mg/L/km^2$) por cursos fluviais

CURSOS FLUVIAIS	Mbh Tracajá ($C_{sts}mg/L/km^2$)			Mbh Zé Açú ($C_{sts}mg/L/km^2$)			Comparações das áreas de drenagem [$>$ $<$]* (%)
	Área (km^2)	CHEIA FLUVIAL (mg/L)	VAZANTE FLUVIAL (mg/L)	Área (km^2)	CHEIA FLUVIAL (mg/L)	VAZANTE FLUVIAL (mg/L)	
Curso Superior	182,989	0,45	0,40	21,199	3,23	0,32	($<$)* 88,42%
Curso Médio	32,678	0,75	0,52	64,597	2,44	0,90	($>$)* 49,42%
Sub-total	215,667	1,20	0,92	85,796	5,67	1,22	
Curso Inferior	67,537	3,20	0,74	41,127	3,56	2,58	($<$)* 39,20%
TOTAL	283,204	1,47	0,55	126,923	3,08	1,27	($<$)* 2,23

*(<) área [km^2] menor do que a Mbh Tracajá; *($>$) área [km^2] maior do que a Mbh Tracajá

Fonte: Registros de campo: julho/2010 – julho/2011/PACHECO, J.B.

No período das chuvas e cheia/enchente fluvial (julho e 05 de dezembro/2010 a julho/2011), a microbacia de estudo (Ze Açú) concentrou taxa mínima de 0,40 e máxima de 6,60 ($C_{sts}mg/l$), enquanto, a Mbh Tracajá registrou valores entre 0,20 e 5,80 $C_{sts}mg/L$. As médias por cursos fluviais e as gerais estão na tabela abaixo (Tabela 3.4).

A associação dos dados das Tabelas 3.1 – taxa dos sedimentos transportados em suspensão nos rios Amazônicos (Tabelas 3.4) dão conta de mais concentrações de sólidos em suspensão ($C_{sts}mg/L$) na microbacia hidrográfica (Mbh) Zé Açú do que a geração na Mbh Tracajá, que é 2,2 vezes maior em área total/ km^2 .

As chuvas na Amazônia Ocidental são as responsáveis pelo regime dos rios, principalmente, no Brasil Central a exemplo das referidas microbacias de estudo.

Tais eventos sazonais contribuem com as taxas máximas ou mínimas das concentração de sólidos em suspensão: decresce à medida que as chuvas ficam escassas e junto à respectiva vazante fluvial, as C_{sts} mg/L vão aumentando em função das chuvas (dezembro a julho).

A Tabela 3.4 e a Figura 3.7 mostram a elevação de taxas de C_{sts} em todos os cursos fluviais do Zé Açu em detrimento ao Tracajá: no curso inferior - 08 campanhas com maiores taxas; no curso médio, das 13 campanhas, 10 registros de C_{sts} são maiores e, no curso superior, dos 13 registros, 07 são mais elevados.

3.3.1.2 Cargas de sedimentos transportados em suspensão de sedimentos medidos ($Q_{sts_{sm}}$) e a relação com a pluviosidade (mm) e vazão ($Q_L m^3/s$)

Observando a Figura 3.8 e Tabela 3.5, dados respectivos às microbacias hidrográficas Zé Açu e Tracajá, verifica-se que as cargas de sedimentos em suspensão ($Q_{sts_{sm}}$), no período chuvoso são maiores, à medida que as precipitações vão ficando contínuas/diárias (inicia na primeira semana de dezembro a julho/2011).

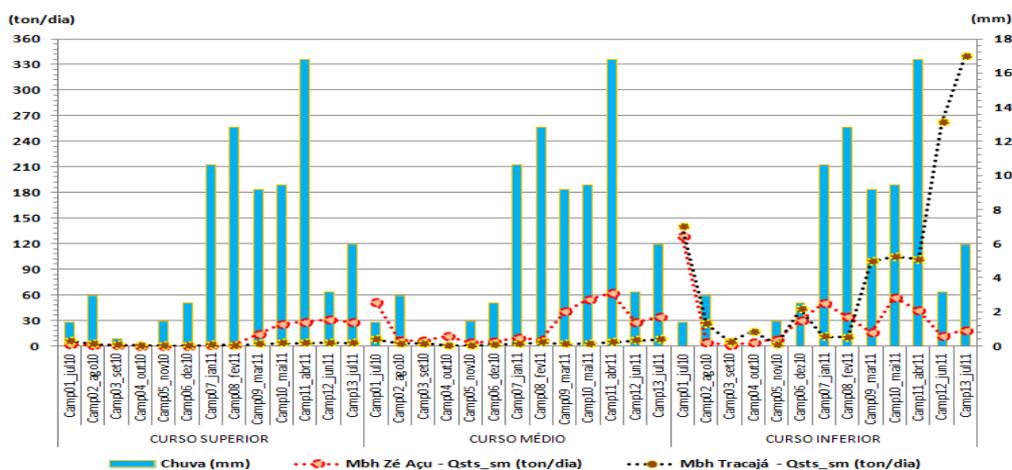


Figura 3.8 - Carga de Sedimentos Sólidos em Suspensão $Q_{sts_{sm}}$ X Chuva (mm) na microbacia do Ze Açu.

Tabela 3.5 – Cargas de sedimentos transportados em suspensão ($Q_{sts_{sm}}$) no Período de Vazante/Estiagem das chuvas fluvial e Cheia/Período chuvoso

Cursos Fluviais	Microbacia Hidrográfica Tracajá - $Q_{sts_{sm}}$ (ton/dia)		Microbacia Hidrográfica Zé Açu - $Q_{sts_{sm}}$ (ton/dia)	
	Período de Cheia e de Chuvas	Período de Vazante/Estiagem das Chuvas	Período de Cheia e de Chuvas	Período de Vazante /Estiagem das Chuvas
Curso Superior	2.950	0.830	16.560	0.560
Curso Médio	4.740	1.560	35.892	6.510
Sub-total	7.690	2.390	52.452	7.070
Curso Inferior	133.590	18.420	44.900	9.470

Fonte: Dados de Campo de 2010-2011 - BRANDAO, J. P/2013

As **Figuras 3.8 e 3.9** fazem alusão ao período de vazante (agosto até início de dezembro/2010) na Mbh Zé Açú quando as taxas das cargas ($Q_{sts_{sm}}$) reduzem por conta das cotas em leito menor, porém nessa época causam turbidez na água deixando-a imprópria para o uso. As principais influências são as chuvas e os ventos na superfície da água de jusante a montante muito frequentes nesse período do ano que favorece às partículas em suspensão.



Figura 3.9 - Microbacia Zé Açú: Taxas de sedimentos em suspensão alteram a cor e qualidade da água
 Fonte: Fotos de PACHECO, J.B. 2010 e 2011

Outra situação entre esses elementos integradores da dinâmica fluvial é a relação da vazão (Q_L m³/s) com a concentração e a carga de sólidos transportados em suspensão ($Q_{sts_{sm}}$), tanto na microbacia hidrográfica Zé Açú (**Fig. 3.10**) quanto na MbhTracajá (**Fig. 3.11**).

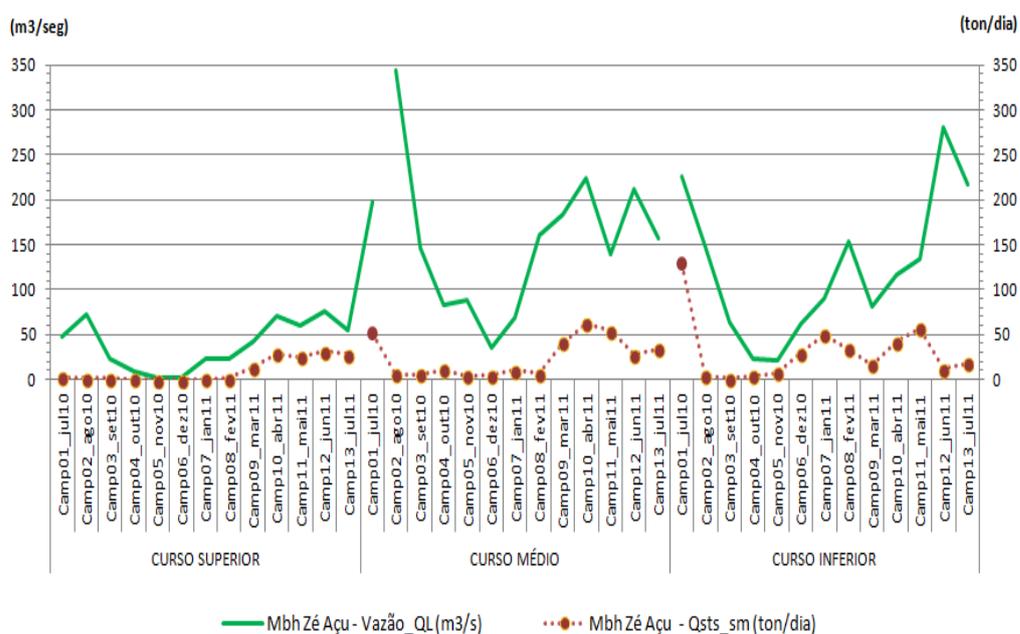


Figura 3.10 - Microbacia Zé Açú: Vazão X Carga de sedimentos transportados em suspensão

A **Figura 3.10** respectiva ao Zé Açú demonstra o comportamento das $Q_{sts_{sm}}$ e a vazão com as seguintes variações: no curso superior - com exceção de agosto e outubro/2010 e julho/2011, nos demais meses variam na mesma proporção; curso médio e inferior – durante a cheia, as vazões e $Q_{sts_{sm}}$ variam juntas, na vazante cada uma tem variação distinta.

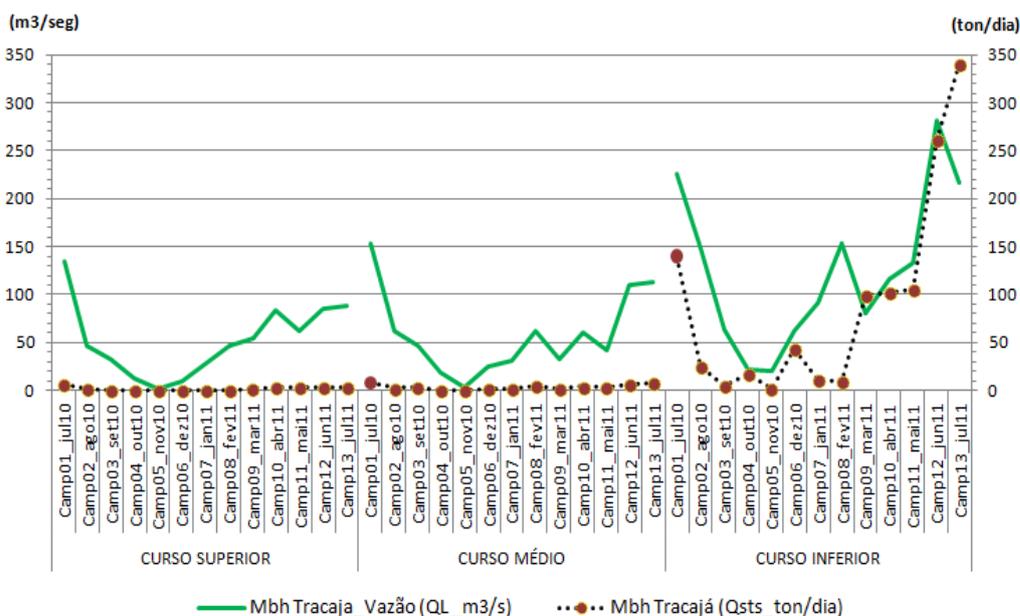


Figura 3.11 Vazão X Carga de Sedimentos Transportados em Suspensão Mbh Tracajá

Na microbacia hidrográfica Tracajá, o movimento das $Q_{sts_{sm}}$ e a vazão são distintas da Mbh Zé Açú. A **Fig. 3.11** mostra que, nos três cursos fluviais as vazões aumentam na mesma proporção nos dois períodos sazonais; no curso inferior – quase todo período de vazante tem grandes vazões e baixas $Q_{sts_{sm}}$, na cheia fluvial - julho/2010, em janeiro e fevereiro/2011 as vazões são altas e as $Q_{sts_{sm}}$ baixas, quando comparadas aos outros meses do mesmo período.

3.3.2 Uso e ocupação da terra nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá

As microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá estão estruturadas dentro dos limites do Projeto de Assentamento (PA) Vila Amazônia. O principal problema diagnosticado nesta tese é o uso e a ocupação da terra inadequados que impactam a geomorfologia fluvial das redes hidrográficas: à morfologia e à morfodinâmica, principalmente, na microbacia hidrográfica Zé Açú.

Até 1987 as ocupações eram espontâneas nas áreas dessas microbacias, mas, a partir da criação do PA Vila Amazônia (1988) como meta da política de reforma agrária do governo brasileiro, os referidos sistemas hídricos foram compartimentados em lotes e

distribuídos para agricultores tradicionais (Projeto de Recuperação do Assentamento, INCRA/MDA, 2007).

A paisagem em ambas microbacias hidrográficas é de loteamento, tendo o uso e ocupação desde as faixas justafluviais até as áreas de nascentes. Nesse contexto as Figuras 3.12 e 3.13 mostram as classes de uso e a ocupação da terra em 1986, antes da criação do referido PA e após duas décadas e meia (ano de 2010).

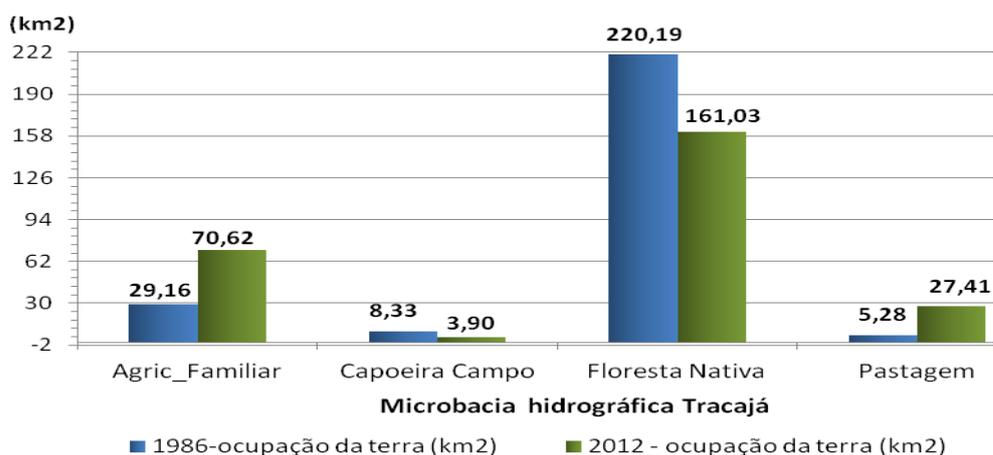


Figura 3.12 - Uso e ocupação da terra na microbacia hidrográfica Tracajá

Fonte: Mapeamento/LANDSAT e SRTM /2012, org. PACHÉCO e MARTINS (2012)

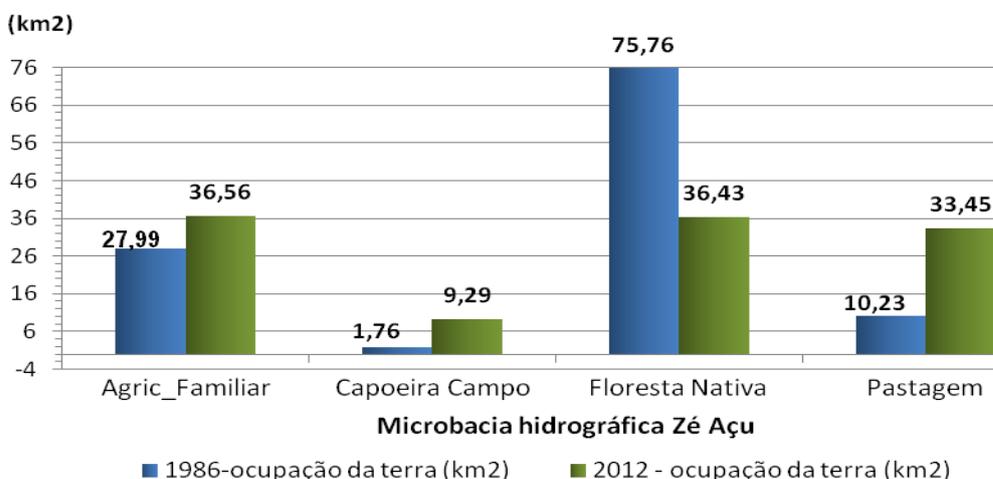


Figura 3.13 - Uso e ocupação da terra na microbacia hidrográfica Zé Açú

Fonte: Mapeamento/LANDSAT e SRTM /2012, org. PACHÉCO e MARTINS (2012)

Toda a faixa justafluvial direita e partes do curso inferior e do superior (faixa justafluvial esquerda) correspondente a microbacia hidrográfica Zé Açú, o tipo de solo dominante é o latossolo amarelo distrófico. É neste solo que estão as atividades de pecuária extensiva (criação de bovino e bubalinos para corte) praticadas por pecuaristas do agronegócio, e, também os maiores impactos - intensas erosões que podem ser vistas na **Figura 3.14**.

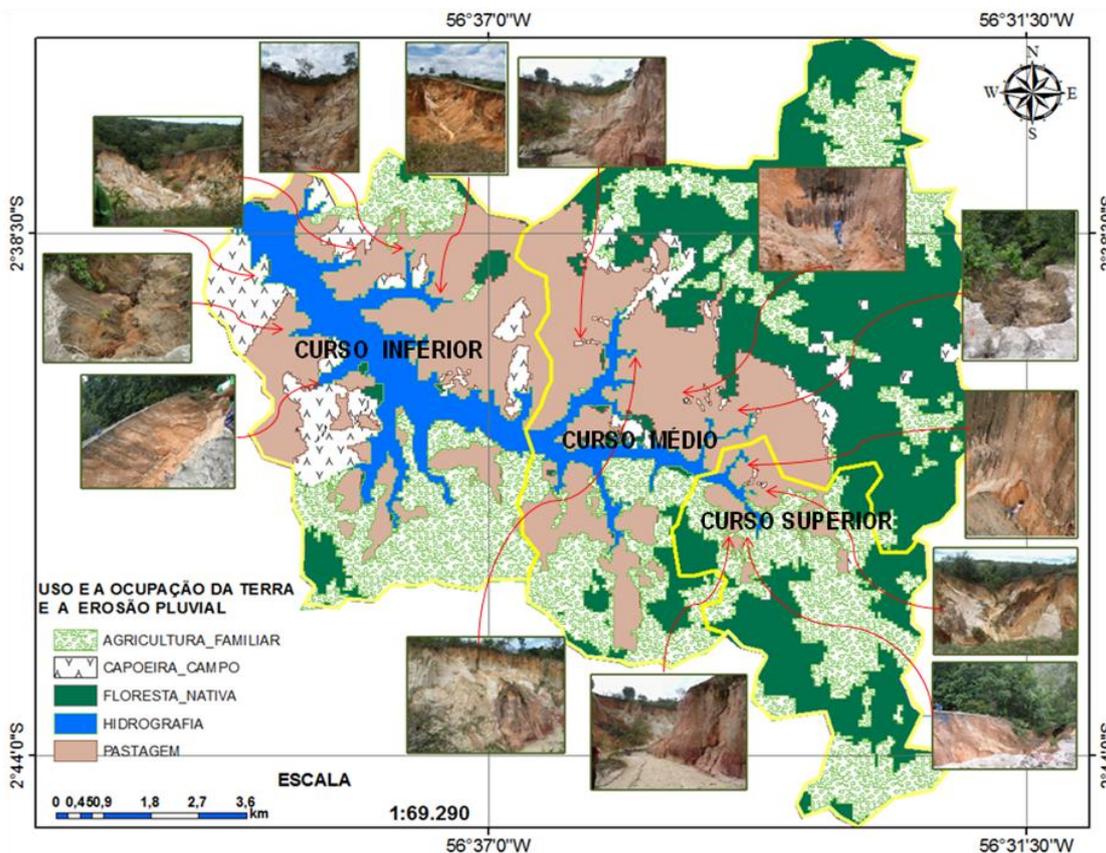


Figura 3.14 - Mosaico da rede hidrográfica da Mbh Zé Açú e os cursos fluviais com voçorocas
 Fonte: Org. PACHÊCO, J. B./2012

Cabe ressaltar que a maioria dos lotes com impactos erosivos não estão mais ocupados por agricultor familiar (objetivo do assentamento agrário), mas por médios e grandes pecuaristas do agronegócio. De acordo com os registros no PRA/INCRA-MDA(2007) eles (lotes) foram adquiridos de forma irregular, considerando que essas parcelas de terras não podem ser negociadas.

Quanto aos usos e ocupações estão entre outros nas faixas justafluviais e nas nascentes dos altos cursos fluviais onde a vegetação nativa foi retirada por corte raso. Essa prática contribui para fragilizar os referidos solos, tornando-os susceptíveis aos processos erosivos, considerando dois momentos: quando recebe o período de chuvas frequente/período chuvoso, a precipitação acelera as erosões dos pontos onde houve supressão de vegetação; e, ocorre ainda, no período de estiagem das chuvas - de agosto até os primeiros dias de dezembro.

O exemplo dessa influência se apresenta na Mbh Zé Açú, onde, mesmo não tendo chuvas para acionar diretamente mais partículas para o leito e bordas, ainda assim, as taxas em suspensão (C_{sts} mg/L) são sempre altas dentro do canal, sendo mais visíveis no período da vazante fluvial (Fig. 3.15).



Figura 3.15 – Mosaico com os processos de geração de sedimentos sedimentáveis e em suspensão
 Fonte: Projeto PACE/Voçoroca-2010 – PIBEX-UFAM – PACHECO, J. B.

Os principais impactos identificados na Mbh Zé Açú distribuem-se: 1) erosão do tipo voçoroca (**Fig. 3.14 e 3.15**) nos altos cursos dos tributários de primeira ordem; 2) no curso superior – dois tributários de primeira ordem colmatados (**Fig. 3.16**) e assoreamentos nas bordas do alto curso – cinco tributários - um de segunda ordem na faixa marginal esquerda e quatro na direita (primeira e segunda ordem); três canais de segunda ordem no curso médio; no curso inferior (41,127 km²) - dois tributários na faixa marginal direita e três na esquerda de segunda ordem; e, 3) assoreamento entre o final do curso superior e início do curso médio.



Figura 3.16 - Tributários colmatados no curso superior da Mbh Zé Açú
 Fonte: Fotos de BRANDÃO, C. agosto/2012

Os assoreamentos identificados na Mbh Zé Açú (**Fig. 3.17**) são constituídos na maioria por partículas do tipo areia (maiores que 0,053 mm de diâmetro), cuja deposição nas bordas do leito justifica a ausência (nas amostras medidas no Cone de IMHOFF) de cargas com essa granulometria em suspensão, tanto na cheia fluvial como na vazante fluvial.



Figura 3.17- Assoreamento com cargas arenosas nas bordas e leitos da microbacia Zé Açú
Fonte: Fotos de PACHÊCO, J.; BRANDÃO, C. (2011 e 2012)

Conforme o cruzamento dos dados das **Figuras 3.6, 3.7 e 3.8**, respectivos aos volumes de chuvas, das taxas de concentrações (Csts), das cargas (Qsts) de sedimentos transportados em suspensão, permite demonstrar que os registros de uso e ocupação da terra em cada curso fluvial e a quantidade de erosões do tipo voçoroca (**Fig. 3.14**), tem concomitância com as elevadas produções de material detrítico carregado para as microbacias, em específico a Mbh Zé Açú.

3.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O conhecimento dos processos da dinâmica fluvial de uma unidade hídrica mais o uso e a ocupação da terra são elementos importantes para a elaboração do planejamento

socioambiental adequado nos limites de uma rede hidrográfica, pois permite entender se os componentes erosão, transporte e deposição estão reagindo positivamente ou negativamente para o meio ambiente.

Deste modo, o estudo da dinâmica fluvial nas menores unidades de sistemas hídricos, no caso das microbacias hidrográficas é fundamental, principalmente se for detectado alguma alteração, como o caso das microbacias hidrográficas que estão gerando taxas de sedimentos sólidos transportados em suspensão (sts) acima do que se tem como médias para as sub-bacias hidrográficas e apresentadas na **Tabela 3.1**.

3.4.1 *Uso e ocupação da terra e a relação com as chuvas, vegetação, solo e as microbacias hidrográficas de estudo*

O uso e a ocupação da terra estão intrínsecamente relacionados entre outros com o solo, vegetação, água (de precipitação, do escoamento e do reservatório natural). Por outro lado, esses fatores físicos dependem de suas gêneses como neste caso que o estudo das microbacias hidrográficas foi realizado em uma parte (micro-escala) do bioma amazônico.

Relacionado aos aspectos físicos citados e direcionados para o contexto amazônico, Salati (1983) escreve que o atual equilíbrio climático depende da interação entre a atmosfera e a cobertura vegetal. A esse respeito, Aguiar (1995, p.39) também alude que, há uma estreita relação entre o clima e a floresta na Amazônia sem a qual *haveria uma redução do tempo de permanência de água na bacia, pelo favorecimento do escoamento mais acelerado e, também acarretaria a diminuição do vapor d'água na atmosfera, pela queda da umidade no sistema*.

A esse respeito, Fisch e Nobre (1998) baseados em Salati *et al.* (1979), destacam serem as precipitações oriundas da composição de água evaporada localmente (evapotranspiração) somada às contribuições vindas do Oceano Atlântico. Fator esse já apontado por Molion (1993) quando estudou os processos dinâmicos organizadores das precipitações na Amazônia: a) convecção diurna resultante do aquecimento de superfície e condições de larga escala favoráveis; b) linhas de instabilidade originadas na costa N-NE do litoral do Atlântico; c) aglomerados convectivos de meso e larga escala, associados com a penetração de sistemas frontais na região S/SE do Brasil e interagindo com a Amazônia.

Partindo dessa abordagem, verifica-se na citada região de estudo, a distribuição de precipitações variáveis nos dois períodos sazonais marcantes pelas chuvas com mais e com menos frequências diárias. Por conta disso, as cotas dos rios estão submetidas às essas oscilações irregulares tanto em toda Amazônia, assim como, das localizadas.

Entre outros estudos, o de Junk (1983) registrou as maiores cotas dos rios (as máximas) variando de junho a agosto, assim como registrado nas microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá.

Analisando a partir do que está posto pelos estudiosos dos fatores edafoclimáticos na Amazônia e os registros do uso e da ocupação da terra (pastagem, agricultura familiar, capoeira campo - **Fig. 3.12 e 3.13**) na área de estudo, um ponto de destaque que tem influência, se refere a convecção diurna, a qual, vai resultar de acordo com a principal contribuinte local que é a cobertura do solo como escreve Molion (1993) em seu estudo.

Deste modo, segundo o referido estudo (MOLION, 1993), em local onde há supressão de vegetação por corte raso vai ter mais redução de chuvas, bem como, durante o dia haverá um aumento nas flutuações diurnas direcionadas à superfície pela temperatura e umidade do ar. Confrontando com as classes de ocupação da terra as chuvas estão sendo mais reduzidas nos espaços que foram desmatados para ocupar com as pastagens e capoeira campo, do que na área da agricultura familiar onde os solos não estão totalmente expostos.

No contexto dos desmatamentos para ceder local para os sistemas produtivos, Fearnside (2006) expõe que os impactos são muitos, considerando que os serviços ambientais perdidos (manutenção: da biodiversidade, da ciclagem da água e dos estoques de carbono minimizadores do efeito estufa) são maiores que os usos e a ocupação poucos sustentáveis.

Focado nessa problemática este estudo analisa a configuração atual das microbacias descritas neste capítulo: as microbacias hidrográficas de estudo (Zé Açú) e a segunda microbacia (Tracajá). As variáveis desta análise são os sedimentos transportados em suspensão a partir dos elementos que fazem parte da sua concentração (**Csts_{mg/L}**) e os da carga sólida em suspensão (**Qsts_{sm}**).

Essas variáveis estão intrinsecamente correlacionadas com o uso e a ocupação da terra, bem como com os elementos que são partes da dinâmica fluvial: velocidade de fluxo de corrente, perfil longitudinal, perfil transversal (seções transversais e horizontais), vazão etc.

3.4.2 *A velocidade do rio é a condição necessária para manter ou não uma partícula em suspensão*

Morisawa (1968), Leopold *et al.* (1995) e Neanson (2002) defendem que a corrente em um rio flui de forma tridimensional, variando conforme cada local, quanto a posição (vertical, transversal ou longitudinal) e a geometria. Assim, nos canais assimétricos, as maiores velocidades fluem do centro em direção às áreas com maiores profundidades, cujos pontos de turbulência máxima se elevam na parte mais rasa, reduzindo na direção das maiores profundidades.

Para Suguio e Bigarella (1990) e Christofolletti (1980;1981) a geometria de um canal fluvial reflete o estado de equilíbrio entre os fatores (carga sólida, descarga líquida e

diâmetro dos sedimentos) que mesmo se relacionando entre si, atuam de forma independentes e são controlados por elementos externos (litologia, estrutura do substrato rochoso, relevo, clima). Assim qualquer alteração exógena a esses elementos pode desequilibrar o sistema.

A velocidade de um rio é um parâmetro para identificar o tipo de material que um curso d'água tem capacidade para transportar em suspensão. Nesse sentido os dados da **Figura 3.6** mostram que velocidade média dos canais fluviais na microbacia hidrográfica Zé Açú estão entre 0,022 e 0,283 metros/segundo e, na microbacia Tracajá, entre 0,013 e 0,121 metros/segundo.

Essas velocidades propiciam às partículas do tipo argila e silte com diâmetros menores que 0,002 mm até 0,053 mm, permanecerem suspensas e difíceis de decantarem com facilidade.

Dessa forma, essas velocidades favorecem as concentrações de sedimentos transportados em suspensão (Csts) conforme a Lei de Stokes¹³, com permanências que implicam em impactos à dinâmica fluvial e também ao ponto de vista socioambiental.

3.4.2.1 Velocidade de fluxo versus concentração e carga de sedimentos em suspensão

Conforme apontam os estudos de Brady e Weil (2008), a velocidade média do rio, durante todo o ano, como nas referidas microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá (0,01 a 0,283 m/s), permite que os sedimentos finos, transportados em suspensão, geralmente não se depositem no canal fluvial, haja vista serem essas velocidades de corrente acima dos valores que permitiriam a decantação.

Dessa forma, o diferencial para decantar os sedimentos transportados em suspensão também depende do diâmetro das partículas, como é exemplificado por Suguio e Bigarella (1990): uma partícula de 0,0001mm de diâmetro decanta a 0,0001 centímetros por segundo (cm/s), equivalente a 30 centímetro (cm) a cada três dias; uma partícula de silte com 0,02 mm de diâmetro decanta a 0,04 cm/s, ou seja, 30 cm em 10 minutos.

Considerando o tipo do material suspenso e a mobilização de corrente d'água, verifica-se que essas partículas (silte e argila) permanecerão em suspensão em função da granulometria e das condições hidráulicas até que sejam desaguados em outra unidade hídrica.

Suguio e Bigarella (1990) explicam que as velocidades de fluxo impulsionam ou não o deslocamento de partículas. Nas microbacias hidrográficas de estudo a *velocidade crítica*¹⁴

¹³ A velocidade de decantação de partículas pequenas é diretamente proporcional às diferenças de densidades entre a partícula e o fluido; inversamente proporcional à esferecidade da partícula e ao quadrado do diâmetro da partícula. (SUGUIO e BIGARELLA, p.42, 1990)

¹⁴ A velocidade crítica é a maior velocidade de um rio medida por metros por segundo que possibilita colocar uma determinada partícula em movimento. Está relacionada com a velocidade de fluxo, tamanho da partícula, os quais formam o substrato e a quantidade de força de cisalhamento na camada limite. (SUGUIO e BIGARELLA, 1990).

de suspensão ou *mínima velocidade de suspensão* propiciam na mesma temporalidade, a manutenção das concentrações e transportes das cargas de todos os sólidos em suspensão que chegam ao interior dos leitos fluviais do tipo silte e argila.

Por outro lado, as partículas maiores (areias), com essas velocidades (0,01 a 0,283 m/s) impossibilitam-nas de se movimentarem naturalmente segundo a Lei de Impactos. Baseados nessa lei, Suguio e Bigarella (1990), observam que as partículas de areias são movimentadas dependentes de fluxo e, para decantar, independem da viscosidade. Assim, essa situação de pouca mobilidade para esse tipo de sedimento está relacionada com o volume e a granulometria - partículas com diâmetros a partir de 0,053 mm até 0,2 mm.

Esses autores explicam que a concentração da areia se estabelece até onde a velocidade permite, haja vista a *velocidade crítica* não capacitar a dinâmica do rio para colocar partículas mais pesadas (areia) em suspensão.

Não ocorreria deposição nesses locais se a velocidade fosse mais de 20 cm/segundos, tendo em vista ser esta a condição para movimentar à longa distância partículas do tipo areia.

Por não terem essa natureza de fluxo (Mbh Zé Açú e Tracajá), o material detrítico pluvial mais leve (argila, silte e outros) é conduzido para os leitos dos igarapés/tributários de primeira e segunda ordem até a respectiva foz, ou abandona as partículas mais grossas, como a areia, nas bordas dos altos cursos, porque estas são maiores do que a capacidade de transporte do rio (**Fig. 3.15, 3.16, e 3.17**).

A partir do exposto, no caso das duas microbacias hidrográficas em estudo um dos fatores controladores da energia no decorrer de um escoamento de águas pluviais é o gradiente dos perfis longitudinais de montante a jusante. Um fator diferencial na altimetria (em relação ao nível de base do Oceano Atlântico) de ambas redes de drenagem é que toda faixa justafluvial direita é mais elevada do que a faixa justafluvial esquerda, com exceção no extremo alto curso:

- Mbh Zé Açú - na faixa justafluvial direita tem a seguinte altimetria: no extremo alto curso (montante) da calha principal tem em média 90 metros, no curso fluvial médio 55 metros, e, na desembocadura uma média de 40 metros; na faixa justafluvial esquerda - na área da nascente principal a topografia atinge uma média de 90 metros, no médio curso fluvial 28 metros e, na foz de 35 metros (**Fig. 3.3**);

- Mbh Tracajá – a topografia altimétrica das faixas justafluviais direita(FJD) – na área da nascente principal- 120 metros, no curso médio – 35 metros e na foz - média 31 metros; na faixa justafluvial esquerda (FJE) – alto curso superior 120metros, entre o curso superior e inferior - média de 32 metros, e , na desembocadura 30 metros (**Fig. 3.2**).

Entre as duas microbacias hidrográficas, Zé Açú é a que está sendo impactada por deposição nas bordas e um cordão arenoso que cresce entre o curso superior e o inferior. Nesta última área estão concentrados dois tributários de primeira ordem colmatados, cinco na faixa justafluvial direita (FJD) e um na faixa justafluvial todos esses com com assoreamentos e voçorocas nos seus cursos superior.

Verificando a altimetria nessa parte de transição entre o curso superior e o médio da Mbh Zé Açú cujos gradientes variam de 60 a 40 metros a contar da área de platô (**Fig. 3.3**) com declives acentuados. Isto é favorável para a carrear o material detrítico para as bordas e leito fluvial. Neste caso específico, a carga de partículas mais grossas e pesadas tende a se acumular nessa seção, iniciando aí um estrangulamento morfológico que esse sistema fluvial está reorganizando diante das modificações provocadas pelo uso e ocupação da terra na área da microbacia hidrográfica.

Na Mbh Tracajá não foram diagnosticados assoreamentos visíveis e erosões como ravina e voçorocas e, a explicação está nos fatores colaboradores referentes ocupação da terra: o curso superior com 182,989 km², possui 120,543 km² de área com floresta nativa e o restante ocupado pelas atividades produtivas (agricultura familiar – 46,681 km², capoeira_campo – 0,237 km², pastagem – 12,032 km²).

Ao contrário da Mbh Zé Açú que de sua área total (126,923 km²) tem apenas 36,433 km² de floresta nativa e o restante distribuído com as atividades de produção (agricultura familiar – 36,562 km², pastagem – 33,453 km² + 9,292 km²-cpoeira_campo). Outro fator é a localização dos sistemas produtivos: a agricultura familiar está distante do acesso dos igarapés; e a pecuária ocupando acessibilidade dos rios desde as nascentes até a foz.

Essa caracterização subsidia a compreensão dos elementos hidrográficos postos abaixo.

3.4.3 *Concentração de sedimentos transportados em suspensão (C_{sts} mg/l) nas microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental*

A *concentração de sedimentos transportados em suspensão* é oriunda de cada vertical que compõe a seção transversal (massa de sedimentos em suspensão na água pela unidade de massa por volume amostrado).

É nesse viés que Viers *et al.*(2009) e Marcondes (2011) ressaltam sobre a importância de conhecer essas concentrações a fim de poder avaliar as consequências da intervenção humana (erosão decorrente do desmatamento, atividades agrícolas etc) bem como, os pontos positivos e os negativos das concentrações na rede hidrográfica.

Nesta discussão deve-se considerar o comportamento de cada tipo de sistema hídrico que varia de acordo com a sua fisiografia e geologia. Por exemplo, os rios da bacia hidrográfica do Amazonas são bem distintos em suas funções fluviais relacionadas à sua

dinâmica fluvial (erosão, transporte e deposição: os rios de água branca (*cor de barro, turva, amarelada*) são aqueles com vales e fundo móveis pela intensa erosão e sedimentação; os de água clara e/ou transparente (*cor verde-oliva a verde esmeralda*), e os de água preta (*cor de marrom-oliva a de café fraco*) são os de característica mais lenta (velocidade), mas de rara carga sólida nessa tríade fluvial (SIOLI, 1985).

Suguio e Bigarella (1992) e Sioli (1985) afirmam serem as velocidades de 0,01 a 0,4 m/s, normais para tipos de sistemas hídricos aos de *águas clara e/ou transparente* e os de *águas preta*, com estruturas morfogenética mais consistentes e antigas.

As microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá são caracterizadas como de águas clara e/ou transparente (*cor verde-oliva*):

- ❖ têm fundo de leito definido;
- ❖ entrecortam o relevo aplainado entre ambas faixas justafluviais, mesmo sendo recoberto por solos distintos em cada uma (lado direito - latossolo amarelo distrófico típico - LAd com textura média e areias quartzosas álicas e, do lado esquerdo o solo do tipo espodosolo);
- ❖ com fluxos de corrente que não excedem a 0,283 m/s (**Fig. 3.6**).

De acordo com Sioli (1984 e 1985) e Tricart (1977), essa tipologia de sistema hídrico em condições naturais deve transportar cargas de materiais muito reduzidas como demonstra a **Tabela 3.1**, respectiva aos rios Tapajós, Trombetas e Xingu (fisiografia semelhante as microbacias Zé Açú e Tracajá).

Ao contrário disso estão postos na **Figura 3.7** e **Tabelas 3.4**, as elevadas taxas de $C_{sts}mg/l$, tanto na vazante como na cheia fluvial em específico na Mbh Zé Açú.

Quando se atribui elevadas taxas de concentração baseia-se na geração de partículas detriticas acima do que recebe teoricamente as redes hidrográficas maiores. Os estudos de Filizola e Guyot (2004) e Molinier *et al.*(1994) mostram nas medidas fluvio-hidrométricas no rio Tapajós, obtidas de três campanhas anuais nos limites de sua foz, a média de 70,0 $C_{sts}mg/L$, equivalente a 1,43 mg/L/km² da sua área de drenagem (490,000 km²). A Mbh Zé Açú, em uma área três vezes menor (126,923 km²), produz 3,08 $C_{sts}mg/L$ na cheia/enchente fluvial e 1,27 $C_{sts}mg/L$.

A Mbh Tracajá tem seu curso superior 88,42% maior do que na Mbh Zé Açú (**Tabela 3.2**). Ao comparar entre os dados ($C_{sts}mg/L$) da Mbh Zé Açú e os constantes na segunda microbacia, verifica-se taxas também elevadas com relação a esta que tem a área de 283,204/km², porém, produzindo 1,47 $C_{sts}mg/L$ na cheia/enchente fluvial e 0,55 $C_{sts}mg/L$.

Na **Tabela 3.2** que mostra as áreas (km²) das duas Mbh que registra as $C_{sts}mg/L$ de acordo por cada curso fluvial, se verifica que entre essas, nas duas sazonalidade, as maiores taxas são geradas na Mbh Zé Açú.

O único curso que produz mais sólidos em suspensão na microbacia Tracajá é o inferior nos dois períodos sazonais. Todavia isso não quer dizer que ali esteja ocorrendo algum impacto maior do que na Mbh Zé Açú, pois o que ocorre é um processo de ordem morfológica.

A explicação que causa esse efeito diz respeito a concavidade na foz da Mbh Tracajá recebe a pressão do fluxo pela parte convexa (morfometria em frente dessa foz), mais um cordão arenoso na bifurcação dos dois sistemas (Mamuru e Uaicurapá) que juntos contribuem para empurrar a descarga líquida e sólida vinda de montante dessas duas redes hidrográficas para dentro da Mbh Tracajá. Outra situação que também favorece esse comportamento é a condição de localização. A Mbh Tracajá é a última rede hidrográfica, localizada no curso inferior da sub-bacia Mamuru, acomodada em uma parte côncava, morfologia que facilita o avanço das cargas das outras redes de drenagem de montante a jusante, adicionadas ao seu próprio escoamento, concentrando-se nesse curso (**Fig. 3.18**).



Fig. 3.18 – Bifurcação, Concavidade e Convexidade : contribuintes das taxas de Csts no curso inferior da Mbh Tracajá

Fonte: Folha SA-21-Z-A-IV-MI 524 – Parintins/Ministério do Exército-1.100.000/org. Pachêco, J.2013

A alteração na dinâmica da microbacia hidrográfica Zé Açu está de acordo com os estudos de Christofolletti (1981), Cunha e Guerra (1996). Estes indicam inúmeros fatores, dentre eles, os de ordem antrópica pelo uso e ocupação da terra o que pode contribuir com aumento de sedimentos transportados em suspensão.

Este fator é prejudicial à dinâmica fluvial, seja ele pequeno (microbacia) ou grande (bacia hidrográfica), pois implicará: 1) na *capacidade de fluxo* (quantidade de sedimentos em suspensão carregados pelo fluxo); e 2) na *competência de fluxo* (movimento do fluxo volume de partículas com granulometrias que o rio pode transportar).

Esses dois aspectos estão relacionados com o volume e a velocidade, no caso da referida microbacia hidrográfica (Zé Açu), afetada pela baixa competência - velocidade de fluxo sem competência para transportar altas Csts (mg/l), e, assim, abandonam as partículas mais pesadas nos pontos de pouco gradiente (base do alto curso dos tributários e no canal principal). Todavia, possui competência para manter as partículas finas (argila e silte) em suspensão (**Fig. 3.15, 3.16, e 3.17**).

A erosão, o transporte e a deposição fazem parte da dinâmica dos rios, mas, quando há desproporção entre estes elementos da tríade, como no caso da microbacia hidrográfica Zé Açu registrada com taxas elevadas de sedimentos em suspensão, significa que a causa é de processos erosivos ocorridos em algum(ns) ponto(s) da bacia de drenagem como defende Lima *et al.*,(2007), e, comprovado nos cursos superior, médio e inferior desse sistema.

Essas taxas de **Csts** para a microbacia hidrográfica Zé Açu são suficientes para comprometer a competência e a capacidade fluvial, visto que as elevadas cargas (silte, argila etc) uma vez postas em suspensão vão permanecer assim até que atinja velocidades que decantam sob condições de resistência viscosa. Nessa microbacia, este comportamento dificilmente ocorrerá tendo em vista, ser necessário, atingir uma velocidade crítica abaixo do valor das correntes ascendentes fracas, ou seja, quase nula, já que a sua velocidade não ultrapassa a 0,283 m/s. O problema está no tempo que essa velocidade do rio leva para conduzir a carga enquanto está na microbacia (**Fig. 3.6**).

Na Mbh Zé Açu as velocidades médias do rio vão de 0,07-0,13 (m/seg) na vazante fluvial e pouca chuva (agosto a novembro/2010 – 0,099 a 2,925 mm) e, na cheia fluvial 0,04-0,08 (m/seg), com índice das maiores precipitações (**Fig. 3.6** - janeiro a julho – 3,14 a 16,8 mm).

As velocidades do rio são influenciadas pelos obstáculos naturais (mata de igapó) no período de cheia fluvial. Este é concomitante à época das chuvas frequentes. Assim, o leito de vazante (área do talvegue de um rio) ou do leito menor (mínimas normais de vazante de

um rio) passa para o leito maior (normais de cheias fluviais) ou leito excepcional (quando as enchentes são superiores as normais).

Nessas hierarquias dos leitos fluviais estão as vegetações típicas: na área do leito excepcional - as vegetações de grande porte árvores maiores de 20 metros; na encosta que abrange o leito maior até chegar o menor está a mata ciliar – vegetação que não ultrapassa 20 metros e tem seu sistema radicular como uma tela fina; em contato com a área molhada - a mata de igapó onde as espécies dominantes possuem de 2 a 5 metros de altura.

A mata de igapó é própria de áreas alagadas, dependo da cota do rio ficam totalmente ou parcialmente submersas durante toda a cheia fluvial e, na vazante necessitam de água superficial até que a cota do rio chegue às suas raízes novamente (**Fig. 3.19**).

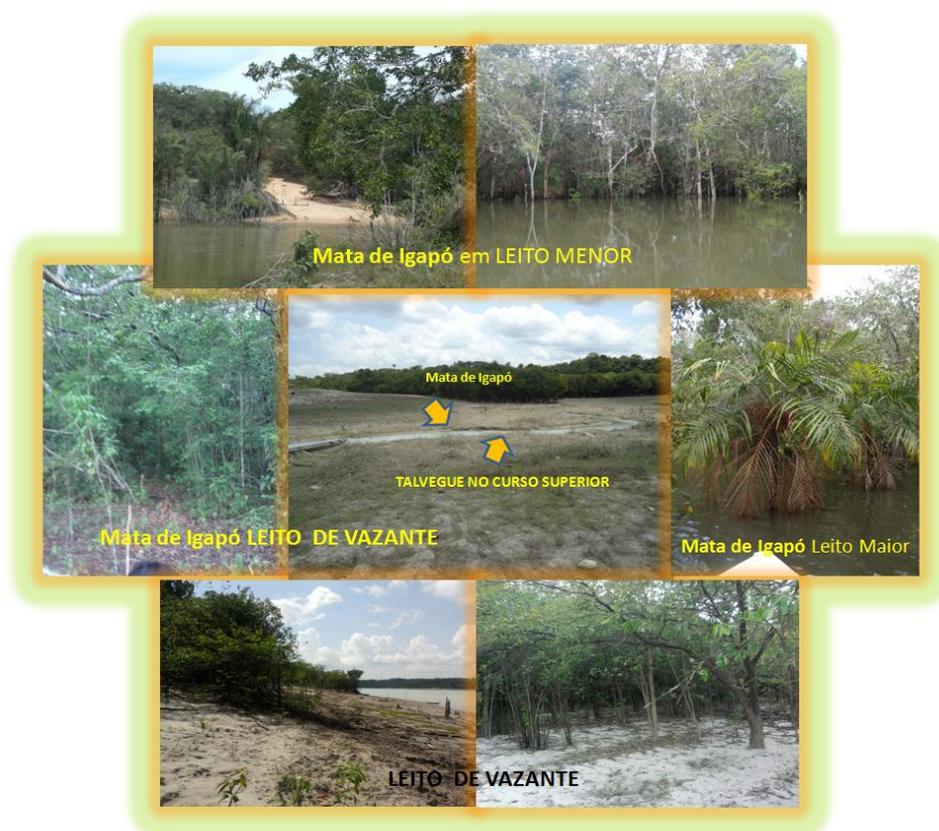


Fig.3.19 – Mosaico de Mata de Igapó nos leitos fluviais de Cheia e Vazante Fluvial
Fonte: Fotos de PACHÊCO, J.; BRANDÃO, C. (2011 e 2012)

Desse modo, quando há chuvas com carreamento pluvial dos gradientes mais altos (onde ganham velocidades) para os mais baixos onde estão os leitos dos rios, pelo fato destes estarem em cotas de águas maiores (acima do leito menor), as referidas matas (mata de igapós) que estão na base das encostas e destas avançam para o centro do leito em torno de 5 metros servem de freio à velocidade no curso d'água. Como as maiores galerias vegetais são encontradas no curso superior e no médio, é nestes locais que se observa redução da velocidade na cheia fluvial em relação a vazante fluvial.

Como as erosões estão em plena atividade nos altos cursos da Mbh Zé Açú, quando uma carga está chegando na foz de um tributário ou na principal desembocadura outra carga já está se deslocando por conta do acelerador desse processo que é a precipitação pluvial. O efeito desta carrega o material com eficiência, porém, como tem o citado freio, mais a competência e a capacidade fluvial que não colabora para que essa concentração seja levada com maior rapidez até a foz principal, acaba por tornar a água turva e está prejudicando entre outros a fauna e flora aquática.

Por que a mata de igapó causa barreira à velocidade no curso superior e médio na cheia fluvial?

A formação da mata de igapó se encontra em maior quantidade no curso superior, reduz no médio. O porte destas espécies tem altura inferior às cotas de cheia fluvial (ficam submersas), e, na vazante ficam no leito menor acima do leito de vazante devido ao perfil transversal das microbacias:

i) Mbh Tracajá – a) *Pico de vazante*/medida no talvegue – curso superior (50 metros de largura) - média de 0,57 metro de profundidade e a velocidade média 0,080 metro por segundo (m/s); curso médio (145 metros de largura) - média de 1,84 metros de profundidade e a velocidade média 0,058(m/s); curso inferior (810 metros de largura) - média de 5,0 metros de profundidade; b) *Pico de cheia* no leito maior - curso superior (252 metros de largura) - média de 6,97 metros de profundidade e a velocidade média 0,073 (m/s); curso médio (306,4 metros de largura) - média de 7,48 metros de profundidade e a velocidade média 0,055 (m/s); curso inferior (1.111 metros de largura) - média de 12,84 metros de profundidade;

ii) Mbh Zé Açú – a) *Pico de vazante*/medida: no talvegue – curso superior - média de 0,40 m de profundidade e a velocidade média 0,129 (m/s) ; curso médio - média de 3,23 metros de profundidade e a velocidade média 0,070 (m/s); curso inferior - média de 1,0 metro de profundidade; b) *Pico de cheia* do perfil transversal – o leito maior se comporta: no curso superior (245 metros de largura) - média de 5,62 metros de profundidade e a velocidade média 0,074 (m/s); curso médio (605 metros de largura) - média de 7,19 metros de profundidade e a velocidade média 0,054 (m/s); curso inferior (685 metros de largura) - média de 9,35 metros de profundidade.

Observe que, enquanto nos dois cursos (superior e médio) as velocidades maiores são nos dois períodos sazonais, no curso inferior de ambos sistemas hídricos a velocidade é maior na cheia fluvial do que na vazante fluvial (**Fig.3.6, Tabela 3.2. e 3.3**): Mbh Zé Açú – 0,036 m/seg. na cheia fluvial e 0,034 m/seg. na seca/vazante; Mbh Tracajá -0,050 m/seg. na cheia e 0,046 m/seg na seca/vazante. Explica-se neste caso rara presença de matas de igapó nesse curso (inferior).

Sendo assim, as maiores chuvas com as velocidades mais baixas do período de cheia fluvial favorecem as maiores taxas de concentração de sedimentos em suspensão (C_{sts} mg/L) como apresentado na **Figura 3.7**.

3.4.4 Cargas de sedimentos transportados em suspensão ($Q_{sts_{sm}}$ ton/dia)

Por *carga de sedimentos transportados em suspensão* entende-se como o total de todas as partículas de granulometrias com diâmetros reduzidos (silte e argila), mantidas e transportadas em suspensão pelo fluxo de corrente de uma unidade hídrica.

Um sistema hídrico de forma geral, em períodos de cheia/enchentes anuais, tem seu escoamento com potência aumentada, logo, a maior capacidade para o transporte de sedimentos de diâmetros distintos. O comportamento das partículas está aliado à energia de fluxo no canal, quando esta é reduzida, o material em suspensão decanta e permanece imóvel até que receba força necessária para deslocar-se novamente (CHRISTOFOLLETI, 1981; TUCCI, 1997).

Na Amazônia as sazonalidades anuais influenciam no regime dos rios, na cheia/enchente fluvial acontece no período de maiores índices pluviométricos e a vazante fluvial é simultânea ao período de estiagem pluvial. Este processo sazonal é fator importante na dinâmica fluvial em qualquer escala areal hidrográfica. O que muda são as interferências antrópicas e as situações atípicas da natureza (dinâmica fluvial nas grandes enchentes/cheias e vazantes históricas).

Partindo desse contexto, as variáveis para analisar as cargas de sedimentos em suspensão na microbacia do Zé Açú (estudo) e Tracajá: descarga líquida/vazão (Q_L m/s) e carga sólida em suspensão/sedimentos medidos ($Q_{sts_{sm}}$ ton/dia).

3.4.4.1 Cargas de sedimentos transportados em suspensão ($Q_{sts_{sm}}$) X Vazão (Q_L) X Chuva (mm)

As vazões variam conjuntamente com o índice pluviométrico, o qual tem influência sobre as cargas detríticas $Q_{sts_{sm}}$ carreadas dos platôs e vertente até o leito fluvial (**Fig. 3.8, 3.12 e 3.13**). Nas microbacias (Mbh) analisadas há proporção entre nas referidas taxas de $Q_{sts_{sm}}$ (**Tabela 3.5**) e as C_{sts} (**Tabela 3.4**). Para Carvalho (1994), as descargas sólidas variam com a vazão, e, acontecem, principalmente, durante as fortes precipitações.

A condição entre a vazão alta nem sempre há cargas elevadas na mesma proporção, por exemplo: Zé Açú – curso superior - agosto a vazão é de 72,2 m/s para a $Q_{sts_{sm}}$ de 1,25 ton/dia comparando com abril, a vazão está bem abaixo (55,21 m/s) e a - 28,14 ton/dia; curso médio - na vazão de 344,40 m/s são transportadas 5,95 $Q_{sts_{sm}}$ (agosto), já em uma vazão de 139,92 m/s, as $Q_{sts_{sm}}$ são de 54,4 ton/dia. Também se repete ($Q_{sts_{sm}}$) o mesmo no curso inferior (**Fig. 3.12**).

Na Mbh Tracajá no curso superior as vazões altas e baixas são na mesma proporção das $Q_{sts_{sm}}$. Variam nos Cursos: Médio – entre o mês de agosto- 61,67/ $Q_L m/s$ – $Q_{sts_{sm}}$ 2,66 *ton/dia* e os meses de fevereiro - $Q_L m/s$ 61,88– 4,28 $Q_{sts_{sm}}$ *ton/dia* e maio - $Q_L m/s$ 41,54– 2,87 $Q_{sts_{sm}}$ *ton/dia*; Inferior – mês de julho - 1.012,18 $Q_L m/s$ – 139,92 $Q_{sts_{sm}}$ *ton/dia* comparado ao mês de junho - $Q_L m/s$ 705,60 para uma $Q_{sts_{sm}}$ de 262,14 *ton/dia*. (Fig. 3.8 e 3.13).

Convém observar nesses registros das Mbh Zé Açú e Tracajá que as chuvas (Fig. 3.8) têm a sua importância de acordo com a sua magnitude (intensidade, quantidade, frequência). Também permitem analisar que os períodos de vazante fluvial e estiagem de chuvas as vazões são altas, mas as gerações de cargas são menores. Ao contrário das vazões altas no período de cheia fluvial e período chuvoso as cargas são maiores. Com menos índice de chuvas também fica reduzida a ativação nas áreas produtoras de carga detrítica.

Deve-se observar que os resultados da microbacia Tracajá (Fig. 3.8 e 3.13), indicam mais equilíbrio entre as duas descargas (líquida e sólida), principalmente, no curso superior e na maioria dos meses nos cursos médio e inferior, cujo aspecto sazonal não provoca variação na sua dinâmica fluvial. O que pode inferir sobre a situação nas duas microbacias hidrográficas é que na Mbh Tracaja, os percentuais das classes de usos e ocupações da terra demonstram menos desflorestamento do que na Mbh Zé Açú e isto faz com que dentro do leito fluvial não altere drasticamente com as elevadas taxas de sedimentos transportados em suspensão.

O sistema hídrico Zé Açú, pela sua natureza fluvial deveria carrear o produto (areia, argila, silte etc.) da lavagem topográfica deixando-o ao longo de sua rede de drenagem de montante a jusante, principalmente, no curso inferior onde a energia de fluxo é menor.

A deposição das partículas de areia nas bordas e na confluência dos cursos, como é o caso da Mbh Zé Açú, depende de pouco tempo, por estar recebendo taxas acima dos padrões hidráulico (Fig. 3.15 - 3.17). Para Brady e Weil (2007), o tempo de sedimentação para esse tipo de material em rios é de quatro segundos após ativada e mantida pelo processo pluvial até que o evento dure. Esse comportamento obedece aos padrões da Lei de Impacto¹⁵.

Os registros de carga de sedimentos transportados em suspensão ($Q_{sts_{sm}}$) demonstram que: 1) na cheia fluvial - o curso superior (21,199 km²) é o maior gerador de $Q_{sts_{sm}}$ em relação aos outros dois cursos (curso médio - 64,596 km² produz 418,35 kg/dia/km²; curso inferior - 41,127 km² gerou 353,76 kg/dia/km²).

¹⁵ A velocidade de decantação de partículas grandes é independente da viscosidade do fluido; é diretamente proporcional à raiz quadrada do diâmetro da partícula e à diferença entre as densidades da partícula e do fluido dividida pela densidade do fluido. (Opt. cit., p.42)

Nesse curso fluvial (superior) estão concentradas as maiores voçorocas se conectando entre os *igarapés* de primeira ordem ativadas pelas chuvas frequentes nesse período sazonal. O mesmo não se repete com as taxas equivalentes no período de seca/vazante fluvial, pois a cota de água do rio fica restrita ao canal de vazante que favorece uma maior velocidade, mas não oferece condições para a capacidade e competência ao rio, de levar as **Qsts** dos tributários para o canal principal. Além do que o material mais pesado que conseguiu alcançar o canal principal levantou o nível de base do fundo de leito não permitindo ao mecanismo das chuvas pequenas e velocidades altas conduzir as grandes cargas desse período até a calha principal do curso mais a jusante (**Fig.3.15**).

2) na vazante fluvial e estiagem das chuvas - a maior concentração de **Qsts** vai ocorrer no curso médio, cujos aspectos contribuidores para carrear todo o material movimentado dos seus altos gradientes são os seguintes:

i) curso fluvial cujo leito fluvial tem a maior profundidade (seção vertical) - média de 3,23 metros de profundidade no ápice de vazante, em comparação ao curso superior (espelho d'água de 50 metros de largura - média de 0,40 metros de profundidade) e ao curso inferior com 500 metros de largura com um metro de profundidade (**Fig. 3.20**);

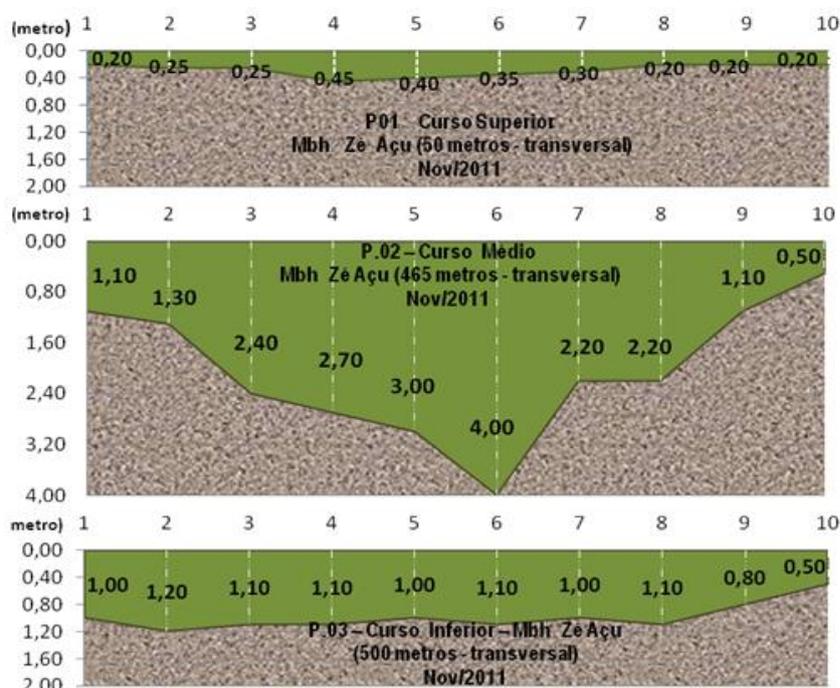


Figura 3.20 – Leitos fluviais da Mbh Zé Açú no período de vazante
 Fonte: Fiel true de novembro de 2010 – org. PACHECO, J. B./2012

ii) as condições favoráveis de acesso dos tributários com voçorocas à calha principal - dois com esses impactos erosivos em suas cabeceiras de primeira e segunda ordem, e desague próximo a foz do maior afluente da Mbh Zé Açú, denominado de igarapé Açú; e, outro de terceira ordem com voçorocas conectadas nas cabeceiras de primeira ordem.

Essa morfologia de fundo de leito faz com que as cargas sejam concentradas por mais tempo nesse curso (**Fig. 3.19**). À primeira vista, ao comparar a produção de sedimentos entre a Mbh Tracajá e a Mbh do Zé Açú, o imediato será concluir que a primeira gera cargas ($Q_{sts_{sm}} \text{ ton/dia}$) maiores do que a segunda. A **Tabela 3.5** e as **Figuras 3.8, 3.10 e 3.11** apresentam dados a esse respeito, apesar de a microbacia Tracajá também estar gerando elevadas $Q_{sts_{sm}} \text{ ton/dia}$ para seu padrão hidráulico.

O curso médio da Mbh Tracajá é 5,6 vezes menor do que a área do seu curso superior, mas, produziu mais carga de sedimentos suspensos do que este 1,6 vezes - na cheia fluvial, e, 1,9 vezes - na vazante fluvial.

As áreas próximas dos canais fluviais e ocupadas por pastagem mais capoeira campo (11,285 km²) são maiores do que a de floresta nativa (9,748 km²) e da agricultura familiar que está mais afastada do acesso aos rios.

Nos dois períodos há impactos sobre o solo: na cheia fluvial é o período que o gado (de corte e leiteiro) permanece até que as várzeas estejam em condições de receber as manadas de volta (cerca de seis meses); na vazante há reviramento do solo para o replantio dos pastos que foram consumidos e a permanência de gado leiteiro.

As duas microbacias tem fisiografias semelhantes, mas, a Mbh Zé Açú, embora seja um sistema integrado ao ambiente de várzea que bordeja sua foz, não faz parte de nenhuma outra rede de drenagem, assim como a Mbh Tracajá, afluenta da sub-bacia Mamuru, e distinta nos seguintes aspectos: a) área – é 2,2 vezes maior (Mbh Zé Açú - 126,923 km²); b) não possui erosão (voçorocas) em nenhuma parte de sua rede de drenagem; c) tem 179 nascentes, das quais 70% estão protegidas por vegetação nativa; e, d) a grande carga (**Q_{sts}**) registrada no curso inferior tem influência das alterações antrópicas pelo uso e a ocupação da terra e também, de dois fatores morfométricos que explicam esses picos: bifurcação e convexidade e concavidade (**Fig. 3.18**).

Assim sendo, a microbacia hidrográfica Zé Açú, quando comparada ao da Mbh Tracajá, apresenta sérios impactos ambientais tendo como contribuinte o uso e a ocupação da terra nas áreas de nascentes e faixas justafluviais a partir da prática da supressão de vegetação (Capítulo 2), erosão pluvial do tipo voçoroca nos rios de primeira ordem nos altos cursos de rios e taxas elevadas de sedimentos transportados em suspensão que causam implicação na potabilidade da água (**Fig. 3.8 a 3.17**).

Para Brooks *et al.* (1991); Ward; Elliot (1995) o efeito causado pela alta concentração e carga de sedimentos em suspensão causa a turbidez. Esta contribui para a alteração das características químicas e físicas da água, por conseguinte implica na utilização da água (transporte, irrigação, uso doméstico etc.), bem como, a alteração na fauna e flora aquática.

Dessa forma, quanto menor for o espelho d'água/seção molhada com altíssimas cargas de sedimentos, maior será, o tempo dentro da unidade hídrica, da mesma forma, maiores serão os problemas ambientais.

Portanto, a configuração atual não retrata apenas as modificações na dinâmica do transporte de cargas de sedimentos das microbacias de estudo, no caso da Mbh Zé Açú, atinge direta e indiretamente quem faz uso da fluvialidade para manter o modo de vida, como os agricultores familiares assentados.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma bacia, sub-bacia ou microbacia hidrográfica é uma unidade geomorfológica fundamental que funciona como um sistema aberto, cujos impulsos das chuvas ativam os processos hidrológicos reguladores das alterações morfológicas, bem como a evolução interna da rede de drenagem.

Assim, o estudo sobre a configuração atual das microbacias hidrográficas do Zé Açú e Mbh Tracajá (segunda microbacia), analisou os registros relacionados ao uso e ocupação da terra e relação com o efeito do escoamento das águas pluvial, assim como o ciclo sedimentológico: deslocamento, transporte e deposição.

Dessa maneira, as análises foram realizadas a respeito da condição dos sedimentos transportados, ou seja, o comportamento das cargas concentradas nas seções das redes hidrográficas (curso fluvial superior, médio e inferior) e, o transporte em suspensão, cuja dependência se atrela aos outros fatores como: velocidade média do fluxo de corrente, as chuvas, as características do solo, o tipo de cobertura vegetal e o uso e ocupação da terra.

Esses aspectos apontaram magnitudes elevadas na produção de sedimentos, considerando os padrões da característica natural respectiva as referidas microbacias hidrográficas, ou seja, sistemas hídricos que em condições normais transfeririam pouca carga detrítica. Os fatores que implicam nessa produção se assemelham aos estudos realizados por Gomes *et al.* (2006):

a) *intensidade com que o solo é desagregado por ação da precipitação e do escoamento superficial (erosão bruta)*. Nos altos cursos da Mbh Zé Açú há voçorocas nos igarapés/rios de 1ª;

b) *dos processos de transferência dos sedimentos da bacia vertente para a calha fluvial*. Na área de estudo as partículas de areia decantam assim que a energia das águas pluviais/enxurradas cessa e vão preenchendo os canais fluviais gradativamente pelo mesmo impulso das novas chuvas, principalmente na Mbh Zé Açú; e

c) *pela sua propagação na calha fluvial* – em ambas microbacias hidrográficas a velocidade média da água não ultrapassa 0,283 m/s. Por este fator; não tem capacidade de

carrear o material mais grosso (areias), como faz com a carga mais fina (argila e silte) que necessita apenas do primeiro impulso e energia suficiente para se manter em suspensão.

Esse material (areia) que os sistemas hídricos não conseguem transportar em longo percurso depositam pacotes arenosos nas paredes das faixas justafluviais dos tributários e na calha principal - no limite do curso superior com o médio, e, preenchem o leito total, colmatando tributários de 1.^a e 2.^a Ordem.

Partindo das análises sobre esses efeitos nas drenagens e, considerando o uso e ocupação da terra nas áreas estratégicas, contribuintes às erosões do tipo voçoroca nas Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá, logo os impactos ambientais ativos, provocam causam fragilidades ambientais, cujos fatores mais preocupantes estão concentrados em dois âmbitos:

i) Quanto a sustentabilidade do *ambiente natural* das microbacias hidrográficas - as intervenções antrópicas provocam alterações nas condições da morfologia e da dinâmica fluvial, por sua vez, a reação é a busca de estabilidade compatível a essas imposições, porém, com muitas limitações pelas perdas já ocorridas (redução da fauna aquática, da vegetação de igapó, das cotas de água e outros). Neste caso, a Mbh Zé Açú como o sistema mais impactado entre outros, nas bordas do leito menor e elevação da base do fundo de leito, inicia o processo de estrangulamento nos limites do canal (depósitos arenosos) entre os cursos superior e médio ajustando-se ao novo metabolismo fluvial. Este ajuste, uma vez atingido, os prejuízos ao ambiente (biótico e abiótico) serão grandiosos, porém necessários para a continuidade do sistema hídrico; e,

ii) Quanto a fluvialidade - as 500 famílias de assentados amazônicos da Mbh Zé Açú, dependentes dos igarapés/rios pelas funções que lhes fornecem como navegação, comunicação, alimentação ficam escassas em média três meses do período de vazante fluvial quer pela cota que não permite transporte fluvial ou pela falta de potabilidade da água. A mesma preocupação já se dirige à microbacia hidrográfica Tracajá que dá sinais de avanço de desflorestamento para ceder lugar à pecuária bovina extensiva, que já é um fator impactante na Mhb Zé Açú.

Portanto, pelo fato de os rios carregarem um elemento vital para o Planeta Terra que é a água, será sempre importante realizar estudos focados nos sistemas hídricos a fim de detectar situações-problemas e encaminhar ações mitigadoras que proporcionem planejamento e gestão integrada, podendo assim gerar benefícios quanto à oferta de água não só para as sociedades humanas, mas também na mesma proporção às políticas de preservação e de conservação desses ambientes hídricos tão importantes ao ambiente biótico e abiótico.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, F. E. O. (1995). **As Alterações Climáticas em Manaus no Século XX**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, D. S. (2000). **Recuperação Ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: Editus.
- ARARIPE, C. A.; FIGUEIREDO, P. J. M.; DEUS, A. S. de (2008). *Zoneamento de APA. Preocupação com a Capacidade de Suporte ou garantia da Ação Antrópica Capitalista? O caso de Ilha Comprida, Litoral Sul de São Paulo*. In: **IV Encontro Nacional da Anppas**. 4,5 e 6 de jun., Brasília (DF), Brasil.
- BLOESCH, J. (1974). *Sedimentation und phosphorhalt im vierwaldstattersee (Hower Bucht) und im Rotsee*. **Schweiz Z. Hydrol**, v. 36, p.71-187.
- BORDAS, M. P. E SEMMELMANN F. R. (1997) *Elementos de Engenharia de Sedimentos*. In Tucci, C. E. M. (org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre (RS) : ABRH , Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4. , Cap. 24, p 915-943
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R.(2008).**The Nature and Properties of Soils**. 14. ed. Virginia:Prentice Hall.
- BRASIL/AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS/Unidade Nacional de Preparação do Projeto (2006). **Visão Estratégica para o Planejamento e Gerenciamento dos Recursos Hídricos e do Solo, Frente às Mudanças Climáticas e para o Desenvolvimento Sustentável da Bacia Hidrográfica do rio Amazonas**.Brasília: ANA/UNPP.
- BRITO, R. N. R. de; ASP, N. E.; BEASLEY,C. R.; SANTOS, H. S. S. dos (2009). *Características sedimentares fluviais associadas ao grau de reservação da mata Ciliar - Rio Urumajó, Nordeste Paraense*. **Acta Amaz.** v.39 n.1, Manaus, Mar. 2009
- BROOKS, K.N.; FFOLLIOTT, P.F.; GREGERSEN, H.M.; THAMES, J.L.(1991). **Hydrology and the management of watersheds**. Ames/Iowa: State University Press.
- CARVALHO, N. de O. (2008). **Hidrossedimentologia prática**. 2.ed.. Rio de Janeiro(RJ):CPRM/Interciência.
- ____ (2000); FILIZOLA JR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de práticas sedimentométricas**, Brasília: Aneel.
- ____ (1994). **Hidrossedimentologia Prática**.Rio de Janeiro: CPRM.
- ____ (1982). **Cálculo de descarga sólida total pelo método de Colby**. Rio de Janeiro. [mimeo].
- CHRISTOFOLETTI, A.(1980). **Geomorfologia**. São Paulo (SP):Edgard Blücher.
- COSTA, T. C. e C. da; SOUZA, M.G.; BRITES, R.S.(1996). *Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas*. In:

Anais VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Salvador, Brasil, INPE, p. 121-127.

CUNHA, P.R.C.; GONZAGA, F.G.; COUTINHO, L.F.C.; FEIJÓ, F.J. (1994). *Bacia do Amazonas*. **Boletim de Geociências** da PETROBRAS, 8:47-55.

CUSSLER, E.L.(1997). **Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems**. 2 ed. Cambridge (UK):Cambridge University Press.

DINEHART, R. L.(1997). **Sediment transport at gaging stations near Mount St. Helens, Washington, 1980-90, data collection and analysis: USGS professional paper 1573**.

Washington: USGS. Disponível em: <http://vulcan.wr.usgs.gov/Projects/SedimentTrans/PP1573/PDF/PP1573.pdf> > Acessado em: 28/07/2012

EINSTEIN, H. A. (1950). *The bed-load function for sediment transportation in open channel flows*. **USDA Soil Conservation Service technical bulletin 1026**. Washington: USDA.

FEARNSIDE, P. M. (2006). *Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle*. **Acta Amaz.** v.36, n.3, p. 395-400.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L. (2011). *Fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia*. **REV. BRAS. GEOCIÊNC.** [online]. 2011, v.41, n.4, p. 566-576.

_____.(2005). **Caderno Regional – Região Hidrográfica Amazônica. Relatório Técnico 2. Programa de estruturação institucional para a consolidação da política nacional de recursos hídricos**. Brasília (DF): Secretaria de Recursos Hídricos.

_____: GUYOT J.L. (2004). *Uso do sinal de retrodifusão do ADCP e a determinação do fluxo de matéria em suspensão nos rios da Amazônia*. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, **ABRH**, Vitória(ES).

_____(1999). **O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Bacia Amazônica brasileira**. Brasília: ANEEL.

FOSTER, G. R. *Modelling the erosion process* (1982). In: HAAN, C. T.; JOHNSON, H. P. JOHNSON; BRAKENSINK, D. L. (eds.). **Hydrologic modelling of small watersheds**. Mich.:ASAE/Monograph, n.. 5.

FREEZE, R. Allen; CHERRY, John A. (1979). **Groundwater**. New Jersey: Prentice-Hall Inc./ Englewood Cliffs.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. (1988). **Hidrologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher.

GOMES, J. P. M.; MERTEN, G. H. & RIBEIRO, G. S. (2006) *Estimativa da umidade antecedente Solo e sua Influência na produção de sedimentos*.In: **VII ENES**. Porto Alegre. CD-ROM.

GUERRA, Antonio José T.; CUNHA, Sandra B.da (1996b). *Geomorfologia e o meio Ambiente*. In: ____;____.**Relação entre Meio Ambiente e Geomorfologia**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.337-380

HAAN, C. T.; BARFIELD, B. J.; HAYES, J. C. (1994). **Desing hydrology and sedimentology for small catchments**. San Diego: Academic Press.

IRION, G. (1976b). *Die entwicklung des zentral-und oberamazonischen tieflands im spat-pleistozan und im holozan*. **Amazoniana**, v. 6, p.67-69.

JUNK, W. J. (1983). *As águas da Região Amazônica - Cap. II* In: SALATI, E.; JUNK, W. J.; SHUBART, H. O. R.; OLIVEIRA, A. E. de (org.). **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense/Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq p.45-100

KOBIYAMA, M. (2008). "*Science is beautiful*": *aplicação da hidrologia no gerenciamento de desastres naturais*. In: V OFICINA INTERNACIONAL SOBRE ENFOQUES REGIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO E GESTÃO DE RESERVATÓRIOS NA BACIA DO PRATA. UNESCO/ICHARM/UNEP, Foz do Iguaçu. **Anais...** CD-rom.

LECKNER, Bo; GHIRELLI, F. (2004). *Transport equation for local residence time of a fluid*. **SCIENCE DIRECT**, 59(3), p.513 – 523.

LEPSCH, I.F.(2002). **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo:Oficina de Textos.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. (1995). **Fluvial Processes in geomorphology**. New York. Republication, Dover Publications.

LIMA, Jorge E. F. W.; SILVA, Euzébio M. da (2007).*Seleção de modelos para o traçado de curvas granulométricas de sedimentos em suspensão em rios*. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande (PB):DEAg/UFCG v.11, n.1, p.101–107. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n1/v11n1a13.pdf>> Acessado em: 27 de julho de 2012.

LOHMAN, R. J.(2003). **Recomposição da Mata Ciliar no Manancial do Córrego Sanga Vera no Município de Nova Santa Rosa. Marechal Cândido Rondon**. Monografia[Trabalho de Conclusão de Curso –TCC], Universidade Estadual do Oeste do Paraná –UNIOESTE.

MARCONDES , Carlos Renato (2011). **Estudo de Descarga Sólida em Suspensão nos Cursos d'água da bacia hidrografica do rio Sapucaí**. Itajubá, (MG). (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá.

MEADE R.H., Nordin C.F., Curtis W.F., Costa Rodrigues F.M., Do Vale C.M., Edmond J.M. (1979). *Sediment loads in the Amazon River*. **Nature**, 278, p.161-163.

MELO, A. G. ; GOLDFARB, M. C. (2012). *Contribuição Para Modelagem De Perfil Longitudinal: Bacia Do Rio Una (PE)*. **Anais do Congresso de Matemática Computacional**, CNMAC, Nordeste, p. 109-111.

MORISAWA, M. (1968). **Streams, their dynamics and morphology**. New York (EUA): McGraw-Hill Boock Company.

MILLER, D. I. (2000). *Fluvial Geomorphology and river management*. In: Phillip O'Neill, FINLAYSON, Brian; FORSTER, Clive, STEPHENSON, Wayne (org.). **Geographical Research**. Austrália: Institute of Australian Geographers. v.38, n.3, nov. p. 253-262.

MOLION, L.C.B.(1993). *Amazonia rainfall and its variability*. In: BONELL, M.; HUFSCHMIDT, M.M.; GLADWELL, J.S. (eds.). **Hydrology and water management in the humid tropics**. International Hydrology Series, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, p. 99 – 111.

PACHECO, J. B.(1999). *Microbacia do Igarapé do Quarenta: Um Ambiente Fluvial Urbano*. In: **1.º SEMINÁRIO LUSO-BRASILEIRO EM POLÍTICAS DO AMBIENTE**. Publicação/Painel da Dissertação de Mestrado: Universidade de Évora - Portugal. julho.

RANDHIR, T. O. *et al.* (2001). *A watershed-based land prioritization model for water supply protection*. **Forest Ecology and Management**, v.143, n.1, p.47-56

RAUDKIVI, A. J.(1998). **Loose Boundary Hydraulics**. Rotterdam:A. A. Balkema.

REBOUÇAS, A. da C. (2003). *Águas Doces e do Brasil*. In: REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, B. (orgs.). **Águas Doces no Brasil:Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3. ed. São Paulo:Escrituras, p. 01-36

RUELLAN, Francis(1945). *As rias Amazônicas*. **Conferencia**. Semana de Estudos Geográficos, Sorocaba(SP). [mimeo].

SALATI, E.; DALL'OLIO, A.; MATSUI, E.; GAT, J.R.(1979). *Recycling of water in the Amazon basin: an isotopic study*. **Water Resource Research**, 15 (5), p. 1250 –1258.

____ (1983). *O Clima Atual Depende da Floresta - Cap. I*. In: ____; JUNK, W. J.; SHUBART, H. O. R.; OLIVEIRA, A. E. de (org.). **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense/Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. p.15-44.

____; LEMOS, H. M. de; SALATI, E. (2002). *Água e o Desenvolvimento Sustentável*. In: REBOUÇAS, Aldo da C.;BRAGA, Benedito(orgs.). **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 2. ed. São Paulo:Escrituras, p.37-61.

SANTOS, A. (1983). **Limnologia do Sistema Tocantins-Araguaia: Aspectos físicos e biogeoquímicos**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em ecologia e recursos naturais – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

SANTOS, I.;FILL, H.D.;SUGAI, M.R.V.B.; BUBA, H.;KISHI,R. T.; MARONE, E.;LAUTERT,L.F.(2001).**Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento/LACTEC.

SCHMIDT G.W. (1972). *Amounts of suspended solids and dissolved substances in the middle reaches of the Amazon over the course of one year: August, 1969 - July 1970*. **Amazoniana**, v.3, n.2, p.208-223.

- SILVA DIAS, M. A. F.; ARTAXO, P. ANDREAE, M. O. (2004). *Aerosols impact clouds in the Amazon Basin*. **Newsletter**, v.14, n. 4, p. 4-6.
- SINGH, P.K.; BHUNYA, P.K.; MISHRA, S.K.; CHAUBE, U.C. (2008). *A sediment graph model based on SCS-CN method*. **Journal of Hydrology**, n.349, p. 244– 255.
- SIOLI, Harald (2006). *Memorial: 50 anos de pesquisas em limnologia na Amazônia*. **ACTA AMAZ**. v. 36, n.3, Manaus (AM).
- ____ (1985). **Amazônia - Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. [Tradução de Johann Becker]. Petrópolis (RJ): Vozes.
- ____ (1984). *O Amazonas e seus principais afluentes: Tipos de rios, hidrografia e morfologia dos rios*. [Traduzido por A. K.] In: SIOLI, H. (editor). **The Amazon – Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Instituto Max-Planck de Limnologia. Dordrecht, W. Junk Publishers, p.127-165.
- ____ (1975b). *Tropical Rivers as expressions of their terrestrial environments*. In: GOLLEY, F.B.; MEDINA, E. [eds.]. **Tropical Ecosystems**. New York: Trends in Terrestrial and Aquatic Research. Springer Verlag, p. 275-287.
- ____ (1974). *Amazon Tributaries and Drainage Basins*. In: **Coupling of Land and Water Systems**. New York/Berlin: A.D.Hasler/Springer-Verlag, p.199-213.
- SKORUPA, Ladislau Araújo (2003) *Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável*. **Meio Ambiente:EMBRAPA**, Jaguariúna, dez.
- SOARES, L. de C. (1991). *Hidrografia*. In: **FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA** – Diretoria de Geociências. Região Norte. v. 3. Rio de Janeiro: IBGE, p.73-121.
- SOUZA, R. B., SOUZA, J.B., GOLDFARB, M. C., (2011). *Determinação e análise do perfil longitudinal do rio UNA –PE*. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Maceió, p. 11, 12.
- SOUZA, R. B., SOUZA, J.B., GOLDFARB, M. C. (2011). *Determinação e análise do perfil longitudinal do rio una – PE*. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. **Maceió**, p. 11, 12.
- MELO, A. G.; GOLDFARB, Mauricio C. *Contribuição para modelagem de perfil longitudinal: bacia do rio UNA –PE* (2012). **Anais do** Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional – CNMAC, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal (RN), 28 a 30 de novembro, p.109-111.
- SOUZA, R. B., SOUZA, J.B., GOLDFARB, M. C. (2011). *Determinação e análise do perfil longitudinal do rio una – PE*. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. **Maceió**, p. 11, 12.

- MELO, A. G.; GOLDFARB, M. C. *Contribuição para modelagem de perfil longitudinal: bacia do rio UNA – PE* (2012). **Anais...** Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional – CMAC, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal (RN), 28 a 30 de novembro, p.109-111.
- STIPP, N. A. F.; OLIVEIRA, J. de (2004). *Estudos ambientais na área da microbacia do Ribeirão dos Apertados – Londrina-PR*. **GEOGRAFIA: REVISTA DO DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 53-65, jul./dez.
- SUGUIO, K. (2003). **Geologia Sedimentar**. São Paulo (SP):Edgard Blücher/EDUSP.
- ____; BIGARELLA, J. J. (1990). **Ambiente Fluvial**. 2. ed. Florianópolis Paraná): UFSC.
- TEIXEIRA, W. G.; ARRUDA, W; SHINZATO, E.; MACEDO, R.S.; MARTINS, G. C.; LIMA, H. N.; RODRIGUES, T. E. (2010). *Solos*. In: MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L (org.). **Geodiversidade do estado do Amazonas**:Programa Geologia do Brasil - Levantamento da Geodiversidade. Manaus: CPRM/ Serviço Geológico do Brasil, p.73-83.
- TRICART, J. F. (1977). *Tipos de planícies aluviais e de leitos fluviais na Amazônia brasileira*. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, ano 3, n. 2, abr/jun, p. 3-40
- TUCCI, C. E. M. (1997). **Hidrologia, ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ____; HESPANHOL, I.; CORDEIRO Neto, O. de M.(2001). **Gestão da água no Brasil**. Brasília (DF): UNESCO.
- TUNDISI, J. G. (1981). *Typology of reservoirs in southern Brazil*. **Verh. Internat. Verein. Limnol**, v. 21, p. 1031 – 1039.
- VANONI, V. A. (1977). **Sedimentation engineering**: manuals and reports on engineering practice. n. 54. New York: ASCE.
- VERSTRAETEN, G.; POESEN, J. (2001). *Factors controlling sediment yield from small intensively cultivated catchments in a temperate humid climate*. **Geomorphology** , 40, p.123–144.
- VIERS, J.; DUPRÉ, B.; GAILLARDET, J.(2009). *Chemical composition of suspended sediments in World Rivers: New insights from a new database*. **Science of the Total Environment**, Paris, v. 407, p. 853-868.
- VILLELA S. M.; MATTOS A. (1975). **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill.
- WATSON, D. A.; LAFLEN, J. M. (1986). *Soil strength, slope, and rainfall intensity effects on interrill erosion*. Transactions of the **ASAE**, 29 (1), p.98-102.
- WARD, A. D.; Trimble, S. W. (1995). **Environmental hydrology**. 2. ed. New York: Lewis Publishers.
- WIEGAND, M. C. (2009). **Proposta metodológica para estimativa da produção de sedimentos em grandes bacias hidrográficas: estudo de caso alto Jaguaribe, CE**.

Fortaleza(CE):UFC. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Departamento de Engenharia Agrícola/Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará.

CAPÍTULO 4 - MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL: MQUAL - Cargas Difusas de Sedimentos Estimados *versus* Field True - Cargas Difusas de Sedimentos Medidos

4.INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma unidade geomorfológica, onde são modelados os processos naturais nas suas múltiplas escalas espaciais e temporais. Também é o local das consequentes incertezas e heterogeneidades, devido aos impactos antrópicos frequentes, na maioria das vezes, provocados pelo uso e ocupação da terra de forma inadequada.

As situações de impactos ambientais são identificadas, registradas, analisadas e, estão presentes nos estudos, em discussões acadêmicas-científicas, conferências ambientais, agendas ambientais e outros eventos, desencadeando medidas mitigadoras na perspectiva de sanar e/ou minimizar esses problemas.

Tudo isso não deixa dúvida que a sociedade em geral tem interesse pela qualidade ambiental, incluindo o bem estar e a segurança humana. Todavia, para esse resultado são importantes a conservação e a preservação dos ambientes, entre eles os sistemas hídricos, visto que o equilíbrio do escoamento superficial direto está em grande parte na responsabilidade das sociedades humanas.

A esse respeito, o estudo de Mello *et al.* (2003), demonstra que os efeitos do tipo citado poderão mudar o escoamento na bacia, inclusive, passando de perene para intermitente, já que os principais impactos nas águas tem origem nos desmatamentos, queimadas, preparo inadequado dos solos, a conseqüente compactação etc. (TUCCI, *et al.*, 2000 e 2003; TUCCI e CORDEIRO, 2004).

Em se tratando de solos, a erosão hídrica/pluvial é a responsável por grandes perdas no Brasil, aproximando-se de 2 a 2,5 bilhões/toneladas/ano de acordo com Correa (2003/2011). Bertoni e Lombardi Neto (1990), confirmam essa perda pelos valores obtidos em uma pequena área desprovida de cobertura vegetal, acometida por erosão pluvial, cujo resultado gerou dados que vão de 1.600 MJ a 9 000 MJ (mm/ha/hora/ano).

Conforme o exposto por esses estudiosos, há demonstração de que não é tão simples trilhar por este enfoque de elencar as ações de interferência, de forma que os processos naturais possam ser conservados e preservados, sustentando a vida social e econômica de maneira equilibrada. Para Becker *et al.* (2002, p.24), somente será possível viver o desenvolvimento sustentável reconhecendo a *insustentabilidade ou inadequação econômica, social e ambiental do padrão de desenvolvimento das sociedades contemporâneas*.

Desse modo, no caminho para o *desenvolvimento sustentável* (DS), não devem constar medidas extremas (preservação total dos ambientes = erradicação dos sistemas

produtivos), já que o equilíbrio é a palavra de ordem, porém com ressalvas condizentes. Sachs (2004), ao prefaciar o livro *Desenvolvimento Sustentável o desafio do século XXI*, de José Eli da Veiga (2008), alerta não ser tão simples o DS quando pensado para este século:

[...] a sustentabilidade no tempo das civilizações humanas vai depender da sua capacidade de se submeter aos preceitos de prudência ecológica e de fazer um bom uso da natureza. É por isso que falamos em *desenvolvimento sustentável*. A rigor, a adjetivação deveria ser desdobrada em socialmente *inclusante*, ambientalmente *sustentável* e economicamente *sustentado* no tempo. (p.10)

No desafio para contribuir com caminhos para ações voltadas ao *desenvolvimento sustentável* é que se realizou este estudo em micro espaço, porém de grande relevância para entender quais as funções e como são reguladas as microbacias hidrográficas modeladoras dos ecossistemas de *terra firme* que fazem limites entre a Amazônia Ocidental e a Oriental.

Os dados obtidos e assim como as respectivas análises servirão para o planejamento e para a gestão da qualidade ambiental, partindo da premissa de que esses indicam como reajustar o uso e a ocupação da terra no perímetro desses sistemas hídricos, sem causar intensos impactos ambientais. Por outro lado, as informações servirão de subsídio para pesquisas em outros sistemas hídricos, principalmente, na rede hidrográfica do Amazonas.

Em relação ao contexto dos sistemas hídricos, em específico nos rios e reservatórios, verifica-se como principais problemas, as fontes pontuais e as difusas.

Estas cargas poluentes podem ser estimadas a partir da modelagem matemática, por ser uma das ferramentas fundamentais para equacionar problemas, como explica os estudos de Nearing *et al.*(1989) e Fernandez (1993), a respeito do cálculo de transporte de sedimentos e, respectivos parâmetros e variáveis que estão envolvidos.

Da mesma forma, Christofolletti (1999) defende a importância da utilização de modelos para avaliar as mudanças na qualidade de sistemas hídricos, tendo em vista servirem para ampliar a capacidade preditiva dos pesquisadores, e, oferecerem respostas à uma demanda permanente no que concerne, por exemplo, a distribuição de água com qualidade.

Dentre os modelos para o estudo das bacias hidrográficas, se tem como alternativas os modelos matemáticos de qualidade da água. Tucci (1998) ressalta que a escolha de um desses modelos depende: a) das características do sistema a ser simulado; b) dos dados disponíveis; c) da disponibilidade de metodologia para representar os processos identificados; e, d) do nível de precisão desejado em função dos objetivos do projeto.

Verifica-se dessa forma, que esses modelos são elaborados de acordo com determinada finalidade, exigindo cautela ao fazer a opção de sua metodologia. Nesse sentido, Sargent (2007) faz as seguintes considerações: a) o modelo escolhido deve ser aplicado para um propósito específico, pois, cada um pode ser válido para um conjunto de condições experimentais e inválidas em outras; b) um modelo será válido desde que esteja

dentro de seu intervalo aceitável, ou seja, se o objetivo de um modelo é para responder a uma variedade de questões; e, c) a validade precisa ser determinada em relação a cada pergunta, aos numerosos conjuntos de condições experimentais e, principalmente, no domínio de aplicabilidade do modelo pretendido.

Segundo Santos (2009), para ser utilizado um modelo, antes de aplicá-lo deve-se ter a compreensão da sua estrutura e limitações, considerando que alguns modelos necessitam de calibração, a fim de reproduzirem uma fidelidade mais aproximada do que está sendo modelado. O referido autor, alude ainda, que os métodos matemáticos em cada modelo, quando aplicados em lugares distintos, surge uma série de outros parâmetros diferentes dos já simulados, os quais devem ser inseridos por representarem as características dos processos físicos reais, como os de um sistema hídrico (bacia hidrográfica, sub-bacia hidrográfica, microbacia hidrográfica).

Araújo (2005) e Haefner (2005) aludem que os modelos matemáticos podem ser usados para obter conhecimento, realizar previsões e controle, assim como, para síntese, análises e instrumentação. Assim, a seleção do modelo dependerá da finalidade pretendida, tempo e dados disponíveis.

Refletindo sobre isso e por ser o Brasil um país extenso, com complexidades e domínios abrangentes ao se considerar as escalas espaciais dos ambientes (área/km²), morfologia, acesso e outros, não é tão possível estudar um sistema natural em dado espaço e generalizar o resultado para outros. Por exemplo, uma sub-bacia hidrográfica/afluente principal do rio Amazonas, como a do rio Madeira, tem complexidades que não permitem estimar equivalência a partir de outra em regiões distintas (Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste ou no Sul), porque serão encontrados aspectos, entre outros, os naturais muito diferentes.

Para o estudo dos sistemas hídricos (microbacia hidrográficas Zé Açú e Tracajá) foram abordada literaturas a respeito do objeto de estudo, mais o auxílio do uso de tecnologias (geoprocessamento), por estas serem fornecedoras de processos que geram dados com maior rapidez e menos custos. Esta forma de realizar um dado estudo é fundamental para as políticas públicas, no sentido de contribuir para a implementação de medidas socioambientais nos planejamentos e gestão desses sistemas, pela resposta mais rápida que estas oferecem.

Associado a esse contexto estão os modelos matemáticos processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), os quais têm tido um papel relevante no planejamento ambiental, na medida em que são instrumentos úteis para gestão, pela natureza de possibilitar a análise da conservação de ecossistemas, e, por englobarem um diagnóstico adequado em sua estruturação, processo e dinâmica.

Para este estudo (microbacia hidrográficas Zé Açú e Tracajá), após análise de modelos matemáticos, selecionou-se o *Módulo Geração de Cargas do Modelo de Correlação Uso do Solo versus Qualidade da Água* (MQUAL), pelos seguintes motivos: i) por ter sido criado em 1997 (e ampliadas outras versões – MQUAL 1.5 e 2.0 com parâmetros e variáveis para o período seco) para aplicar nas redes hidrográficas de São Paulo-Brasil e, aplicados em estudos científicos (Centro-oeste e Sul) e técnico (Norte – Pará); e, ii) por ter variáveis de categorias do uso e ocupação da terra em sistemas hidrográficos semelhantes aos da área deste estudo,

4.1. HISTÓRICO DO MQUAL

O Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo e Qualidade de Água (MQUAL) foi desenvolvido pelo Programa de Saneamento Ambiental da bacia do Guarapiranga, Governo do Estado de São Paulo/Secretaria do Meio Ambiente (SMA). A versão MQUAL 1.0 foi elaborada (1997) para atender as metas do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA), do Programa Guarapiranga/SMA.

O MQUAL foi desenvolvido para explicitar as relações entre o uso, a ocupação e o manejo do solo em uma rede hidrográfica, bem como identificar a qualidade das águas para fins de abastecimento público, subsidiando à tomada de decisões com o melhor conhecimento possível das conseqüências de cada alternativa sobre o sistema hídrico estuda, oferecendo resposta às análises.

As demandas da política ambiental de São Paulo exigiram que outras versões fossem aprimoradas com base na primeira, entre as quais: MQUAL 2.0 (1998) - dedicado à Avaliação da Poluição por Fontes Difusas Afluentes ao Reservatório Guarapiranga/*Programa Guarapiranga*(SMA).O objetivo dessas novas versões foi aprofundar o conhecimento sobre a geração de cargas difusas na bacia, separando-as em cargas de tempo seco e tempo úmido; MQUAL 1.5 (2003) – a versão que incorpora atualizações dos softwares anteriores; e, mais as versões “2.0aj” – estudos de várzea e, “2.0 G” – incorporou as cargas do Braço Taquacetuba e interfaces com o software GIS.

4.1.1 Característica do MQUAL

O MQUAL é um modelo que simula os fenômenos de geração e o abatimento das fontes que são as cargas poluidoras nos seguintes ambientes: na superfície do terreno onde estão as fontes de cargas poluidoras; nos rios principais e seus afluentes; e, em reservatórios. É composto por três módulos:

a) *Módulo 1 – Geração de Cargas* - são estimadas as cargas de nutrientes (nitrogênio e fósforo), cargas orgânicas (DBOc e DBO_n), cargas de bactérias (coliformes totais) e cargas de sólidos suspensos.

A origem dessas, advém de *fontes pontuais* (geração de cargas domésticas e industriais) e *fontes difusas* (geradas pelo uso e cobertura da terra). O resultado tem como base os coeficientes de exportação de cargas associados a diferentes categorias de uso e ocupação do solo dentro dos limites de uma bacia;

b) *Módulo 2 – Simulação dos Principais Tributários*, respectiva a qualidade da água no seu perfil longitudinal. Para simular empregou-se o modelo SIMOX-III, desenvolvido a partir de outro fornecido ao *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitária y Ciencias del Ambiente* pertencente (CEPIS), pela *Organização Panamericana da Saúde* (OPAS);

c) *Módulo 3 – Simulação do Reservatório*: a qualidade da água no reservatório, simulação com o emprego do Modelo HAR03.

Segundo a SMA (2011) o modelo matemático MQUAL tem todo um contexto importante que é fundamental para o interesse das políticas públicas.

Neste estudo, a atenção será dada ao Módulo 1 de Geração de Cargas. É importante ressaltar que o coeficiente de exportação de cargas advém da básica do módulo de geração de cargas difusas descrita abaixo:

$$C_i = \sum (A_i \times c_i) \quad (3)$$

Onde:

C_i - carga média de cada parâmetro de qualidade de água para cada bacia de contribuição (kg/dia);

A_i - área ocupada pelas diferentes categorias de uso da terra nas bacias de contribuição (Km²);

c_i - coeficientes de exportação de cargas difusas de cada parâmetro ambiental para as diferentes categorias de uso e ocupação da terra (kg/km²/dia);

Para o uso da equação os coeficientes/parâmetros de exportação e variáveis/classes de uso da terra estão estruturados de acordo com os padrões das versões abaixo (**Tabela 4.1**):

Tabela 4.1 – Origem dos coeficientes de exportação: cargas difusas de Sedimentos Transportados em Suspensão modelado nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá

CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA AJUSTADAS	COEFICIENTES DO MQUAL (kg/dia/km ²)		
	PERÍODO ÚMIDO	PERÍODO SECO	CLASSES MQUAL (1.0,1.5,2.0) PADRÃO
Agricultura_Familiar	230,000	10,455	Atividade Agrícola
Pastagem	40,000	8,000	Pastagem
Capoeira_Campo	30,000	3,750	Capoeira/Campo
Hidrografia	0,000	0,000	Hidrografia
Florestas_Nativas	20,000	2,500	Floresta

Fonte: SMA/2011 – org. PACHECO, J. B./2012

Para a SMA (2011), a estrutura do MQUAL permite aperfeiçoamentos progressivos, a partir das novas informações e dos conhecimentos inseridos, cada vez que tem aplicações em ambientes hídricos distintos.

A estrutura desse modelo matemático é constituída de características especiais e portadoras de implicações de interesse desta pesquisa ambiental, entre eles a geocodificação dos dados (base, processamento e análise ambiental) relacionados com uso e ocupação da terra e qualidade ambiental da água, o tempo e o custo. Para Machado *et al.* (2003):

A principal vantagem da aplicação de modelos reside na possibilidade do estudo de vários cenários diferentes e de forma rápida, muitos deles ainda não explorados em experimentos reais. Outra importante vantagem da utilização de simulação [...] está associada a seu baixo custo. Na maioria das aplicações, o custo de executar um programa computacional é muitas ordens de magnitude menor do que o correspondente custo relativo à investigação experimental.(p. 728)

Todavia, quando se opta por modelos, deve-se ter sempre em vista a situação real e a simulada e como se pode relacioná-las. Xavier da Silva (1992, p. 49), orienta sobre a calibragem no cotejamento das situações ambientais reais, tendo em vista servir de aprimoramento das relações entre a realidade e a representação simplificada do modelo. Se assim for procedido, conforme o referido autor, o modelo passará de simples simulação para um caráter heurístico indisputável, considerando *a paulatina e ordenada aquisição de conhecimentos sobre a malha de relações naturais e socio-econômicas que incide sobre qualquer problemática ambiental.*

Neste contexto, este capítulo tem como objetivo estimar a exportação de carga de sedimentos transportados em suspensão, Módulo 1, do Modelo de Correlação Uso do Solo X Qualidade da Água (MQUAL), fazendo correlações com os registros tomados nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá.

4.2 MÉTODOLOGIA

4.2.1 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa de tese foi desenvolvida nas seguintes fases:

4.2.1.1 FASE 01 - Levantamentos Básicos

- Aquisição da base teórica e metodológica a respeito da modelagem matemática, denominada de *Modelo de Geração de Cargas versus Qualidade da água*: Relatórios de Planos de bacias hidrográficas de 2006-2011 da Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA/Coordenadoria de Planejamento Ambiental-CPLEA (São Paulo); regulamentos jurídicos; e estudos científicos;

- Levantamento e seleção dos dados sobre a microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá, a partir de instrumento documental nas instituições: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional e Reforma Agrária (INCRA), Cooperativa

de Técnicos Multiprofissionais em Agropecuária (COOTEMPA), Ministério do Exército /Departamento de Engenharia e Comunicações/Diretoria de Serviço Geográfico – Região Norte do Brasil.

- *Trabalho de campo* – com a finalidade de coleta de informações e verificação: a) registros fluvio-hidrossedimentológicos; b) assinatura de campo para o mapa de uso e ocupação da terra; c) Mapeamento com GPS, dos tributários com erosão.

- *Organização do Sistema de Informação Geográfica (SIG)*

A função do geoprocessamento permite tratar das informações geográficas necessitando para isto de ferramentas computacionais que favorecem análises complexas ao criar bancos de dados georreferenciados, juntamente com a integração de diversas fontes.

Para Xavier da Silva e Carvalho Filho (1993), os Sistemas Geográficos de Informação (SIG) e as técnicas de geoprocessamentos permitem contribuir para a prognose ambiental (relativo a política ambiental – decisões externas e gestão), por meio das simulações, criações de cenários, geradores de condições objetivas na definição de controles para o manejo ambiental e respectiva aplicação.

Partindo desse contexto, o ambiente SIG foi organizado da seguinte forma:

i) Base Computacional - Ambiente ArcGIS/versão utilizada 9.3 - a sua plataforma é constituída na estrutura de três aplicativos com as seguintes funções :

ArcCatalog - permite a gestão das informações geográficas, local em que podem ser criados e mobilizados arquivos e pastas. Também, possibilita realizar pesquisas de buscas de dados;

ArcMap - responsável pela visualização, análise, edição e exportação de mapas. É composto por um conjunto de *layers* de informação executor de várias funções; e,

ArcToolbox - aplicativo com mais de 100 ferramentas executoras do processamento de dados (conversão de dados, transformações de coordenadas, operações de construção topológica, operações de análise espacial etc.).

ii) Mosaico de imagens de satélites/bandas espectrais TM/LANDSAT-5 da orbita/ponto 228/062 e 229/062, 08/10/2010 e 2011. Essas imagens foram adquiridas gratuitamente no Catálogo de Imagem INPE/2011, postadas no site Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com datas de imageamento que possibilitasse a análise do uso e ocupação do solo, com baixa ocorrência de nuvens sobre a área da pesquisa de tese;

Na classificação digital da imagem foram utilizadas as bandas 3 (faixa do visível), 4, 5 (infravermelho próximo), correspondente a composição colorida (BGR/RGB) como descreve Nishi *et al.* (2008);

iii) Imagem do projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), resolução de 90 metros, disponibilizada no sítio da *United States Geological Survey* (USGS), Folha SA-21-Z-A. Foi utilizada para fins de delimitação das microbacias hidrográficas e respectivos cursos fluviais (inferior, médio, superior), bem como, os recortes das imagens LANDSAT, utilizadas na reorganização das classes do uso e ocupação do solo;

Para conversão da imagem SRTM do arquivo BIL para o GRID, calibração das bandas LANDSAT foi inserido no aplicativo ArcToolbox 7.1;

A imagem SRTM necessitou de tratamento, pelas imperfeições identificadas como depressões espúrias (*sinks*), picos anômalos e áreas com ausência de dados no quadrante S03W60 do SRTM, compreendendo parte do Estado do Amazonas. O tratamento das falhas, para o preenchimento dos *sinks*, fez-se uso das ferramentas disponíveis no *Spatial Analyst Tools* do ArcGis 9.3;

iv) Software ENVI 4.3 – serviu para aplicar a filtragem, a fim de permitir o contraste nas imagens de LAND que serviram na interpretação visual para atualizar o shape do mapeamento do Projeto Terra Class 2008;

As imagens LAND foram tratadas com as técnicas de realce, por meio da manipulação de contraste e operações entre bandas. A operação utilizada foi a divisão entre as bandas, ou seja, uma operação não linear, com a finalidade de realçar as diferenças espectrais de um par de bandas, caracterizando determinadas feições da curva de assinatura espectral de alguns alvos.

v) A base para reorganização do mapa de uso e ocupação da terra nas microbacias (Tracajá e Zé Açú), necessário para a aplicação do MQUAL foi o mapeamento do *Projeto Terra Class 2008*.

Este produto geoprocessado (*Projeto Terra Class 2008*) – corresponde à elaboração do mapa que descreve a situação do uso e da cobertura da terra em 2008, abrangendo as áreas desflorestadas da Amazônia Legal. Realizado pelo Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES), desenvolvido e executado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)/Centro Regional da Amazônia (CRA/INPE/Belém-PA; EMBRAPA Amazônia Oriental (Belém-PA); e, EMBRAPA Informática Agropecuária (Campinas-SP).

Composição desse mapa de uso e cobertura da terra é disponibilizado gratuitamente no site do INPE/CRA. No produto com os dados de uso e cobertura da terra fazem parte doze classes e/ou categorias, das quais foram selecionadas as de equivalência às classes padronizadas constantes do modelo MQUAL (1.0, 1.5, 2.0). As referidas classes foram adequadas de acordo com a situação dos sistemas produtivos diagnosticados nos registros deste estudo - Mbh Zé Açú e Tracajá (**Fig.4.1**).

CLASSES/VARIÁVEIS	SMA/PRIME,2004 / SMA ,2011	PROJETO TERRACLASS2008 (2011)
Agricultura_Familiar	Atividade agrícola: inclui as culturas temporárias e perenes, a horticultura, a criação de animais e as chácaras isoladas e de subsistência, mais, os solos expostos no seu entorno imediato.	Mosaico de ocupações: áreas representadas por uma associação de diversas modalidades de uso da terra nesta classe, a agricultura familiar é realizada de forma conjugada ao subsistema de pastagens para criação tradicional de gado.
Pastagem	Pastagem: áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas mediante plantio de forragens perenes (vegetação de gramíneas ou leguminosas).	Pasto com solo exposto: áreas que, após o corte raso da floresta e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, apresentam uma cobertura de pelo menos 50% de solo exposto.
Capoeira_Campo	capoeira e campo: categoria que agrega a vegetação de baixo porte e a vegetação de porte arbóreo no início do processo de regeneração (capoeira inicial).	Vegetação secundária: áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea ou que foram utilizadas para a prática de silvicultura ou agricultura permanente com uso de espécies nativas ou exóticas.
Florestas_Nativas	Florestas: um conjunto de estruturas florestal e campestre, primária ou secundária.	Florestas primárias: naturais da região em que se encontra.

Fig. 4.1 - Detalhamento das Classes/Variáveis de uso e cobertura da terra

Fonte: TerraClass (2011); SMA/PRIME(2004, 2006)/SMA (2011). Org. PACHÊCO, J.B (2012)

4.2.1.2 FASE 02 – Modelagem matemática com o MQUAL

Modelagem Matemática – Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo versus Qualidade da Água (MQUAL).

Conforme já descrito, o MQUAL baseia-se na equação básica de geração de cargas, composto por um sistema de informação georreferenciada e de um sistema de modelo matemático (SMA, 2004 e 2011; STEINKE, 2007; STEINKE e SAITO, 2008).

A aplicação do MQUAL foi realizada com o *Módulo 1 Geração de Cargas*, cujos coeficientes de exportação de cargas respectivos as cargas difusas de transportados em suspensão (**CDsts**), por serem estas de maior associações com as diferentes classes de uso e ocupação do solo, no caso do estudo, dentro dos limites das microbacias hidrográficas modeladas: Zé Açú e Tracajá.

Desse modo, a modelagem matemática (MQUAL) das cargas difusas nas Mbh de estudo (Zé Açú) e de referência fisiográfica (Tracajá) foi estimada a partir de sua estrutura: classes/variáveis de uso e ocupação da terra; e , coeficientes-parâmetro das exportações de cargas constantes na **Tabela 4.1** e **Fig. 4.1**.

4.2.1.3 FASE 03 – Correlação da modelagem do MQUAL com a verdade de campo/field true

Como parte de toda metodologia possuidora de cálculos automáticos, principalmente os do ambiente SIG - para a validação do MQUAL - foram realizados registros da variabilidade fluvio-hidrossedimentológicos, nos dois períodos sazonais da Amazônia Ocidental: cheia fluvial/enchente – dezembro a julho; e, vazante fluvial/seca – agosto a novembro-dezembro, no período de julho de 2010 a julho de 2011, totalizando em treze campanhas.

Os dados obtidos das serviram para validar os períodos de equivalência do Modelo Matemático MQUAL: os coeficientes de exportação de cargas correspondentes aos períodos úmido e o seco foram aplicados com os dados de campo/*field true* do período de cheia fluvial/enchente e vazante fluvial.

Esses registros foram coletados nas microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá. Nesta última, foram registrados os dados fluvio-hidrométricos como parâmetros comparativos por apresentar características morfogenética semelhantes a Mbh Zé Açú, onde é o estudo analítico.

Fez parte dos dados registrados nas microbacias hidrográficas de estudo:

a) a observação de campo e o mapeamento com GPS dos pontos identificados por impactos erosivos;

b) a seleção e os balizamentos dos 06 postos fluvio-hidrométricos distribuídos no perfil longitudinal, sendo um para cada curso fluvial (superior, médio, inferior), de cada microbacia (Zé Açú e Tracajá); e,

c) registros mensais - descargas líquidas/vazão (Q_L), cargas de sedimentos transportados em suspensão ($Q_{sts_{sm}}$);

A fim de compor a análise entre os dados das cargas difusas de sedimentos medido ($CD_{sts_{sm}}$) e as cargas difusas de sedimentos estimados ($CD_{sts_{se}}$) resultantes do MQUAL, permitindo a demonstração da diferença entre estas foi elaborada a seguinte equação:

$$\text{Razão (\%)} = \frac{CD_{sts_{se}}}{CD_{sts_{sm}}} \times 100$$

Onde:

Razão (%) = e a porcentagem resultante da comparação entre Carga Difusa de sedimentos em suspensão simulada pelo MQUAL e os registros fluvio-hidrossedimentológicos de cada curso fluvial.

$CD_{sts_{se}}$ = é a Carga Difusa de sedimentos transportados em suspensão respectiva aos sedimentos estimados pelo MQUAL.

$CD_{sts_{sm}}$ = é a Carga Difusa de sedimentos transportados em suspensão e/ou sedimentos medidos.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Organização da Estrutura Espacial

Na paisagem dos sistemas hídricos estão zoneadas: seis comunidades no Zé Açú - N. S. das Graças, Paraíso, Bom Socorro do Zé Açú, Nazaré, Santa Fé e Boa Esperança); e, doze comunidades no Tracajá/segunda microbacia - Máximo, Toledo Pizza-Tracajá, Sag. Coração de Jesus, Toledo Pizza (margem do rio), São Benedito, Santo Expedito, Santo Antonio do Tracajá, São Sebastião do Juruá, Colônia Soares, Novo Oriente, Nossa Senhora de Fátima e, Monte das Oliveira.

Nessas comunidades estão os lotes de terra ocupados/assentados por: vaqueiros-caseiros e respectivas famílias temporárias ou permanentes, mas com mobilidade entre os lotes do mesmo pecuarista dos agronegócios e os agricultores familiares.

No que se refere à área/hectare dos lotes foram mapeados, considerando os limites: das ocupações das comunidades católicas que existiam antes da criação do PA Vila Amazonia (Santo Antonio do Tracajá, Bom Socorro do Zé Açú, Nazaré, Boa Esperança); e, das estradas, ramais, a malha hidrográfica. (Sistema de Informações de Projetos de Reforma Agrária – MDA/INCRA/SIPRA, 2007).

Por conta disso a maior área do PA está ocupada por lotes que vão de 3 a 30 hectares (70%) e a menor área (30%) com lotes que variam entre 31 a 100 hectares.

4.3.2 Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo *versus* Qualidade da Água (MQUAL): Módulo 1 Geração de Cargas – estimativas das cargas difusas sedimentos transportados em suspensão - microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá

O modelo matemático (MQUAL) está sendo aplicado pela primeira vez nas redes de drenagem fluvial de tributários da bacia hidrográfica do Amazonas, de formação geológica e geomorfológica distinta dos lugares, onde já fora aplicado antes (Exemplos: Lagoa Mirim – Fronteira entre o Brasil e o Uruguai; bacias hidrográficas de São Paulo – Guarapiranga, Reservatório Billings, dos Córregos Cedro e Cedrinho/Presidente Prudente; AEH Belo Monte – reservatórios no rio Xingu/Altamira-Pará).

Como a modelagem matemática do MQUAL diz respeito ao uso do solo e qualidade da água, então careceu do mapeamento das classes do uso e da ocupação terra.

4.3.2.1 Ocupação e uso da terra nas microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental

O mapa de uso e da ocupação da terra ajustou as classes/categorias de acordo com o sistema produtivo das microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá conforme o que consta na **Figura 4.2**.

As classes/categorias de uso e ocupação da terra do Projeto TerraClass 2008 foram aglutinadas a fim de compor a realidade ambiental a partir das imagens de LANDSAT e o diagnóstico realizado no *field true* das Mbh Zé Açú e Tracajá de 2010 e 2011:1) *agricultura*

familiar - adveio da vegetação secundária, regeneração de pasto, agropecuária, área urbana, desflorestamento; 2) *floresta nativa* - trocou apenas de nome - *floresta*; 3) *hidrografia* - permaneceu a mesma classe; 4) *Capoeira campo* - adveio de vegetação secundária mais pasto sujo; 5) *pastagem* = veio de pasto limpo mais vegetação secundária.

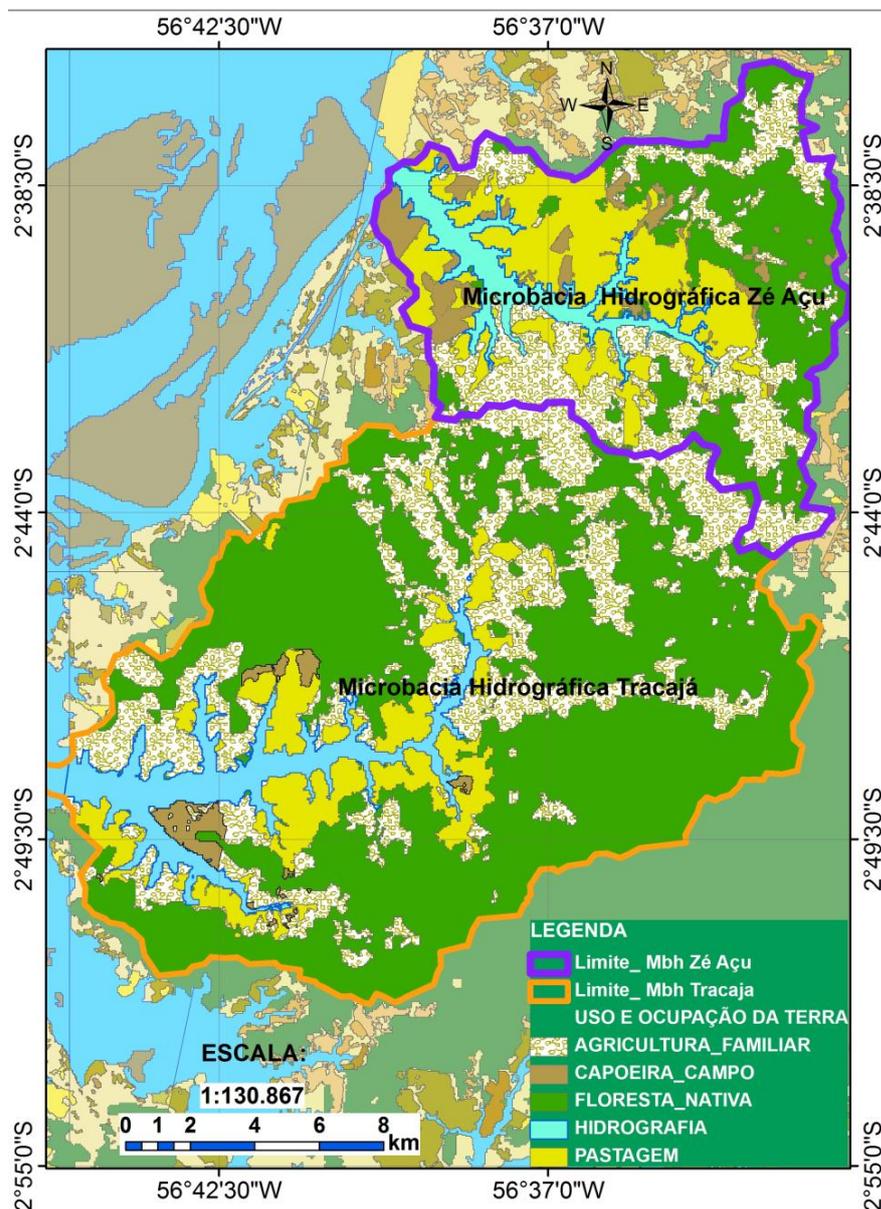


Figura 4.2 – Uso e cobertura da terra nas microbacias hidrográficas: Zé Açú e Tracajá
 FONTE: TerraClass 2008/2011 e verdade de campo/field true. Org. por PACHÊCO, J. B./2012

Organizado em ambiente SIG com essas classes foram gerados os mapas temáticos das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá demonstrando como são as principais formas de uso e a ocupação da terra (**Fig. 4.2**):

a) A microbacia hidrográfica Tracajá é ocupada por 416 lotes com 416 famílias. As atividades produtivas são as mesmas da rede de drenagem de aplicação(Zé Açú).

Da área (km²) da Mbh Tracajá pouco mais da metade é de floresta nativa e a outra está distribuída com atividades: 1) da agricultura Familiar; e, 2) oriundo da pecuária extensiva. Esta última categoria, representadas na **Tabela 4.2** pelas classes Pastagem e Capoeira campo.

Tabela 4.2 – Área (km²) ocupada pelos ambientes produtivos na microbacia hidrográfica Tracajá

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	ÁREA DOS CURSOS FLUVIAS E OS PERCENTUAIS						TOTAL DA ÁREA DA Mbh Tracajá	
	Curso Superior (km ²)	(%)	Curso Médio (km ²)	(%)	Curso Inferior (km ²)	(%)	(km ²)	(%)
AGRICULTURA_FAMILIAR	46,681	25,5	5,842	18,0	18,100	27,0	70,623	24,9
CAPOEIRA_CAMPO	0,237	0,2	1,118	3,0	2,550	3,8	3,904	1,4
FLORESTA_NATIVA	120,543	65,8	9,748	30,0	30,738	45,5	161,030	56,9
PASTAGEM	12,032	6,6	10,167	31,0	5,211	7,7	27,410	9,7
HIDROGRAFIA	3,496	1,9	5,803	18,0	10,938	16,0	20,238	7,1
TOTAL	182,989		32,678		67,537		283,204	

b) A microbacia hidrográfica Zé Açú é sobreposta por 408 lotes que são ocupados por 416 famílias. As atividades do sistema produtivo estão distribuídas na **Tabela 4.3**.

Tabela 4.3 – Área (km²) ocupada pelos ambientes produtivos na microbacia hidrográfica Zé Açú

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	ÁREA DOS CURSOS FLUVIAS E OS PERCENTUAIS						TOTAL DA ÁREA DA Mbh Zé Açú	
	Curso Superior (km ²)	(%)	Curso Médio (km ²)	(%)	Curso Inferior (km ²)	(%)	(km ²)	(%)
AGRICULTURA_FAMILIAR	10,357	48,9	15,824	24,5	10,381	25,2	36,562	28,8
CAPOEIRA_CAMPO	0,174	0,8	2,698	4,2	6,420	15,6	9,292	7,3
FLORESTA_NATIVA	8,044	37,9	26,796	41,5	1,592	3,9	36,433	28,7
PASTAGEM	2,253	10,6	16,622	25,7	14,577	35,4	33,453	26,4
HIDROGRAFIA	0,371	1,8	2,656	4,1	8,157	19,9	11,184	8,8
TOTAL	21,199		64,596		41,127		126,923	

Fonte: Org. por PACHECO, J.B./2012

Das atividades produtivas, a pecuária extensiva (bovina e bubalina) é a que ocupa o maior espaço, representado pelas classes capoeira campo e pastagem, seguida pela agricultura familiar (**Tabela 4.3** e **Fig. 4.2**).

Os sistemas hídricos Zé Açú e Tracajá localizam-se no PA Vila Amazônia criado pela reforma agrária brasileira em 1988 para assentar agricultores familiares tradicionais, entretanto, até esta data havia algumas terras (30 proprietários) possuidoras do registro de imóveis ocupadas com atividades produtivas, principalmente, voltadas para a pecuária bovina. Em função disto não foram desapropriadas, sendo incluídas na malha do loteamento/INCRA e com direito ao título definitivo após 25 anos de ocupação, se comprovados entre outros, com a declaração anual do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR):

LEI Nº 9.393, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1996 - Dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, sobre pagamento da dívida representada por Títulos da Dívida Agrária e dá outras providências.

[...]

Art. 1º O Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, de apuração anual, tem como fato gerador a propriedade, o domínio útil ou a posse de imóvel por natureza, localizado fora da zona urbana do município, em 1º de janeiro de cada ano.

§ 1º O ITR incide inclusive sobre o imóvel declarado de interesse social para fins de reforma agrária, enquanto não transferida a propriedade, exceto se houver imissão prévia na posse; [...]

Art. 2º Nos termos do art. 153, § 4º, *in fine*, da Constituição, o imposto não incide sobre pequenas glebas rurais, quando as explore, só ou com sua família, o proprietário que não possua outro imóvel.

Parágrafo único. Para os efeitos deste artigo, pequenas glebas rurais são os imóveis com área igual ou inferior a:

I - 100 ha, se localizado em município compreendido na Amazônia Ocidental ou no Pantanal mato-grossense e sul-mato-grossense; [...]

Da Isenção - Art. 3º São isentos do imposto:

I - o imóvel rural compreendido em programa oficial de reforma agrária, caracterizado pelas autoridades competentes como assentamento, que, cumulativamente, atenda aos seguintes requisitos:

[...] b) a fração ideal por família assentada não ultrapasse os limites estabelecidos no artigo anterior;

4.3.3 Microbacias hidrográficas da Amazonia Ocidental e o uso e a ocupação da terra: dados estimados com os coeficientes/parâmetros e variáveis do modelo matemático MQUAL versus as taxas medidas de sedimentos transportados em suspensão

Os resultados obtidos foram modelados por meio do Módulo 1 – *Geração de Cargas* difusas dos sólidos transportados em suspensão (CD_{sts}) geradas pelo uso e ocupação da terra nas microbacias hidrográficas (Mbh) Zé Açú e Tracajá.

Essa modelagem matemática tem a finalidade de comparar aos dados de campo (*fiel true*) registrados nos respectivos cursos fluviais.

4.3.3.1 Modelagem matemática com os os coeficientes de exportação de cargas/parâmetros correspondentes ao período úmido e período seco

Os coeficientes exportação de carga, padronizados pelo MQUAL 1.0, 2.0 e 1.5 para Módulo 1 – *Geração de Cargas* difusas dos sólidos transportados em suspensão (CD_{sts}), têm como parâmetro a medida calculada em quilograma dia por quilômetro quadrado ($kg/dia/km^2$).

Os valores referência são equacionados no período úmido - o maior peso é de 230,000 $kg/dia/km^2$ e o menor 20 $kg/dia/km^2$; e no período seco - o maior peso é 10,455 $kg/dia/km^2$ e o menor 2,500 $kg/dia/km^2$ (**Tabela 4.1**).

Partindo do exposto e com os dados de área de usos e ocupações da terra (classes) foram modeladas as duas microbacias hidrográficas (**Fig. 4.3 e 4.4** e as **Tabelas 4.4 e 4.5**).

**CARGAS DIFUSAS DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS EM SUSPENSÃO
MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS ZÉ AÇU E TRACAJÁ**

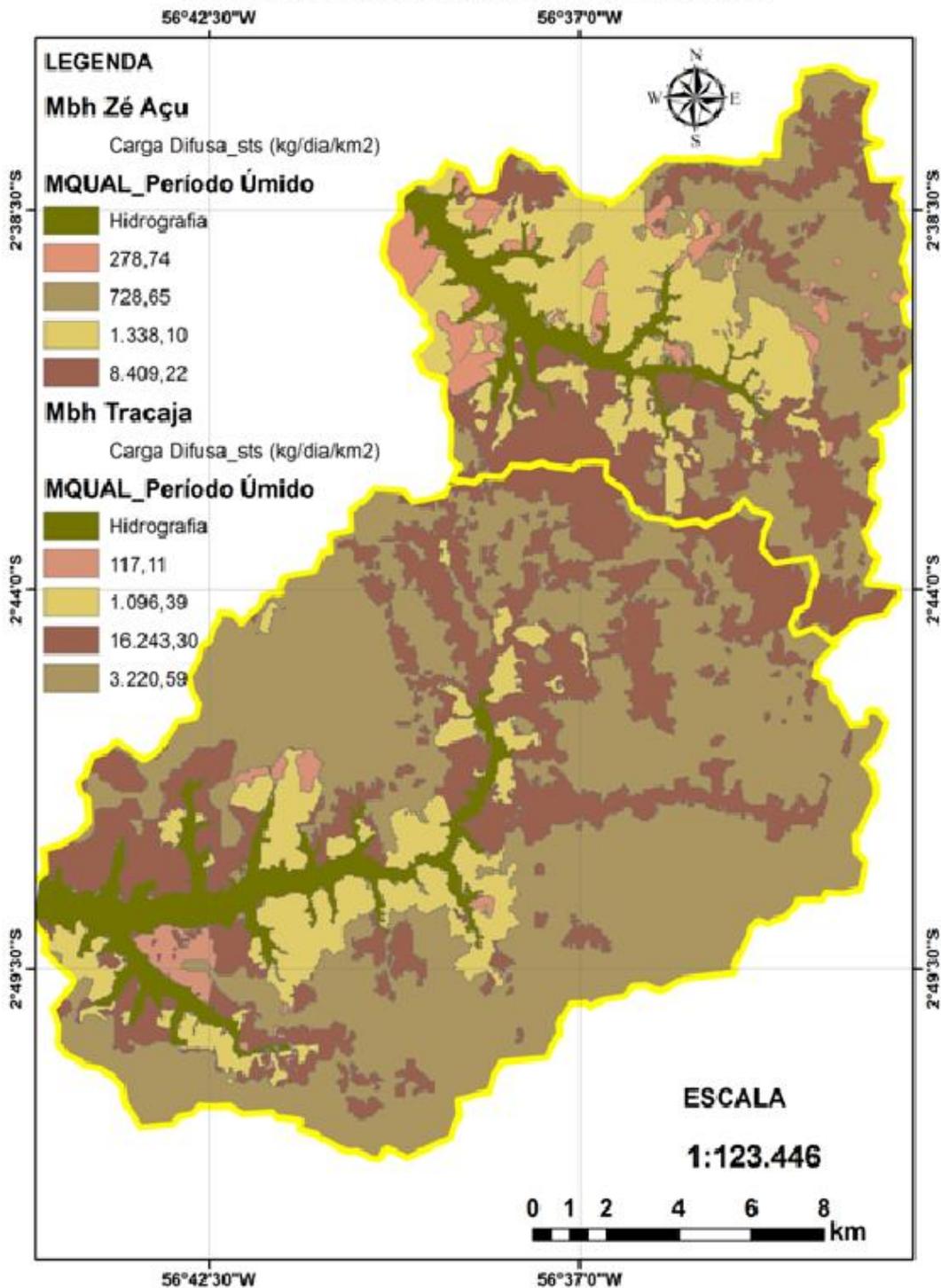


Figura 4.3 - Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos em Suspensão no Período Umido - Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá

Fonte: Coefic. Exp. CD/MQUAL 1.0, 2.0 e 1.5/SMA(2011) org. PACHÊCO, J. B./2012

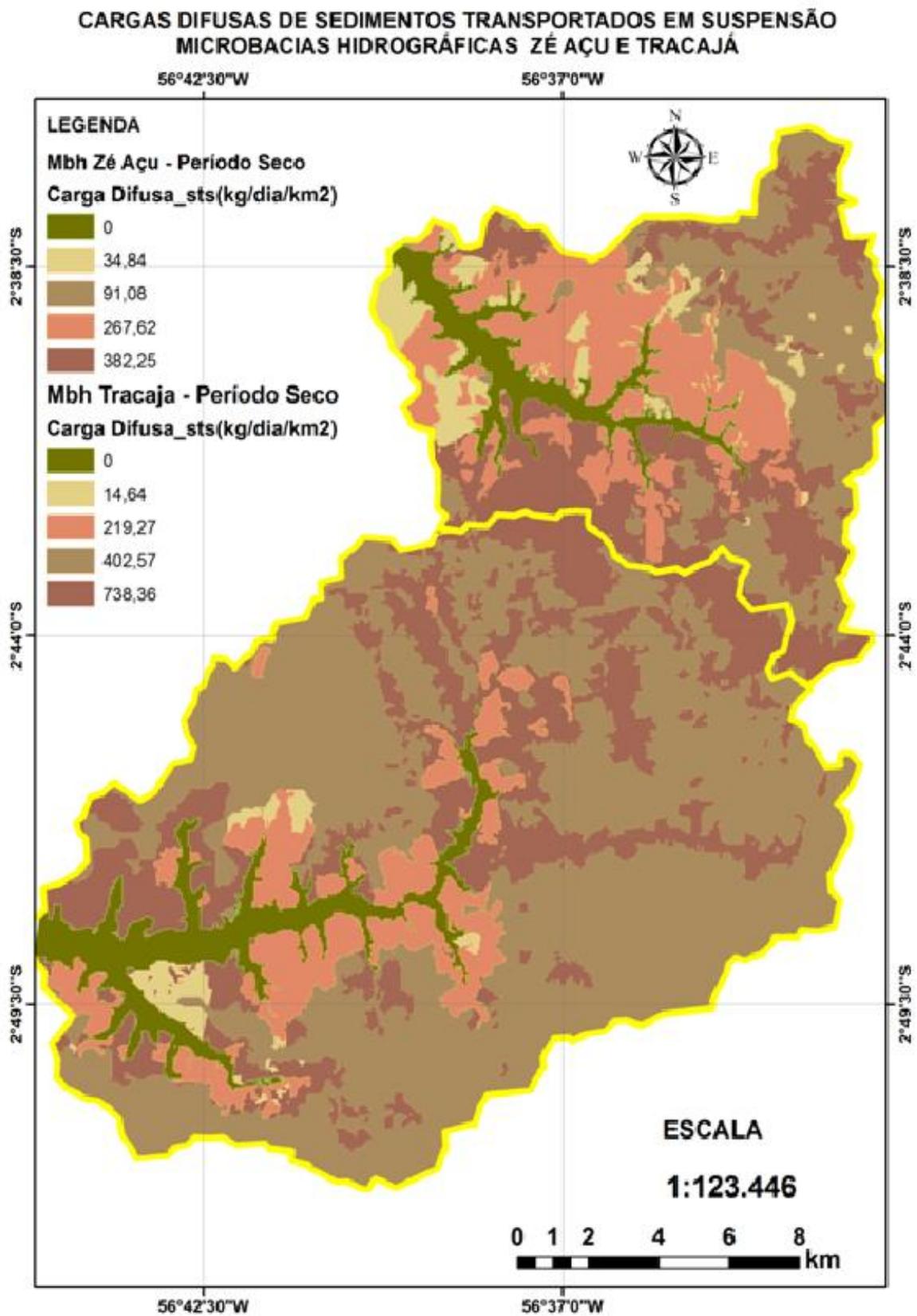


Figura 4.4 - Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos em Suspensão no Período Seco – Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá

Fonte: Coefic. Exp. CD/MQUAL 1.0, 2.0 e 1.5/SMA(2011) org. PACHÊCO, J. B./2012.

As estimativas de modelagem no Modelo de Geração de Cargas e Qualidade de Água - MQUAL foram correlacionadas por cada categoria/classe, medidas em quilometro quadrado (km²) pelos referidos coeficientes de exportação desse modelo matemático, nos dois períodos sazonais:

As sazonalidades de registros foram às respectivas da Amazônia (Cheia Fluvial/Período Chuvoso e Vazante Fluvial/Estiagem das Chuvas/Seca), a fim de servirem como análise dos parâmetros do Período Úmido e do Período Seco estimados pelo MQUAL (Fig. 4.3. e 4.4 e Tabelas 4.4 e 4.5) e os registros de *field true*.

a) Mbh Zé Açú (Fig. 4.3 e 4.4) – tanto no período seco como no úmido - a área maior (km²) é ocupada por atividades do agronegócio/pecuária extensiva, representadas pelas classes capoeira_campo e pastagem, geradoras de menor carga difusa, enquanto a agricultura familiar ocupa menor área, porém com os dados estimados da geração de **CDsts_{se}** maior;

b) Mbh Tracajá (Fig. 4.3. e 4.4) - as **CDsts_{se}** são geradas proporcionais ao valor do coeficiente de exportação de carga (kg/dia) e a área (km²) da categoria de uso e ocupação da terra: 1) Maior **CDsts_{se}** - a agricultura familiar - segunda maior classe (km²) e maior parâmetro (230,000 kg/dia); 2) segunda maior **CDsts_{se}** - Floresta nativa – quarto maior coeficiente (20,00 kg/dia), maior classe/área (km²); e terceira e quarta **CDsts_{se}** e área/classe (km²) de uso e ocupação – capoeira_campo e pastagem.

Tabela 4.4 –Modelagem no MQUAL - Período Úmido - MÓDULO 1 - Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos em Suspensão (CDsts_{se}) para as microbacias hidrográficas

MQUAL- MÓDULO 1 - Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos em Suspensão(CDsts _{se})		Microbacia Hidrográfica Tracajá		Microbacia Hidrográfica Zé Açú	
VARIÁVEIS/ Classes de uso e a ocupação da terra	PERÍODO ÚMIDO	ÁREA (km ²)	TOTAL	ÁREA (km ²)	TOTAL
	Coef de Exp. de Carga (kg/dia/km ²)		CDsts _{se} (kg/dia)		CDsts _{se} (kg/dia)
Agricultura_Familiar	230,000	70,623	16.243,300	36,562	8.409,220
Capoeira_Campo	30,000	3,904	117,110	9,292	278,740
Floresta_Nativa	20,000	161,030	3.220,590	36,433	728,650
Pastagem	40,000	27,410	1.096,390	33,453	1.338,100
Hidrografia	0,000	20,238	0,000	11,184	0,000
TOTAL		283,204	20.677,400	126,923	10.754,720

Tabela 4.5– Modelagem no MQUAL- Período Seco- MÓDULO 1 - Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos Transportados em Suspensão (CDsts_{se}) para as microbacias hidrográficas

MQUAL- MÓDULO 1 - Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos em Suspensão(CDsts _{se})		Microbacia Hidrográfica Tracajá		Microbacia Hidrográfica Zé Açú	
VARIÁVEIS/ Classes de uso e a ocupação da terra	PERÍODO SECO	ÁREA (km ²)	TOTAL	ÁREA (km ²)	TOTAL
	Coef de Exp. de Carga (kg/dia/km ²)		CDsts _{se} (kg/dia)		CDsts _{se} (kg/dia)
Agricultura_Familiar	10,455	70,623	738,360	36,562	382,250
Capoeira_Campo	3,750	3,904	14,640	9,292	34,840
Floresta_Nativa	2,500	161,030	402,570	36,433	91,080
Pastagem	8,000	27,410	219,270	33,453	267,620
Hidrografia	0,000	20,238	0,000	11,184	0,000
TOTAL	24,705	283,204	1.374,856	126,923	775,799

Fonte: Org. por PACHECO, J.B./2012, a partir dos coeficientes SMA/CPLA(2011)

4.3.3.2 Cargas Difusas de sedimentos transportados em suspensão medidas (CDsts_{sm}) nas áreas das microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental, nos períodos de equivalência aos do MQUAL: Período Úmido – Período de Cheia fluvial e Período Seco - Período de Vazante

A Tabela 4.6 demonstra as CDsts_{sm}, geradas pelo uso e ocupação da terra, registradas nos postos fluvio-hidrossedimentológicos dos cursos fluviais superior, médio e inferior das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá.

Tabela 4.6 - Cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão (CDsts_{sm}) nos períodos de Cheia/Enchente Fluvial e Vazante/Seca Fluvial

PERFIL LONGITUDINAL CURSO FLUVIAL	ÁREA (km ²)	MICROBACIA HIDROGRÁFICA TRACAJÁ		ÁREA (km ²)	MICROBACIA HIDROGRÁFICA ZÉ AÇU	
		CDsts _{sm} _kg/dia			CDsts _{sm} _kg/dia	
		CHEIA Campo	Vazante Campo		CHEIA Campo	Vazante Campo
SUPERIOR	182,989	2.950,000	830,000	21,199	16.560,000	560,000
MEDIO	32,678	4.740,000	1.560,000	64,596	35.892,000	6.510,000
SUB-TOTAL	215,667	7.690,000	2.390,000	85,795	52.452,000	7.070,000
INFERIOR	67,537	133.580,000	18.420,000	41,127	44.900,000	9.470,000
TOTAL	283,204	141.270,000	20.810,000	126,923	97.352,000	16.540,000

Fonte: Registros de campo/2010-2011 - PACHECO, J.B.

Partindo dos dados estimados pelo MQUAL para as Cargas Difusas de sedimentos em suspensão estimados (CDsts_{se}) e os dos médidos na área estudada (Mbh

Zé Açú e Tracajá), foram transpostos nas **Tabelas 4.6 - 4.10** a fim das análises de validação entre esses registros.

Tabela 4.7 – Microbacia hidrográfica Tracajá: Período Cheia Fluvial das CD/Qsts_{sm} versus Período Úmido das CD/Qsts_{se}

CURSOS FLUVIAIS	ÁREA (km ²)	MQUAL – Carga Difusa de Sedimentos Estimados Período Úmido		RAZÃO CDsts _{se} X CDsts _{sm} (%)	Field True - Carga Difusa de Sedimentos Medidos Período Cheia/Enchente	
		CDsts _{se} kg/dia	kg/dia/km ²		CDsts _{sm} kg/dia	kg/dia/km ²
CURSO SUPERIOR	182,989	13.635,820	74,520	(>) 4,62 - 462	2.950,000	16,100
CURSO MÉDIO	32,678	1.978,940	60,560	(>) 2,76 - 276	4.740,000	21,980
SUB-TOTAL	215,667	15.614,800	72,400			
CURSO INFERIOR	67,537	5.062,640	74,960	(<) 6,46 – 646	133.580,000	471,700
TOTAL	283,204	20.677,400	73,010			

Fonte: Registros de campo2010-2011 e do MQUAL - PACHECO, J.B

Tabela 4.8 –Microbacia hidrográfica Zé Açú: Período Cheia Fluvial das CDsts_{sm} versus Período úmido das CDsts_{se}

CURSOS FLUVIAIS	ÁREA (km ²)	MQUAL – Carga Difusa de Sedimentos Estimados Período Úmido		RAZÃO CDsts _{se} X CDsts _{sm} (%)	Field True -Carga Difusa de Sedimentos Medidos Período Cheia/Enchente	
		CDsts _{se} kg/dia	kg/dia/km ²		CDsts _{sm} kg/dia	kg/dia/km ²
CURSO SUPERIOR	21,199	2.638,260	124,450	(<) 6,28 - 628	16.560,000	781,200
CURSO MÉDIO	64,596	4.921,250	76,190	(<) 5,49 - 549	35.892,000	418,350
SUB-TOTAL	85,795	7.559,520	88,110			
CURSO INFERIOR	41,128	3.195,200	77,690	(<) 4,55 - 455	44.900,000	353,760
TOTAL	126,923	10.754,720	84,730			

Fonte: Registros de campo2010-2011 e do MQUAL - PACHECO, J.B.

Tabela 4.9 – Microbacia hidrográfica Tracajá: Período Seco – CDsts_{se} versus Período Vazante Fluvial - CDsts_{sm}

CURSOS FLUVIAIS	ÁREA (km ²)	MQUAL – Carga Difusa de Sedimentos Estimados Período Seco		RAZÃO CDsts _{se} X CDsts _{sm} (%)	Carga Difusa de Sedimentos Medidos Período Vazante/Seca	
		CDsts _{se} kg/dia	kg/dia/km ²		CDsts _{sm} kg/dia	kg/dia/km ²
CURSO SUPERIOR	182,989	886,550	4,850	(>) 1,07 - 107	830,000	4,500
CURSO MÉDIO	32,678	170,980	5,230	(<) 1,38 - 138	1.560,000	7,230
SUB-TOTAL	215,667	1.057,530	4,900			
CURSO INFERIOR	67,537	317,330	4,700	(<) 13,84 - 1.384	18.420,000	65,040
TOTAL	283,204	1.374,860	4,860			

Fonte: Registros de campo2010-2011 e do MQUAL - PACHECO, J.B.

Tabela 4.10 – Microbacia hidrográfica Zé Açú: Período Seco – CDsts_{se} versus Período Vazante CDsts_{sm}

CURSOS FLUVIAIS	ÁREA (km ²)	MQUAL – Carga Difusa de Sedimentos Estimados Período Seco		RAZÃO CDsts _{se} X CDsts _{sm} (%)	Carga Difusa de Sedimentos Medidos Período Vazante/Seca	
		CDsts _{se} kg/dia	kg/dia/km ²		CDsts _{sm} kg/dia	kg/dia/km ²
CURSO SUPERIOR	21,199	147,070	6,940	(<) 3,81 - 381	560,000	26,400
CURSO MÉDIO	64,596	375,520	5,810	(<) 3,05 - 305	6.510,000	75,880
SUB-TOTAL	85,795	522,590	6,090			
CURSO INFERIOR	41,128	253,210	6,160	(<) 12,12 - 1.212	9.470,000	74,610
TOTAL	126,923	775,800	6,11			

Fonte: Registros de campo 2010-2011 e do MQUAL - PACHECO, J.B.

4.3.3.3 Cargas Difusas de sedimentos transportados em suspensão medidas (CDsts_{sm}) nas áreas das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, nos períodos de Cheia fluvial/Período Chuvoso e Período de Vazante/estiagem das chuvas/Seca

Os registros das CDsts_{sm} apresentados nas Tabelas 4.11 - 4.12, estão detalhados por cada curso o resultado de 13 campanhas no total) com o índice pluviométrico (Fig. 4.5) respectivo aos dois períodos sazonais: i) Vazante Fluvial/Seca - C2_ago_2010 a C6_dez_2011; ii) Cheia Fluvial/Período Chuvoso - C7_jan a C_13/jul_2011 e C1_jul_2010. Nessa figura verifica-se que as taxas maiores de CDsts_{sm}/kg/dia/km² foram no período mais elevados de índices pluviométricos (cheia fluvial/período chuvoso).

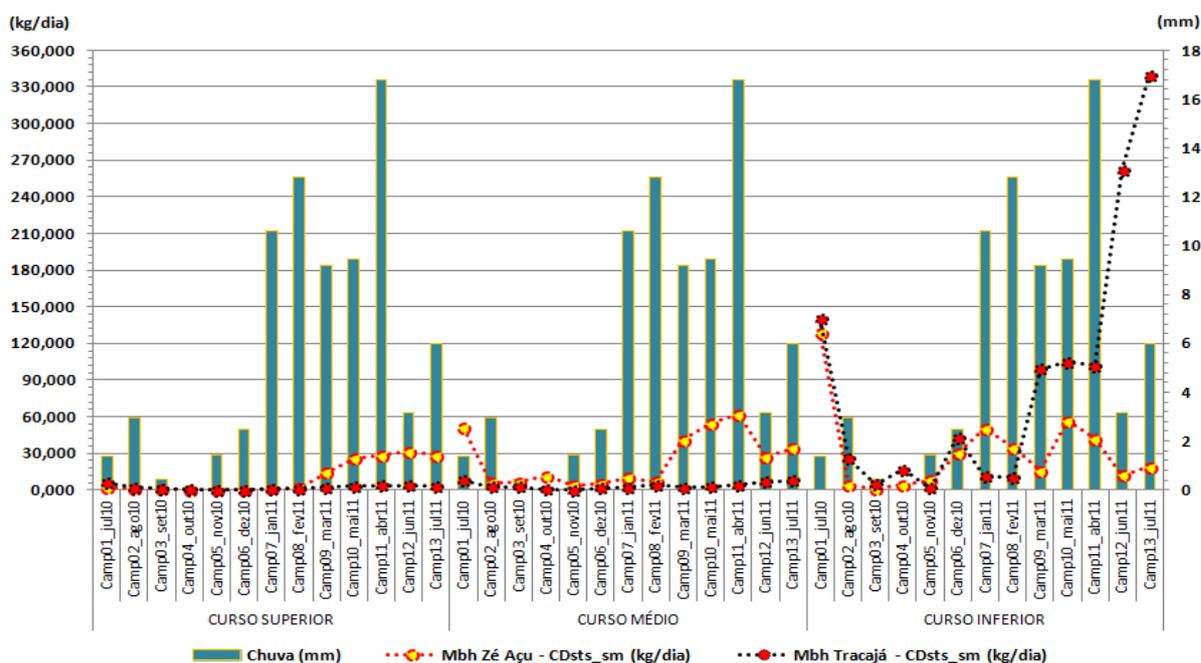


Figura 4.5 - Índice pluviométrico e a cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão (CD/Qsts_{sm}) nos períodos de Cheia Fluvial/Chuvoso e Vazante Fluvial/Seca

Respectivo aos registros *field true* das Cargas Difusas de sedimentos transportados em suspensão em cada curso fluvial. Assim, as **Tabelas 4.11 e 4.12** demonstram os meses com as maiores cargas nos períodos de cheia fluvial e chuvoso e menos cargas nos períodos de vazante e estiagem das chuvas.

Tabela 4.11 – Cargas Difusas de Sedimentos Transportados em Suspensão (CDsts_kg/dia/km²): Período de Vazante Fluvial/Estiagem das Chuvas/Seca – Microbacias hidrográficas Tracajá e Zé Açú

VAZANTE FLUVIAL Campanhas	CARGAS DIFUSAS DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS EM SUSPENSÃO											
	MICROBACIA HIDROGRÁFICA TRACAJÁ						MICROBACIA HIDROGRÁFICA ZÉ AÇU					
	CURSO SUPERIOR (182,989 km ²)		CURSO MÉDIO (32,678 km ²)		CURSO INFERIOR (67,540 km ²)		CURSO SUPERIOR (21,199 km ²)		CURSO MÉDIO (64,596 km ²)		CURSO INFERIOR (41,130 km ²)	
Registradas <i>Field true</i>	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)
A1_Ago2010	2.410	0.013	2.660	0.012	25.650	0.091	1.250	0.059	5.950	0.069	3.830	0.047
A2_Set2010	0.850	0.005	2.860	0.013	4.770	0.017	1.240	0.058	6.300	0.073	1.090	0.050
A3_Out2010	0.570	0.003	0.630	0.003	16.620	0.059	0.220	0.010	11.370	0.133	4.480	0.090
A4_Nov2010	0.020	0.0001	0.080	0.0004	1.740	0.006	0.030	0.001	3.830	0.045	8.020	0.030
A5_Dez2010	0.320	0.002	1.550	0.007	43.300	0.153	0.050	0.002	5.120	0.060	29.950	0.040
MÉDIA	0.834	0.005	1.556	0.007	18.416	0.065	0.558	0.030	6.514	0.076	9.474	0,051

Fonte: Registros de campo2010-2011 e do MQUAL - PACHECO, J.B.

Tabela 4.12– Cargas Difusas de Sedimentos Transportados em Suspensão (CDsts_kg/dia/km²): Período de Cheia Fluvial/Período Chuvoso – Microbacias hidrográficas Tracajá e Zé Açú

CHEIA FLUVIAL Campanhas	CARGAS DIFUSAS DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS EM SUSPENSÃO											
	MICROBACIA HIDROGRÁFICA TRACAJÁ						MICROBACIA HIDROGRÁFICA ZÉ AÇU					
	CURSO SUPERIOR (182,989 km ²)		CURSO MÉDIO (32,678 km ²)		CURSO INFERIOR (67,540 km ²)		CURSO SUPERIOR (21,199 km ²)		CURSO MÉDIO (64,596 km ²)		CURSO INFERIOR (41,130 km ²)	
Registradas <i>Field true</i>	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)	CDsts Kg/dia	kg/dia (km ²)
B1_Jul2010	5.840	0.032	7.950	0.037	139.920	0.494	2.070	0.098	51.060	0.595	128.840	0.402
B2_Jan2011	1.000	0.005	2.150	0.010	11.190	0.040	0.790	0.037	10.080	0.117	50.310	0.079
B3_Fev2011	0.820	0.004	4.280	0.020	10.250	0.036	1.620	0.076	6.960	0.081	34.460	0.055
B4_Mar2011	2.360	0.013	1.990	0.009	99.130	0.350	14.190	0.669	41.100	0.479	16.020	0.324
B5_Abr2011	3.620	0.020	4.190	0.019	10.700	0.359	28.440	1.342	61.860	0.721	42.120	0.487
B6_Mai2011	3.190	0.017	2.870	0.013	104.890	0.370	25.720	1.213	54.400	0.634	56.640	0.429
B7_Jun2011	3.700	0.020	6.690	0.031	262.140	0.926	31.500	1.486	27.540	0.321	12.130	0.217
B8_Jul2011	3.070	0.017	7.810	0.036	339.460	1.199	28.140	1.327	34.130	0.398	18.710	0.269
MÉDIA	2.950	0.016	4.740	0.022	133.580	1.978	16.560	0.781	35.891	0.418	44.900	0.283

Fonte: Registros de campo2010-2011 e do MQUAL - PACHECO, J.B.

4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.4.1 Cargas difusas sedimentos transportados em suspensão estimados ($CD_{sts_{se}}$) versus $CD_{sts_{sm}}$ (Cargas difusas sedimentos transportados em suspensão de sedimentos medidos)

O Modelo de Correlação Uso do Solo versus Qualidade da Água (MQUAL) é um modelo criado para dar suporte na gestão de bacias hidrográficas do estado de São Paulo. Tem como objetivo, gerar dados para fins de redução das degradações ambientais na represa de Guarapiranga e de assegurar qualidade dos mananciais para fins de abastecimento na Região Metropolitana de São Paulo.

Como descrito na metodologia e também no histórico do MQUAL, este modelo matemático possui três módulos. Dentre estes, o Módulo de Geração de Cargas – Módulo 1 (fontes difusas – Nitrogênio, Fósforo e Sedimentos Suspensos) foi o mais testado no estudo de outros corpos d'água fora de São Paulo (Belo Monte/rio Xingu em Altamira – Pará; Lagoa Mirim na fronteira do Brasil com o Uruguai; rio Monteiro – Planaltina – Centro-Oeste), fazendo o uso dos coeficientes padronizados para o período úmido ($kg/dia/km^2$).

Para analisar a relação do uso e ocupação da terra nas microbacias hidrográficas Zé Açu e Tracajá, utilizou-se o *Módulo 1 de Geração de Cargas Difusas* com os coeficientes do MQUAL para os *sedimentos transportados em suspensão* com os coeficientes de exportação de carga respectivo ao período úmido e do período seco (**Tabela 4.1, 4.4, 4.5**).

Sendo assim, a visibilização desse processo discute-se a seguir partindo das estimativas automáticas modeladas no MQUAL e os resultados de campo, e transpostos nas **Tabelas 4.2 a 4.12**.

◇ *A correlação da modelagem matemática (MQUAL) e a verdade de campo/field true nas duas microbacias hidrográficas (Zé Açu e Tracajá)*

Os dados de campo são importantes para a correlacionar com os registros estimados (MQUAL) a respeito do uso e da ocupação da terra e o parâmetro de qualidade da água, uma vez que os dados modelados ao serem ajustados às condições ambientais de um sistema hídrico, por exemplo, dotados de características fisiográficas semelhantes, tornar-se-á vantajoso para futuras simulações e até para a criação de cenários prospectivos como defende Xavier da Silva (1992).

Assim sendo, os dados deste estudo constantes nas **Tabelas 4.6 - 4.12**, permitem-as seguintes análises sobre os registros de campo (*field true*) e os estimados pelos coeficientes de exportação de carga do MQUAL:

a) *Microbacia hidrográfica Tracajá*

Dos registros do *field true*

O curso inferior ($67,538 km^2$) - apresenta as maiores cargas quando comparado aos outros dois cursos fluviais. O mês que inicia a vazante transporta $0,091 kg/dia/km^2$ de

CDsts_{sm}, e no pico da seca (novembro) a **CDsts_{sm}** é de 0,006 kg/dia/km². No curso superior e médio (área de 215,667 km²) a menor taxa é no mês de novembro (0,0004 kg/dia/km²) e as maiores em agosto (0,12 kg/dia/km² de **CDsts_{sm}**) e setembro -0,013 kg/dia/km² de **CDsts_{sm}**, (Tabela 4.11).

No período da cheia/enchente fluvial (Tabela 4.12) no curso inferior, as maiores gerações de **CDsts_{sm}** são nos picos das cotas máximas dos rios amazônicos junho e julho - é o mês que não encheu e nem vazou. Em 2010 quando iniciou os registros fluviométricos a taxa foi de 0.494 kg/dia/km², em junho de 2011 no final da cheia (0.926 kg/dia/km²) e julho/2011 (1.199 kg/dia/km²).

Comparando a produção de **CDsts_{sm}** do curso inferior (471,700 kg/dia/km² em uma área de 67,538 km²) com a dos cursos superior e médio (21,980 kg/dia/km² em uma área de 215,667 km²), e, confrontando com o uso e ocupação da terra que não demonstra impactos erosivos em nenhuma magnitude, a explicação dessa carga se deve aos aspectos morfológicos que pressionam toda a carga que vem de montante da sub-bacia do Mamuru e da microbacia hidrográfica Uaicurapá que permanecem nos 200 metros lineares longitudinais na área da foz até se dirigirem para o paraná do ramos onde desagüam todas as cargas sólidas e líquidas.

Quanto ao curso superior e o médio, o primeiro por ter mais de 60% de área com vegetação nativa (120,543 km²) visualiza as cargas de médias absolutas das **CDsts_{sm}**, em seus 182,989 km² a geração de menos carga (2.950 kg/dia) do que o curso médio (32,678km²) – 4.741 kg/dia **CDsts_{sm}**. Este curso tem a menor área (km²) comparada aos outros cursos fluviais com vegetação nativa (apenas 9,748 km²), em detrimento as atividades de agricultura familiar (5,842 km²) e, principalmente da pecuária extensiva (11,285 km²) indicada como a que mais degrada o solo por ter suas atividades a partir da supressão da vegetação nativa.

De acordo com a topografia do leito fluvial e fundo de talvegue/fundo de leito tem padrões normais aos de outros rios, ou seja, aumenta o gradiente do curso superior, médio ao inferior, tanto transversal como logitudinal. Como exemplos de médias: o mês de cotas máximas - julho (curso superior 252,3 metros transversais – 6,97 metros verticais; curso médio – 306,4 metros transversais – 7,48 m verticais; curso inferior – 1.111 metros transversais – 12,84); mês de cotas mínimas - novembro (curso superior 50 metros transversais – 0,47 cm na vertical; curso médio – 145 metros transversais – 1,42 metros na vertical; curso inferior – 810 metros transversais – 3,23 metros na vertical).

Esse é um perfil longitudinal que contribui para liberar as cargas com dinâmica fluvial mais equilibrada, mesmo que esteja recebendo impactos, pois ganha velocidade na

sua cabeceira e vai diminuindo de acordo com os obstáculos naturais e o perfil transversal que vai se alargando e ganhando profundidades.

Das equiparações das Cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão medidas (CDsts_{sm}) e as modeladas (CDsts_{se}) pelo MQUAL

▪ No sistema hídrico Tracajá, as cargas medidas (CDsts_{sm}) no *field true* e as modeladas (CDsts_{se}) pelo MQUAL tem equiparações no período de vazante/seco fluvial o *curso superior* (CDsts_{se} - 4,65 kg/dia/km² para CDsts_{sm} - 4,50 kg/dia/km²) e o *médio* (CDsts_{se} - 5,23 kg/dia/km² para CDsts_{sm} - 7,23 kg/dia/km²).

Na *cheia fluvial* os dados estimados (CDsts_{se}) nesses cursos fluviais são superiores entre 2,76 a 4,62 vezes do que as CDsts_{sm} registradas no *field true* (**Tabelas 4.7 e 4.9**). A justificativa para menor carga difusa medida no período da cheia/enchente em relação a CDsts_{se}/MQUAL tem as seguintes situações pontuais nos *cursos superior* e o *médio*:

i) O período de cheia se caracteriza por muita chuva, portanto a terra não recebe interferência pelo preparo de roçados para cultivos¹⁶, se fosse ao contrário poderia deixar o solo desprotegido de vegetação e contribuir para deixar as partículas desagregadas e fáceis de serem carregadas pelas enxurradas pluviais;

ii) A **Fig. 4.2 e Tabela 4.2** mostra que 57% da sua área total (km²) é coberta por vegetação nativa (platô - floresta ombrófilas densas, mata ciliar nas encostas e nos baixios mata de igapó). Dessa forma, essa vegetação funciona como barreira para o carreamento de material para os leitos dos rios quer pelas camadas de serrapilheiras embaixo das copas ou pelos cílios produzidos pela radicularidade das raízes nas encostas;

iii) A maior classe de uso e de ocupação da terra do sistema produtivo é a agricultura familiar. Grande parte desse sistema está localizada distante em relação ao acesso aos rios, pois a frente dos lotes de terra fica para os ramais e estradas, as quais facilitam o escoamento da produção familiar. Esta, por sua vez, é um trabalho que não inclui grandes implementos tecnológicos com máquinas pesadas para o preparo de roçados. A maioria das famílias utiliza ferramentas básicas simples (terçados, enxadas, ancinho, cambito de galho de árvore, carroças puxadas por cavalos e outros) para redensificar sua produção;

iv) Sioli (1985) escreve afirmou que o tipo de sistema hídrico de águas claras/transparentes é aquele que teoricamente carrega raras cargas de detríticas, visto

¹⁶ Nas *terras firmes* da Amazônia, como nas do PA Vila Amazônia o sistema produtivo é o tracional que inicia com a estiagem das chuvas (junho a julho) e vai até o início do período chuvoso: 1) brocagem (primeiro a retiradas da vegetação menor – cipós, arbustos com caules finos, depois as árvores maiores – *madeiras de lei*); 2) derrubada da vegetação; 3) rebaixamento (retirada dos galhos que estão nos pontos elevados das árvores derrubadas); 4) aceiro (proteção nos quatro cantos do terreno que vai receber a queima, para proteger a invasão para outras áreas); 5) encoivramento (é a limpeza do terreno para abrir o espaço para o cultivo. Só é realizado quando não há a queima ideal de toda vegetação e necessita de remoção do que não queimou); 6) A partir dessa fase aguarda-se o início do período chuvoso para fazer o plantio.

serem de origem dos escudos cristalinos pré-cambrianos e drenarem os solos intemperizados protegidos pela vegetação nativa.

Desse modo, a Mbh Tracajá se inclui nesta morfogênese de conduzir poucas cargas para o seu leito, mas são alteradas pelas atividades dos sistemas produtivos, principalmente a pecuária bovina e bubalina extensiva que, ao contrário das atividades da agricultura familiar, utiliza tratores para preparar as pastagens (durante o período de vazante fluvial), com a finalidade de abrigar as manadas (gado de corte) na época da cheia fluvial nessas áreas da terra firmes com. Nesse contexto o trabalho não é familiar, pois há a relação de empregador (Pecuarista) e empregado (vaqueiros e caseiros); e

v) A área (km²) da microbacia hidrográfica referida acima é menor e tem fisiografia e geologia distintas das outras de estudo já realizadas com a modelagem do MQUAL.

➤ No curso inferior as $CD_{sts_{sm}}$, tanto no período de vazante fluvial como na cheia fluvial, são superiores as $CD_{sts_{se}}$, entre 6,46 a 13,84 vezes.

Esta é uma situação atípica à maioria da dinâmica fluvial de microbacias hidrográficas, que neste caso tem uma concentração de carga por mais tempo devido duas situações de ordem da morfometria: 1) a Mbh Tracajá é o último afluente da sub-bacia Mamuru de montante a jusante, cuja rede hidrográfica está acomodada em uma feição côncava, com morfologia que facilita o avanço dos fluxos provindos das outras redes de drenagem, adicionados ao seu próprio escoamento com suas cargas de origem diversas entre elas, as provenientes do uso e da ocupação da terra; e 2) há uma bifurcação de duas calhas fluviais (Uaicurapá e Mamuru) receptoras de descargas líquidas e sólidas das suas respectivas redes de drenagem, mas a morfologia convexa em frente à foz do Tracajá faz pressão sobre esta gerando um refluxo.

b) *Microbacia hidrográfica Zé Açú* (Tabelas 4.8 e 4.10)

As $CD_{sts_{se}}/MQUAL$ são inferiores aos registro de $CD_{sts_{sm}}/field\ true$ maiores, na ordem de 2,76 (curso fluvial médio) a 6,46 vezes no curso fluvial inferior no período de cheia/enchente fluvial. No período de vazante/seca fluvial as variações são mais elevados vão de 5,49 (curso fluvial médio) e 4,55 vezes no curso fluvial inferior.

Dos registros do *field true*

O curso médio (área – 64,596 km²) é quem demonstra a maior geração nos meses de agosto (0,069 kg/dia/km² de $CD_{sts_{sm}}$), setembro (0,073 kg/dia/km² de $CD_{sts_{sm}}$) e outubro (0,133 kg/dia/km² de $CD_{sts_{sm}}$). Nos meses de novembro (0,063 kg/dia/km² de $CD_{sts_{sm}}$) e dezembro (0,236 kg/dia/km² de $CD_{sts_{sm}}$) a propagação ocorre no curso inferior (área – 41,127 km²). A menor geração de $CD_{sts_{sm}}$ ocorre no mês de novembro de forma progressiva de montante a jusante dos cursos médio e superior (área - 85,795 km²) – 0,045 kg/dia/km².

Muito embora haja impactos erosivos a montante e a jusante dessa microbacia hidrográfica, nos dois cursos fluviais – superior e o médio estão as maiores voçorocas conectadas nas cabeceiras. No curso inferior estão voçorocas menores do que as desses cursos, mas, estão localizadas em ambas faixas justafluviais.

Do ponto de vista topográfico (nível da base do fundo de leito) as cargas de material oriundo dessas voçorocas influenciam na morfodinâmica, em específico no transporte e deposição. No pico/final da seca os cursos superior e inferior são menos profundos do que o curso médio: o curso superior fica no seu leito de vazante com média de 40 cm e o curso inferior, um metro de profundidade. Isto demonstra que os fundos de leitos são elevados em relação ao curso médio, formando na época de vazante um lago com profundidade média de 3,2 metros.

Por outro lado, esses desníveis são governados pelo gradiente longitudinal (altimetria em relação ao nível do mar - nas cabeceiras do curso superior chegam aos 90 metros, no curso médio – média de 43 metros e no curso inferior 30 metros), que aciona a mecânica hidráulica pra levar as cargas ($CD_{sts_{sm}}$) recebidas do superior até o curso médio que permanece por mais tempo visto a dificuldade (velocidades menores que no superior e maiores que o médio) as cargas e conduzindo mais lentamente o para o curso inferior, o qual, vai desaguar no o paraná do Ramos por um estreito canal de 9 metros de largura com a descida íngreme que impossibilita a navegação, mas, facilita o escoamento para outro corpo d'água.

Na época da cheia fluvial (**Tabela 4.12**) as CD_{sts} foram maiores no curso médio nos meses de julho/2010 (0,595 kg/dia/km²), janeiro/2011 (0,117kg/dia/km²) e fevereiro/2011(0,081 kg/dia/km²). Pontuando os impactos erosivos do tipo voçoroca, no curso médio, as maiores estão em dois tributários do maior afluente da Mbh Zé Açú (Igarapé Açú) e um com acesso direto à calha principal. Nessa época as chuvas vão ficando intensas e a precipitação da chuva encontra solos desnudos de vegetação com pequenas ravinas em solos desagregados e sobre as referidas voçorocas

As taxas mais elevadas de CD_{sts} foram geradas no curso superior nos meses de março a julho/2011 (a mínima é de 0.669 kg/dia/km² – julho/2011 e a máxima 1.486 kg/dia/km² - junho/2011). Nesse curso tem as maiores voçorocas em atividades nas cabeceiras de três tributários na faixa marginal direta e um na esquerda.

Das equiparações na Mbh Zé Açú das Cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão medidas ($CD_{sts_{sm}}$) e as modeladas($CD_{sts_{se}}$) pelo MQUAL

As $CD_{sts_{se}}/MQUAL$ no Período Úmido foram menores (no curso superior -124,45 kg/dia/km², médio – 76,19 kg/dia/km² e inferior – 77,69 kg/dia/km²) do que os registros de $CD_{sts_{sm}}/field\ true$ no período de cheia/enchente fluvial, na ordem de 5,49 vezes nos

curso superior (781,20 kg/dia/km²) mais o médio (418,35 kg/dia/km²), e, 4,55 vezes no curso inferior (353,76 kg/dia/km²).

No período de vazante/seca fluvial as variações são inferiores do que no período de cheia fluvial. Entre o estimado (CDsts_{se}/MQUAL) e o medido CDsts_{sm} vai de 3,05 vezes (curso fluvial superior + médio) e 3,81 vezes no curso fluvial inferior.

Um ponto observado nos cálculos do modelo matemático (MQUAL) é a uniformidade entre os resultados em cada curso fluvial porém em escalas distintas: para a área menor (curso superior 21,199 km²) – maior CDsts_{se} - 6,94 kg/dia/km²; curso inferior (41,128 km²) – 6,16 kg/dia/km²; curso médio maior área (64,596 km²) menor CDsts_{se} – 5,81 kg/dia/km². Assim, na **Tabela 4.10** visualiza que o MQUAL quando modela considera quanto maior a área (km²) menor será a carga distribuída por km², tendo em vista que a totalização dos coeficientes de exportação da carga (kg/dia) resultam de uma média aritmética a partir da área com a qual se relacionam as CDsts.

Mesmo o MQUAL tendo indicado o curso médio como o maior exportador de carga é complexo inferir que as CDsts_{se} possam se equiparar as deste modelo que tem padrões nos seus parâmetros/coeficientes de exportação de carga/Período Seco que não condizem com a realidade de uso e ocupação da terra na Mbh Zé Açú.

Isto porque, nesse curso fluvial a maior classe de ocupação antrópica corresponde as atividades de pecuária extensiva (19,320 km²) representadas pela pastagem (estimada no MQUAL por 8,00 kg/dia/km²) e capoeira_campo (estimada no MQUAL por 3,750 kg/dia/km²), quando a agricultura familiar ocupa 15,824 km², menor área, mas devido ao maior coeficiente (10,455 kg/dia/km²) resulta na maior produtora de cargas difusas.

Nesse caso, os padrões (coeficientes de exportação de carga) não são adequados para indicar os impactos ambientais da área de estudo (**Fig. 4.6**), os quais estão nas áreas de preservação permanente (nascentes, encostas das faixas justafluviais), ocupados pela pecuária extensiva e não pela agricultura familiar.

Esses impactos são decorrentes dos desmatamentos que deixam os solos expostos, favoráveis às erosões intensas do tipo voçoroca, as maiores estão em doze tributários, distribuídos nos três cursos fluviais da Mbh Zé Açú, repercutindo diretamente sobre os seus afluentes e sub-afluentes

Desse modo, no mapa do uso e ocupação da terra (**Fig. 4.6**) se verifica que todas as voçorocas plotadas estão nas áreas de atividades de pecuária extensiva bovina e bubalina. Os assoreamentos se encontram nas bordas desses tributários e também na calha principal da referida microbacia hidrográfica entre os cursos superior e médio.

Nos locais onde está assentada a agricultura familiar não foi identificado impactos do tipo voçorocas, pois os solos embora tenham passado por desmates da floresta nativa não estão expostos porque a forma de trabalho é tradicional.

Por outro lado, os cultivos desse sistema não se encontram acompanhando os rios, pelo fato de distribuírem-se ao longo da estrada de Boa Esperança e Santa Fé com a saída e escoamento da produção por via terrestre até chegar ao rio principal (curso inferior da Mbh Zé Açú).

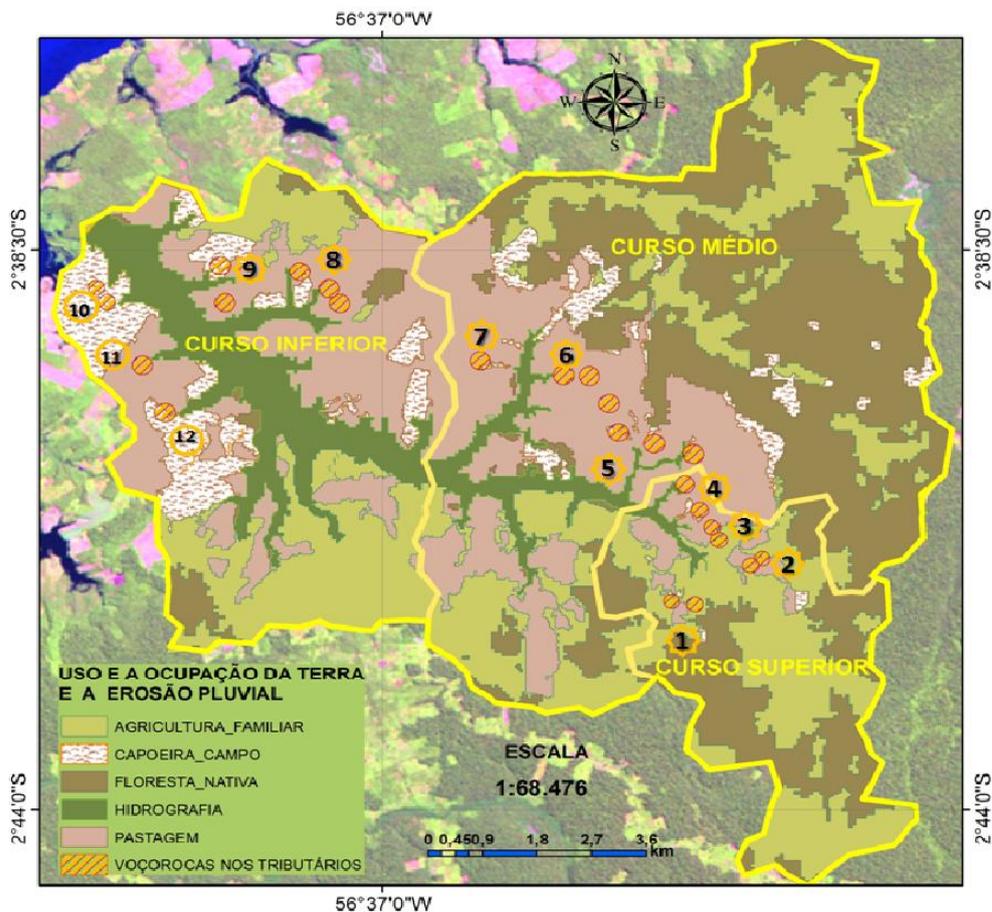


Figura 4.6 - Tributários da microbacia hidrográfica Zé Açú com voçorocas

Fonte: TerraClass (2011) + Field True org. PACHÊCO, J. B./2012

4.4.1.1 Quanto às áreas das bacias hidrográficas com aplicação do MQUAL 1.0, 2.0 e 1.5 e as de estudo

As microbacias hidrográficas Zé Açú com 126,923 km² e a Mbh Traçajá com 283,204 km² são menores quando comparadas às bacias hidrográficas de outras regiões brasileiras de aplicação do MQUAL que têm áreas maiores: 582,8 km² – da bacia hidrográfica do Reservatório Billings (São Paulo); rio Monteiro, parte da rede hidrográfica do rio São Bartolomeu – 1.579,2 km²(Planaltina/DF/Goiás); de 1.870,35 km² a 2.034 km² - reservatórios da AHE Belo Monte (AltamiraPará); e a Lagoa Mirim (Rio Grande Sul/Brasil – Uruguai) - 60 áreas úmidas = 2.787 km² estudadas.

4.4.1.2_Quanto às categorias/classe e os coeficientes/parâmetros

◇ *Dos coeficientes de exportação de cargas respectivos aos períodos úmido (PU) e seco (PS) do MQUAL*

No *MQUAL 1.0* os coeficientes/parâmetros foram criados somente para o período úmido. A partir do *MQUAL 2.0* é que estes foram estabelecidos para o período seco (PS) e período úmido (PU). Deste modelo foram aplicados em parte desta análise, os quais constam na **Tabela 4.1**. (SMA/PRIME, 2004; SERHS/PRIME, 2006),

O coeficiente de exportação do Módulo 1/MQUAL para as cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão determinante é o atribuído para classe *Atividade Agrícola* ($CDsts_kg/dia/km^2 = 230,000$ no PU – MQUAL 1.0 e, $CDsts_kg/dia/km^2 = 10,455$ no PS – MQUAL 2.0). Para o modelo matemático MQUAL significa ser esta ocupação a que produz a maior carga difusa. *Das classes/categorias de uso e ocupação da terra.*

Em se tratando dos coeficientes de exportação de cargas/parâmetros, ao modelar o MQUAL para os cursos fluviais das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, constatou-se outra situação complexa nas análises. Por exemplo:

- há parâmetros iguais na geração de carga difusa para as categorias distintas, no caso, o reflorestamento (áreas de manejo agro-florestal, representadas por remanescentes de plantações florestais), a mata e o capoeirão (formações vegetais arbóreas de grande porte, na maior parte constituída por vegetação nativa);

- o valor estimado para essas categorias é de 20,000 kg/dia/km² no Período Úmido e, 2,500 kg/dia/km² no Período Seco;

- os coeficientes de exportação de cargas dessas classes foram totalizadas na aglutinação das variáveis/categorias ainda na versão do MQUAL 1.0.

O ponto que dificulta a análise dessas aglutinações e os respectivos coeficientes de exportação de carga está situado nas questões que surgem, entre outras, relacionadas à vegetação: essas espécies de manejos ocupam que áreas topográficas (platô, encosta ou baixo) do sistema hídrico? Qual espécie de capoeira é de grande porte? O que define grande porte?

Esse referencial é importante para correlacionar a cobertura do solo, a geração de cargas de forma a equiparar aos dados da nova pesquisa. Observa-se que tais questões fazem parte de outras que estarão voltadas à conservação do solo e ao escoamento superficial, com distintos metabolismos de cada espécie (radicularidade, porte, densamento da copa, localização topográfica etc.).

Ainda a esse respeito, no decorrer do estudo nos documentos que tratam do MQUAL (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2004, 2006 e 2011) identificou-se à ausência sobre qual o critério para a razão (%) distinta entre os pesos

estabelecidos dos coeficientes de exportação de carga difusa ($CD_{sts_{se}}$) representados na **Tabela 4.13**.

Tabela 4.13 – Razão entre os coeficientes de exportação de cargas (kg/dia/km²) dos Períodos Úmido e Seco

CLASSES DE USO DO SOLO/MQUAL	PERÍODO ÚMIDO ($CD_{sts_{se}}$ kg/dia/km ²)	RAZÃO (%)	PERÍODO SECO ($CD_{sts_{se}}$ kg/dia/km ²)
Atividade Agrícola	230,000	21,99 vezes (>)*	10,455
Pastagem	40,000	5,00 vezes (>)*	8,000
Capoeira_Campo	30,000	7,00 vezes (>)*	3,750
Floresta Nativa	20,000	8,00 vezes (>)*	2,500

* (>) significa maior. Org.de PACHECO (2013)

◇ *Das classes/categorias de uso e ocupação da terra no MQUAL*

Quando o MQUAL foi escolhido para a aplicação neste estudo foram consideradas as aplicações já realizadas em estudos científicos e nos sistemas hídricos para os quais foram criados, constantes do relatório parcial e final, publicado em 2011, pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente Estado de São Paulo/ Coordenadoria de Planejamento Ambiente.

No que se refere ao documento *Calibração de Sistema Relacional de Correlação do Manejo do Território e da Qualidade Ambiental para o Reservatório Billings (SMA/PRIME, 2004)*, este relata que houve trabalho de campo, porém, foi executado apenas para calibrar a redução das cargas difusas de nitrogênio e fósforo, ou seja, os sedimentos transportados em suspensão não foram calibrados.

Outro documento - *Atualização de Dados e Ajustes no MQUAL da Bacia do Guarapiranga (SERHS/PRIME, 2006)*, descreve sobre a aglutinação de algumas classes de uso do solo e do desmembramento de outras (**Fig. 4.7**).

Cita o referido documento que esses ajustes das classes foram realizados por meio de softwares de geoprocessamento.

Esse quadro demonstra que houve os ajustes nas classes de uso e ocupação da terra na base do MQUAL (1997) modificadas em 2002 e em 2006 (**Fig. 4.7**).

Nos relatórios da Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, respectivos aos anos de 2004 e 2011, no entanto, está posto a permanência dos mesmos padrões dos coeficientes/parâmetros (kg/dia/km²) das versões anteriores (MQUAL 1.0 e 2.0).

Segundo a SERHS (2006), de uma forma geral os usos passaram por muitas mudanças, principalmente a expansão urbana sobre todas as categorias de uso mapeadas.

A situação da aglutinação das classes vem da origem do MQUAL, a partir do mapeamento de uso e ocupação da terra, nos limites areais da bacia hidrográfica de Guarapiranga em 1994.

CLASSES/ORIGEM	CLASSES AJUSTADAS DO MQUAL		
	MQUAL/1997	EMPLASA, (2002)	SMA/PRIME(2004)
Atividade Agrícola	Atividade Agrícola	Atividade Agrícola	Atividade Agrícola
Reflorestamento	Reflorestamento	Reflorestamento	Reflorestamento
Mata/Capoeirão	Mata	Mata/Capoeirão	Mata
Capoeira/Campo	Capoeira	Capoeira/Campo	Capoeira/Campo
	Campo		
Chácara e movimento de terra	Chácaras	Chácaras	Chácara e movimento de terra
	Clube e marina		
	Espelho d'água		
	Loteamento desocupado		
	Mineração		
	Movimento de terra e solo exposto		
Areas de Uso Ind e Com	Areas de Uso Ind e Com	Areas de Uso Ind e Com	Areas de Uso Ind e Com.
Areas Urb-Padro Inf.	Exp. Urb. Padrão Inf.	Areas Urb-Padro Inf.	Areas Urb-Padro Inferior
	Favela		
	Lixão		
Areas Urb-Padro Sup.	Exp. Urb. Padrão Superior	Areas Urb-Padro Sup.	Areas Urb-Padro Superior
	Equip. Urb. Padrão urbano		
	Rodovia		
	Pop - lanç direto de esgotos	Pop - lanç direto de esgotos	Pop - lanç direto de esgotos
	Pop de Areas Urb c sist indiv - Alta densid	Pop de Areas Urb c sist indiv - Alta densid	Pop de Areas Urb com sistema indiv - Alta densid
	Pop - lanç direto de esgotos –BAIXA DENS	Pop - lanç direto de esgotos – BAIXA DENS	Pop - lanç direto de esgotos – BAIXA DENS

Figura 4.7 – Classes originais e ajustadas do modelo matemático MQUAL

Fonte: Org. PACHECO, J.B/2012 a partir dos relatórios: EMLASA, (2002); SMA/PRIME(2004); SERHS/PRIME (2006)

Para essa classificação as fotografias aéreas foram os principais instrumentos na identificação de 52 categorias de usos do solo. Estas, ao comporem a estrutura do MQUAL 1.0 em 1997 foram aglutinadas em 8 classes tomando por critérios as potencialidades da geração de cargas quanto aos usos:

A) rurais – 1) *atividade agrícola* (230,000 STS/kg/dia): incluem as culturas temporárias e perenes, horticultura, criação de animais e as chácaras isoladas e de subsistência; 2) *reflorestamento* (20,000 kg/dia)- áreas de manejo agroflorestal, representadas por remanescentes de plantações florestais; 3) *mata e capoeirão* 20,000 kg/dia): - formações vegetais arbóreas de grande porte, e, constituídas por vegetação nativa; 4) *capoeira e campo* (30,000 kg/dia): - agrega a vegetação de baixo porte, de porte arbóreo no início do processo de regeneração (capoeira inicial); 5) *chácaras e movimento de*

terra (40,000 kg/dia): - agrega as áreas de lazer em área rural (clubes, marinas, etc) e a movimentação de terra ou rocha, mineração ativa e desativada e as olarias;

B) urbanos - 6) *área urbana de padrão superior* (50 STS/kg/dia): - categoria de uso residencial de alto e médio padrão, de baixa, média e alta intensidade de ocupação nos loteamentos; presença de escolas e creches, delegacia de polícia, etc), de equipamentos de lazer considerados de características mais urbanas, (atividades econômicas e área vaga); 7) *área urbana de padrão inferior* (100 STS/kg/dia): - categoria de uso residencial de baixo padrão e habitação sub-normal; de alta, média e baixa intensidade de ocupação dos loteamentos; presença de hospitais, cemitérios, área de disposição de resíduos etc.); carência de infra-estrutura urbana, de saneamento e de serviços urbanos, instalados e operantes ou com baixa eficiência da infra-estrutura instalada; 8) *área industrial e comercial* (70 STS/kg/dia) – categoria que induz maior movimentação de pessoas e veículos e o manuseio de cargas de substâncias diversas, apresentando comportamento distinto das áreas predominantemente residenciais.

Mesmo com todos esses ajustes, a classe das atividades agrícolas (**Fig. 4.7**) inclui culturas temporárias e perenes, chácaras isoladas e solos expostos no entorno. Não há nada em nenhum dos documentos pesquisados, explicando porque ao aglutinar todas as atividades da classe Chácara e movimento de terra (Chácaras, Clube e marina, Espelho d'água, Loteamento desocupado, Mineração, Movimento de terra e solo exposto) para chácara (2004) e depois novamente para o mesmo nome (Chácara e movimento de terra em 2006), não foi retirada a chácara e solos expostos da atividade da agrícola.

Saito *et al.* (2001), ao se referirem sobre a aglutinação, enfatizaram ser uma tendência até certo ponto corrente na condução de pesquisas e trabalhos técnicos de gestão do espaço, justificadas porque atendem às necessidades dessa técnica e por representarem a economia de tempo e de espaço de armazenamento de dados. Por outro lado, os dados ambientais, ao sofrerem aglutinações e totalizações, na medida em que passam à categoria de um novo dado *básico* ou *primário*, perdem de vez os elementos informacionais do estado anterior da desagregação. É o que Saito (1995) denomina de *desnaturação*¹⁷ dos dados ambientais, ou seja, a desagregação que permite uma nova agregação, porém, uma vez consumada não há como reverter esse processo. O exemplo disto pode ser aqui verificado na calibragem do MQUAL com o estudo em pauta, pois, não há como saber o quanto é gerado de carga difusa de sedimentos em suspensão entre os elementos produtivos que compõem cada categoria de ocupação.

¹⁷ A metáfora da *desnaturação*, é extraída do processo de desnaturação de proteínas, por ação externa como o calor, por exemplo, em que as proteínas tem sua conformação espacial alterada e que, uma vez assim procedido, não se pode mais retornar à conformação original (SAITO, et al., 2001, p.87)

Observe que o MQUAL ao ser calibrado para a Região Metropolitana de São Paulo em 2002, 2004 e 2006, houve separação e/ou *pseuda desagregação* de classes, além do que há outras aglutinações das categorias/classes, mas, não de coeficientes/parâmetros.

Todas essas situações com as (re) classificações das classes/categorias e a permanência dos mesmos coeficientes/parâmetros dificultam a análise que poderia apontar uma forma de calibrar neste estudo corrente.

O que se constata é que essa aglutinação das classes de informação parece tornar homogênea a geração de carga difusa, quando estima a produção diária (por exemplo, a Atividade Agrícola – 230,000 CDsts_kg/dia/km²), dificultando o entendimento sobre os pesos que cada classe de uso da terra contribui para os leitos fluviais. A partir desta percepção surgem as questões: todas as atividades ocupam um grande sistema produtivo? Ou ocupam parcelas de terras com as mesmas áreas (km²)? Se for uma ou outra, que situação leva à geração de cargas na mesma quantidade, considerando que a criação de animais deve diferir dos cultivos temporários e perenes e entre estes e o tempo?

À luz das literaturas que tratam sobre a aglutinação, o processo que ocorreu com a classificação das classes do MQUAL (**Fig 4.7**), quando foram processadas e feito as categorizações uma sobre outras, o resultado foi a reação unidirecional e irreversível, provocando a inutilização de muito dos dados para novas pesquisas, como alerta Saito *et al.* (2001) em seu estudo a esse respeito.

Aglutinar e categorizar os dados têm as suas vantagens e as suas desvantagens. Para este estudo, no mapeamento do uso e ocupação da terra realizaram-se dois processos a partir de uma base do Projeto TerraClass 2008, os quais foram aglutinados e validados com os dados de campo. Neste caso a aglutinação se fez necessária porque o referido projeto gerou os dados automaticamente e, para se ter plausibilidade os registros do *field true* e as imagens LANDSAT foram suportes fundamentais para os ajustes das categorias de acordo com a realidade das duas unidades hídricas (**Fig. 4.1, 4.2 / Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3**).

4.4.2 Quantos aos estudos realizados com a modelagem matemática do MQUAL

4.4.2.1 Dos estudos científicos

Os estudos que foram realizados não defrontaram com a mesma problemática, pois cada um possui finalidades que comportaram os seus resultados obtidos:

1) Lopes (2003) e Lopes e Macedo(2008) - avaliaram a aplicação do MQUAL na bacia de Guarapiranga (município de Itapeverica da Serra – São Paulo), a partir da hipótese de que cada tipo de uso da terra de uma bacia hidrográfica gera aporte de carga diferenciada que chega aos rios por lançamento direto no canal principal ou de forma indireta por meio dos respectivos tributários.

Para obtenção dos resultados foram simulados quatro cenários com auxílio do software STELLA e o resultado de entrevistas com os gestores municipais: a) cenário otimista - relacionados aos incrementos de sistemas de captação e exportação de cargas - indica que as medidas adotadas fariam com que a carga média de fosfato hidrolisável se mantivesse no patamar das cargas difusas, e que as cargas pontuais tenderiam a zero; b) cenário pessimista – crescimento da carga total de fosfato hidrolisável, carga difusa e carga pontual em kg/dia; c) cenário de manutenção das cargas difusas de fosfato hidrolisável, carga difusa de áreas agrícolas e de áreas residenciais com padrão urbano inferior em kg/dia; d) cenário de manutenção de cargas totais de fosfato hidrolisável, cargas difusas e cargas de esgotos domésticos, em kg/dia.

Desses resultados obtidos indicaram que o MQUAL no estudo em Itapeçerica da Serra pode dar suporte na tomada de decisões de caráter estratégico, assim como à definição de diretrizes sobre as formas de uso e ocupação da terra o que favorece para a redução de aporte de cargas poluidoras aos corpos d'água da bacia hidrografia de Guarapiranga. Todavia há pontos que o MQUAL não resolve: quanto à *redução de cargas difusas* - não é sensível à melhoria ambiental propiciada pela implantação dos instrumentos de controle previstos na minuta de Lei Específica, como a BPM (*Best Management Practices*) e, de outras ações de gerenciamento; e quanto à *concepção do modelo* - não se adéqua às simulações e à tomada de decisões na escala operacional.

2) em 2004 Steinke e Saito estudaram o MQUAL como ferramenta de apoio ao planejamento de gestão, a partir dos resultados estimados de cargas difusas de nitrogênio e sedimentos transportados em suspensão, na bacia hidrográfica de rio Monteiro (afluente do rio São Bartolomeu – Planaltina (DF) – Centro-Oeste do Brasil). Este sistema hídrico, além das categorias de usos e ocupações (campo, cerrado, mata de galeria, reflorestamento, rural, urbano etc.) está a de manejo, como a Estação Ecológica de Águas Emendadas.

As análises dos resultados permitiram diagnosticar as atividades agrícolas como a principal geradora de cargas difusas, as quais são geradas nos relevos mais elevados, seguindo pelas áreas de Unidades de Conservação da Natureza (UC). Na bacia de contribuição, as áreas urbanas em consolidação e as cargas difusas afetam o interior da mesma UC afetando os corpos d'água de Lagoa Bonita e da área core da Estação Ecológica Águas Emendadas. O prognóstico aponta para a fragilidade das UC frente às atividades humanas no interior das bacias, evidenciando a importância de colocar esses sistemas hídricos como unidade territorial de planejamento e gestão, a fim de atender aos propósitos conservacionistas das áreas protegidas.

Quanto ao modelo matemático, Modelo de Correlação Uso do Solo *versus* Qualidade da Água (MQUAL), os referidos autores sugerem o seguinte:

- ❖ Estudos adicionais para validação dos dados a partir da coleta de amostras de água nos pontos de saídas das bacias de contribuição, de acordo com cada parâmetro de carga poluidora, porém advertem para a necessidade de dados adicionais para a devida validação;

- ❖ Melhor investigação para determinar o valor da situação da área estimada, no que se refere à equação completa do módulo de geração de cargas do MQUAL que inclui um coeficiente de atrito, ou seja, a taxa de retenção de carga pela superfície dos terrenos por onde ela passa;

- ❖ Considerar a comparação das estimativas de exportação de cargas em ambiente SIG, com os valores de concentração oriunda das amostras de águas e da capacidade de auto-depuração do rio.

3) Steinke (2007); Steinke e Saito (2008) realizaram simulação de cargas com os parâmetros do MQUAL e do PLOAD para analisar os tipos de uso da terra e os respectivos impactos nas 60 áreas úmidas (2.787 km²) da bacia hidrográfica de contribuição direta da Lagoa Mirim (Brasil-Uruguai). Esses modelos de simulação de carga poluidora representaram matematicamente os processos de geração das cargas, provenientes de fontes difusas nas bacias de contribuição (Fósforo total (P), Nitrogênio total (N) e Sólidos suspensos (Ss)).

Quanto à aplicabilidade do MQUAL e PLOAD, os autores apresentam a eficiência de cada um: o modelo MQUAL é mais indicado para um momento posterior da análise, na perspectiva de detalhamento das informações. E o modelo PLOAD é útil para simulação de trabalhos que requerem resultados mais generalistas e rápidos como, por exemplo, estudos prévios para licenças ambientais de viabilidade locacional.

Para eles, entre os dois modelos (MQUAL e PLOAD), simulados na bacia Lagoa Mirim foi o modelo MQUAL que apresentou os melhores resultados gerados, tendo em vista, permitir o detalhamento dos fatos internos de cada sub-bacia. No caso, modelou as áreas úmidas sob ameaça de poluição e, ainda, fez a indicação de cada área úmida que representa as maiores fontes de poluição difusa.

4.4.2.2 *Dos estudos técnicos institucionais*

A instituição que deu origem ao MQUAL, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, demonstrou a importância deste modelo matemático, sendo incluído nos instrumentos jurídicos específicos do estado de São Paulo: Lei Estadual N° 12.233, 16 de janeiro de 2006, respectiva a Área de Proteção e Recuperação do Manancial Guarapiranga;

Art. 4^o, Lei Municipal/Presidente Prudente, Nº 6.878/2008 - *Define a Área de Proteção e Recuperação dos mananciais das bacias hidrográficas dos Córregos do Cedro e Cedrinho.*

Diante desse contexto, não há dúvida quanto à aplicabilidade do MQUAL como ferramenta suporte ao planejamento e gestão de sistemas hídricos. Todavia, para servir de parâmetros na Amazônia Ocidental, com as características fisiográficas das duas microbacias analisadas, deve ser realizada a *verdade de campo*, já que os coeficientes/parâmetros do MQUAL decorrem dos pontos já ressaltados que permitem estabelecer as comparações pelos totais (kg/dia/km²) obtidas nos registros de cada curso fluvial relacionados ao uso e a ocupação da terra.

Para estudos futuros, fica evidente a necessidade de desagregar as classes de usos da terra em uma maior quantidade de classes possíveis, atrelada aos valores específicos de exportação de cargas balizados por trabalho de campo. Espera-se com isto que o valor determinante de exportação de cargas, associado à atividade agrícola seja redimensionada.

Paca (2008) e Troutman expõem a necessidade de se ter um conjunto de parâmetros compatíveis com natureza do modelado e comumente denominados como ótimos. No caso deste estudo seria a possibilidade de ajustar as estimativas dos usos e ocupações da terra do MQUAL com a realidade das microbacia hidrográficas Zé Açú e Tracajá.

Com os resultados expostos e os itens anteriores discutidos se verifica não haver condições para validar os coeficientes de exportação de cargas/parâmetros, o que não invalida a simulação da correlação entre os dados medidos e os estimados das cargas difusas desedimentos transportados em suspensão.

De uma forma geral o modelo matemático (MQUAL), quando simulado nas duas microbacias hidrográficas, demonstrou que a estrutura permite equivalências de sazonalidades e classes para cada uso e ocupação da terra. A questão está na modelagem para pequenos sistemas hídricos, pelos fatores já discutidos a respeito da calibragem dos coeficientes, a qual poderá acontecer desde que sejam entendidos os critérios que foram utilizados para definir o valor quando se aglutinam às categorias.

Partindo dessa análise verificam-se incongruências no modelo matemático MQUAL que não invalidam esta pesquisa, porém, factíveis de serem abordadas em estudo futuros entre o que se abstrai dos resultados automáticos considerando as variáveis e parâmetros dos modelos e os registrados em campo como aspectos importantes na relação entre o uso e a ocupação da terra, os impactos ambientais gerados e a geomorfologia fluvial das microbacias hidrográficas Tracajá e Zé Açú.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Poucos estudos têm sido realizados no sentido de gerar informações consistentes a respeito de parâmetros fluvio-hidrossedimentológicos (alterações nas cargas líquidas e

sólidas, perfil longitudinal, perfil transversal, regime pluvial e regime fluvial etc.), que estão relacionados com uso e ocupação da terra nas menores unidades hídricas, no caso, as microbacias hidrográficas amazônicas.

Ressalte-se a Amazônia como o *locus* da maior e mais complexa rede de drenagem do planeta, cujos ecossistemas de *terra firme* e de *várzea* estão na intrínseca dependência, incluindo o *modo de vida* dos moradores tradicionais atrelados a esse ambiente hídrico.

Esse fator é merecedor dos olhares da política pública a fim de planejar ações que dêem conta do planejamento e gestão desses sistemas hídricos que na maioria ainda não foram estudados e já se encontram fragilizados ambientalmente.

Do estudo realizado que, correlaciona o uso e a ocupação da terra com configuração da paisagem das microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental revela alterações na dinâmica fluvial (elevadas cargas de sedimentos em suspensão), erosão nas áreas de platôs, assoreamentos e colmatagem de tributários, com supressão de vegetação para dar espaço às atividades produtivas, por exemplo: oriundas da pecuária extensiva - sobre as áreas estratégicas (nascentes, vertentes) das redes de drenagens.

É importante ressaltar, a partir das literaturas abordadas, o quanto há de instrumentos que facilitam nas pesquisas, no monitoramento e avaliação da qualidade dos ambientes naturais como os sistemas hídricos. O estudo desta tese é também resultado de análise científica e do uso das tecnologias geocodificadas, por permitirem criar um banco de dados e gerar informações no ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) como todas as discutidas.

Sendo dessa maneira, as avaliações deste estudo foram realizadas para fins de entender a condição do ambiente desses sistemas e também com intuito de correlacionar a modelagem estimada com os coeficientes/parâmetros do *Módulo 1 de Geração de Cargas de Sedimentos em Suspensão, do Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo – Qualidade da Água (MQUAL)* e o uso e a ocupação da terra nas Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá.

Uma correlação entre o MQUAL e a verdade de campo/*field true* diz respeito aos dois períodos sazonais de equivalência: dados medidos nas microbacias hidrográficas - Período de cheia/enchente e Período de vazante/seca); dados estimados (MQUAL) - Período Úmido e Período Seco.

Todavia, os registros obtidos no campo/*field true* não forneceram valores semelhantes aos estimados pelo MQUAL nas duas sazonalidades (Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá) que pudessem reorganizar os pesos dos coeficientes de exportação de cargas padrão do Módulo 1 – geração de cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão (CD_{sts_{se}}) do MQUAL 1.0, 1,5 e 2.0 em linhas gerais, pelos fatores discutidos e referendados:

1) os dados estimados, por razões próprias do referido modelo não esclarecem a origem dos valores de geração de cargas ($\text{kg}/\text{dia}/\text{km}^2$) na medida que foram aglutinadas as classes desde a primeira versão;

2) as características fisiográficas das bacias hidrográficas estudadas em outros estados federados pelo MQUAL, não se assemelham às das referidas microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental. Estas, além de distantes dos centros urbanos, a própria natureza hídrica têm comportamentos distintos aos daqueles centros, considerando como um dos principais aspectos as taxas de material transportado que, em condições normais deveriam gerar raríssimas cargas de sedimentos. Por isso, quando há graves problemas de impactos na sua dinâmica fluvial o que é muito para estas ((Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá), não é o mesmo para outros sistemas hídricos localizados fora desse contexto amazônico (ecossistema de *terra firme*).

Os aspectos acima não invalidam o estudo realizado, visto que este, serviu como parâmetro para reafirmar que os modelos matemáticos e o geoprocessamento são instrumentos facilitadores, principalmente este último que agrega e gera muitos dados. Cabendo ressaltar que as ferramentas geoprocessadas automaticamente não tem todo o suporte para dar clareza em uma análise que envolve aspectos físicos e humanos, daí necessitando da assinatura ambiental a fim de apresentar análises mais coerentes e próximas da realidade.

Assim, a estrutura do modelo matemático MQUAL é a que concebe a correlação do uso do solo e a qualidade da água como antecedente. Por outro lado, mesmo que a operacionalização de sua equação (MQUAL) não tenha na íntegra gerado dados de cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão, semelhantes aos medidos nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, a avaliação da equiparação entre os dois resultados ($\text{CDsts}_{\text{se}}/\text{kg}/\text{dia}/\text{km}^2$ e $\text{CDsts}_{\text{sm}}/\text{kg}/\text{dia}$) desvelou a configuração socioambiental atual desses sistemas hídricos e a relação com o uso e a ocupação da terra.

4.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, S. C. de S.(2005). **Modelos de simulação baseados em Raciocínio Qualitativo para avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia. Brasília (DF).
- BECK, U. (1997). *A reinvenção da política: rumo a uma nova teoria da modernização reflexiva*. In: **Modernização Reflexiva: Política, Tradição e Estética na Ordem Social Moderna**. [Tradução de Magda Lopes]. São Paulo: UNESP.
- BECKER, D. F. *et al.* (2002). **Desenvolvimento sustentável: necessidade e/ou possibilidade?** 4.ed. Santa Cruz do Sul: EDUNISC.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1999).**Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone.
- BERTRAND,G. (1968). *Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique*. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, v. 39, n. 3, p. 249-272.
- BOEF, W. *et al.* (2007). **Biodiversidade e agricultores: fortalecendo o manejo comunitário**. Porto Alegre: L & PM Editores.
- BRASIL. Decreto nº 94.076, de 05 de março de 1987 - Institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas e dá outras providências. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília (DF), 05 mar. 1987. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=131009>. Acesso em: 20 mar. 2011
- CARVALHO, I. C. de M. (2004). **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. São Paulo: Cortez.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1999). **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher.
- COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. (2003). *Ajuste multiobjetivo dos parâmetros de um modelo hidrológico*. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v.8, n.3, jul/set. p. 27 – 39. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/novo/arquivos/artigos/v8/v8n3/ajustemultiobjetivo.pdf>; <http://www.iph.ufrgs.br/corpo docente/tucci/publicacoes/otimizaiph2.PDF>. Acesso: 24 set. 2011.
- CORRÊA, A. M. A. **Coluna do prof. Altir Corrêa: prejuízos com as perdas de solo nas áreas agrícolas**. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/search/planets/coluna14/coluna14.html> Acesso em 31 de janeiro 2011.
- COSTA, T. C. e C. da; SANTOS, P. R. A. dos; GUIMARÃES, S. P. (2005). **Extração de variáveis topografica do modelo digital de elevação SRTM para o Estado do Rio de Janeiro**. Rio de janeiro: Embrapa Solos.

- CROSTA, A.P. (1993). **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas (SP):IG/Unicom.
- DAVIDSON, D. A. (1992). **The Evaluation of Land Resources**. 2 ed. Harlow (UK):Longman Sc & Tech.
- DINEHART, R. L. (1997). **Sediment transport at gaging stations near Mount St. Helens, Washington, 1980-90, data collection and analysis: USGS professional paper 1573**. Washington: USGS. Disponível em: <http://vulcan.wr.usgs.gov/Projects/Sediment_Trans/PP1573/PDF/PP1573.pdf >Acessado em: 10/03/2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/ (EMBRAPA);INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE (2011). *Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia: Sumário Executivo*.**Projeto TerraClass 2008**. Ministério do Meio Ambiente(MMA)/ Centro Regional da Amazônia(CRA/INPE-Belém-PA)/Embrapa Amazônia Oriental (Belém-PA)/Embrapa Informática Agropecuária(Campinas-SP), setembro.
- ESPINOZA, H. F.; ABRAHAM, A. M. (2005). *Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para o estudo dos recursos hídricos em regiões costeiras*. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, Goiânia, Brasil, 16-21 abril, p. 2487-2494.
- FEARNSIDE, P. M.(2005). *Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências*. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 113-123.
- FERNANDEZ, M. R. (1993). *Controle de sedimentos em bacias hidrográficas de distribuição de reservatórios*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7. Poços de Caldas. **Anais...** São Paulo: ABGE. P.177-191
- FERNANDEZ, O.V.Q. (1990). **Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão das margens da região de Porto Rico, PR**. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro.
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.(1998). *Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia*. **Revista Acta Amazônica**, v. 28, n, 2, abr/jun, p. 101 – 126.
- FLORENZANO, T. G. (2002). **Imagem de Satélite para estudos ambientais**. São Paulo:Oficina de Textos.
- HAEFNER, J. W. (2005). **Modeling Biological Systems. Principles and Applications**. 2. ed. New York: Springer-Verlar.
- HOEFFEL, J. L.; SORRENTINO, M.; MACHADO, M. K. **Concepções sobre a natureza e sustentabilidade um estudo sobre percepção ambiental na bacia hidrográfica do Rio Atibainha – Nazaré Paulista/SP**. Disponível em:

<http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT10/luis_hoffel.pdf> Acesso em: 22 de março de 2008.

HUGHES, J. D. (2002). **An Environmental History of the World: Humankind's Changing Role in the Community of Life**. 2.ed., New York: Routledge/Routledge Studies in Physical Geography and Environment.

JANSEN, J.R. (1986). **Introductory digital image processing**. New Jersey: Prentice Hall.

JOGENSEN, S.E. (1994). *Models instruments for combination of ecological theory and environmental practice*. In: BRECKLING, B; MULLER, F. **Ecological Modelling: International Journal on Ecological Modelling and Systems Ecology/ State of the Art in Ecological Modelling** proceedings of ISEM's 8th International Conference Kiel. Copenhagen, Denmark, v.75/76, p. 5–20.

JUNK, W. J. (1983). *As águas da região amazônica*. In: SALATI, Eneas (coord.) **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense; Brasília: CNPq, p. 45-100.

LARENTIS, D. G. (2004). **Modelagem matemática da qualidade da água em grandes bacias: sistema Taquari-Antas (RS)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

LEFF, E.(2001). **Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder**. Petrópolis (RJ): Vozes.

LIMA, W.P. (1989). *Função hidrológica da mata ciliar*. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR. **Anais** do Simpósio Sobre Mata Ciliar. Fundação Cargil, Campinas, p. 11-19.

LOPES, F. F. de P.; MACEDO Arlei (2008). *A utilização do módulo geração de cargas do modelo de correlação uso do solo X qualidade da água (MQUAL) na gestão da bacia Guarapiranga: o caso do município de Itapeverica da Serra*. In: GROSTEIN, M. D. [org.]. **Ciência Ambiental: Questões e Abordagens**. São Paulo: Annblume/FAPESP. p. 401-422.

MACHADO, R. E.; VETORAZZI C. A.; XAVIER A. C. (2003) *Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento* **REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO**, v.27, n.4, Viçosa, jul/ago.p.727-733.

MELLO, C. R. de.; LIMA, J. M. de; SILVA, A. M. da; LOPES, D.(2003). *Abstração inicial da precipitação em microbacia hidrográfica com escoamento efêmero*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n. 3, set./dez, p. 494-500.

METZGER, J.P. 2001. *O que é ecologia de paisagens?* **Biota Neotropica**. v.1, n.1/2, dez.Disponível em:

<http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>.

Acessado em: 21/12/2010.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO/INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (2007). *Relação de Beneficiários do Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA) - Parintins*. Brasília (DF):SIPRA (Sistema de Informações de Projetos de Reforma Agrária).

_____(2007b). **PRA - Plano de Recuperação do Projeto de Assentamento Vila Amazônia** MDA/INCRA/COOTEMPA - Parintins (AM.).

NEARING, M. A.; FOSTER, G. R.; LANE, L. J.; FINKNER, S. C. A. (1989). *Process based soil erosion model for USDA: Water Erosion Prediction Project Technology*. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 32, n. 5, sept./oct. p.1587-1593.

NELDER, J.A.; MEAD, R.(1965). *A Simplex Method for Function Minimization*. **The Computer Journal**, v.7, n.4 p.308-313.

NORTE ENERGIA. *Relatório Da Modelagem Matemática De Qualidade Da Água Dos Igarapés De Altamira*: Licença de Instalação nº 795/2011 da UHE Belo Monte emitida/IBAMA em 01/06/11. Brasília: Norte Energia S. A.[protocolado no IBAMA em 21/03/11-CE NE nº 62]. Disponível em:

http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento_ambiental/Hidreletricas/Belo%20Monte/Outros%20Documentos/Atendimento%20ao%20of%C3%ADcio%201251-2009%20%20complementa%C3%A7%C3%B5es/QUALIDADE%20DA%20%C3%81GUA/Texto/PDF/Modelagem%20Matem%C3%A1tica-Qualidade%20da%20%C3%81gua-Final.pdf

Acessado: 07/06/2012

NOVO, E.M.L.M. (1992). **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blücher.

PACA, V. H. da M. (2008). **Análise De Informações Satelitais E Dados Convencionais Da Rede Pluvio-Fluviométrica Como Contribuição À Modelagem Hidrológica Na Região Amazônica - Estudo De Caso: Bacia Do Rio Guamá - Pará**. Dissertação (Mestrado), COPPE/UFRJ - Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PEREIRA, G.M. (2007). **Análise comparativa de técnicas para estimativa da infiltração de água no solo em irrigação por superfície**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (CE).

ROSA, R.(2003). **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5. ed. Uberlândia: EDUFU.

RICHARDS, J. A. (1986). **Remote Sensing Digital Image Analysis**. Alemanha: Springer.

RICHARD, K. R. (1982). **Forms and processes in alluvial channels**. New York: Methuen e Co.

SACHS, I. (1986). **Ecodesenvolvimento**: crescer sem destruir. São Paulo: Vértice.

_____(2012). **Desenvolvimento sustentável: Desafio do século XXI. Ambiente & sociedade**. v. VII. n. 2, jul/dez, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em 24 de Julho de 2012.

SAITO, C. H.; ARAUJO, S. C. S.; STEINKE, E. T.; DUSI, R. L. M.; LOPES, F. F. P.; FRANCO, E. M.; BARROSO, H. G.(2002). *A utilização do geoprocessamento na identificação de formas de uso e ocupação da terra que oferecem riscos à qualidade da água da bacia do rio Monteiro, Planaltina, DF.*. In: 2. SIMPÓSIO de Recursos Hídricos do Centro-Oeste, Águas do Centro-Oeste - A fronteira é hídrica, Campo Grande-MS. **Anais...**São Paulo-SP: Dream Art Produções.

____ CARVALHO, A. P. F. de; CARVALHO Jr, O. A. de; LEITE, L. L. (2001). *Dados ambientais em sistemas de informação geográfica: da aglutinação à desnaturação*. **GEOSUL**, Florianópolis, v.16, n.32, jul./dez. p 73-94.

SANTOS, L. L. dos (2009). *MODELOS HIDRÁULICOS-HIDROLÓGICOS: Conceitos e Aplicações*. **RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife (PE), v.2, n.03, set-dez, p. 01-19.

SARGENT, R. G. (2007). *Verification and validation of simulation models*. In: HENDERSON, S.G.; BILLER, B.; HSIEH, M.H.; SHORTLE, J.; TEW, J.D.; BARTON, R.R. [eds.]. **Proceedings da Conferência Simulação Inverno**. Syracuse (NY/E.U.A):IEEE, p.124-137.

SÃO PAULO/SMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente/CPLA-SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE ESTADO DE SÃO PAULO/COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL (2011). **Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings: Relatório Final**. São Paulo (SP):COBRAPE. Agosto.

____ (2006). **Indicação de áreas de intervenção e respectivas diretrizes e normas ambientais de interesse regional na bacia hidrográfica do reservatório Billings**. São Paulo: SMA /PRIME ENGENHARIA, 2006.

____ (2004). **Calibração do sistema relacional de correlação do manejo do território e da qualidade ambiental para o reservatório Billings**. São Paulo: SMA, 2004.

____ (2003a). **Calibração do Sistema Relacional de Correlação do Manejo do Território e da Qualidade Ambiental para o Reservatório Billings – Relatório Parcial RT-2**. São Paulo: SMA. Disponível em: http://www.institutoacqua.com.br/Subportais/pt_raiz/PRIME_Outubro%202003.pdf

Acessado: 07 de jul. de 2011.

____. (2003b). **Versão 1.5 do Modelo de Correlação Uso do Solo/ Qualidade de Água-MQUAL**. São Paulo: SMA.

- SHUBART, H. O. R. (1983). *Ecologia e utilização das florestas*. In: SALATI, Eneas (coord.). **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense; Brasília: CNPq, p. 45-100.
- SILVA, A. L. A. (2003). **A utilização do modelo WinHSPF no estudo das cargas difusas de poluição da bacia do Ribeirão da Estiva SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento), Universidade de São Paulo.
- SIOLI, H. (2006). *Memorial: 50 anos de pesquisas em limnologia na Amazônia*. **ACTA AMAZ.** v. 36, n.3, Manaus (AM).
- ____ (1985). **Amazônia - Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Petrópolis: Vozes.
- ____ (1984). **O Amazonas e seus principais afluentes: tipos de rios, hidrografia e morfologia dos cursos dos rios**. In: **The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Editado pelo Autor. [Traduzido por ALR]
- SOARES, L. de C. (1991). *Hidrografia*. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – Diretoria de Geociências. **Região Norte**. v. 3. Rio de Janeiro: IBGE. p.73-121
- SOROOSHIAN, S.; GUPTA, V.K. (1995). *Model calibration* - chapter 2. In: SINGH, V. J. (editor) **Computer models of watershed hydrology**. Water Resources Publications, Highlands Ranch/Littleton, Colorado (EUA), p.23-68,.
- STEINKE, V. A.; (2007). **Identificação de áreas úmidas prioritárias para a conservação da biodiversidade na bacia da Lagoa Mirim (Brasil-Uruguai): subsídios para gestão transfronteiriça**. Doutorado [Tese]. Programa de Pós-graduação de Ecologia - Universidade de Brasília
- ____ SAITO, C. H. (2008). *Exportação de carga poluidora para identificação de áreas úmidas sob risco ambiental na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim*. In: **Sociedade & Natureza** (Online), v..20, n..2, Uberlândia, dez, p.43-67. Disponível <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132008000200003>
- Acessado em: 15 de março de 2010.
- TEIXEIRA, W. G.; ARRUDA, W; SHINZATO, E.; MACEDO, R.S.; MARTINS, G. C.; LIMA, H. N.; RODRIGUES, T. E. (2010). *Solos*. In: MAIA, M. A. M.; MARMOS ,J. L (org.). **Geodiversidade do estado do Amazonas**: Programa Geologia do Brasil - Levantamento da Geodiversidade. Manaus: CPRM/ Serviço Geológico do Brasil, p.73-83
- TUCCI, C. E. M. (1998). **Modelos Hidrológicos**. UFRGS ABRH
- ____; HESPANHOL, I.; CORDEIRO Neto, O. de M. (2000) *A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025*. **Relatório para GWP**.
- ____ (2001). **Gestão de águas no Brasil**. Brasília (DF): UNESCO.

_____(2003). *Cenários Da Gestão Da Água No Brasil: Uma Contribuição Para A “Visão Mundial Da Água”*. **BAHIA ANÁLISE & DADOS**, Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 357-370.

_____;CORDEIRO, O. M.(2004). *Diretrizes estratégicas para ciência e tecnologia em recursos hídricos no Brasil*. **REGA**. v. 1, n. 1, p. 21-35, jan./jun.

TUNDISI, J.G. (2009). *Água, a sustentabilidade vital*. In: **CIENTIFIC AMERICAN BRASIL Terra 3.0**. São Paulo (SP), v. 4, dez. p.14-19.

VEIGA, J. E. da (2008). **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. ed.3., Rio de Janeiro: Garamond.

XAVIER da Silva, J.; CARVALHO Filho, L.M. (1993). *Sistemas de Informação Geográfica: Uma proposta metodológica*. In: IV CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA Sobre Sistemas de Informação Geográfica e II SIMPÓSIO Brasileiro de Geoprocessamento, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, p. 609-628.

CAPÍTULO 5 – NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL E A INVESTIGAÇÃO-AÇÃO: Ações Educativas Desdobradas do Tema-Gerador *Impactos ambientais nos cursos fluviais da microbacia hidrográfica Zé Açú*

5. INTRODUÇÃO

Na história humana, todo saber, todo conhecimento sobre o mundo e sobre as coisas tem estado condicionado pelo contexto geográfico, ecológico e cultural em que se reproduz determinada formação social (LEFF, 2001, p. 21). Esse pensamento corrobora com a idéia de que a humanidade nunca existiu isolada do resto da vida, e não poderá existir sozinha, já que a sua dependência está nas associações complexas que tornam a vida possível (HUGHES,2002).

A partir do exposto, este capítulo analisa a importância da Educação Ambiental e da Investigação-ação no desenvolvimento da pesquisa científica que tem como foco principal o meio ambiente.

Nesse sentido a educação ambiental desponta como artifício na defesa do meio natural pelo fato de ajudar na reaproximação do homem com a natureza. Segundo Okamoto (1996), quando ocorre essa aproximação, junto promove um futuro com qualidade de vida para todos, em função da maior responsabilidade e respeito que suscita nas pessoas em relação ao ambiente que vivem.

A educação ambiental é muito falada nestas últimas décadas, mas surgiu a 40, a partir da *Recomendação 96*, oriunda da Conferência de Estocolmo em 1972, na Suécia com o seguinte texto:

Recomenda-se que o Secretário Geral, os organismos do sistema das Nações Unidas, particularmente a UNESCO e as demais instituições internacionais interessadas, adotem as medidas necessárias para estabelecer um programa internacional de educação sobre o meio ambiente, de enfoque interdisciplinar e com caráter escolar e extra-escolar, que abarque todos os níveis de ensino e que seja dirigido ao público em geral, especialmente ao cidadão que vive nas áreas rurais e urbanas, ao jovem e ao adulto indistintamente, para lhes ensinar medidas que dentro de suas possibilidades, possam assumir para ordenar e controlar seu meio ambiente.

Três anos após essa grande conferência ambiental foi instituído em Estocolmo, o Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA), sob os auspícios da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO,1997) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), atendendo a essa recomendação.

Com estas instituições (UNESCO e PNUMA) criadas foram promovidos os eventos que consolidaram o PIEA, bem como, a promoção da política de educação ambiental: o *Seminário Internacional de Educação Ambiental* (Belgrado, outubro de 1975) onde foi elaborada a Carta de Belgrado com os formulados princípios e traçadas as diretrizes da Educação Ambiental; e, a *Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental*, realizada em Tbilisi (Georgia), outubro de 1977.

A partir daí a educação ambiental (EA) é veiculada como força capaz de alcançar o público de diversos seguimentos da sociedade mundial. No Brasil a oficialização da EA vem com a Carta Magna de 1988 e sua política de ação está baseada no – nos documentos abaixo:

a) UNESCO (1997) - A educação ambiental é um processo permanente, no qual os indivíduos e comunidades tomam consciência do seu meio ambiente e adquirem conhecimentos, valores, habilidades, experiências e determinação que os tornem aptos a agir e resolver problemas ambientais presentes e futuro.

b) Constituição Federal de 1988, em seu art. 225, Capítulo VI – Do Meio Ambiente”, inciso VI, destacou a necessidade de “promover a Educação Ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do ambiente;

c) Na Comissão Interministerial da Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Humano (BRASIL. 1991, p. 01):

A educação ambiental se caracteriza por incorporar as dimensões sócio-econômica, política, cultural e histórica, não podendo se basear em pautas rígidas e de aplicação universal, devendo considerar as condições e estágios de cada país, região e comunidade, sob uma perspectiva histórica. Assim sendo, a Educação Ambiental deve permitir a compreensão da natureza complexa do meio ambiente e interpretar a interdependência entre os diversos elementos que conformam o ambiente, com vistas a utilizar racionalmente os recursos do meio na satisfação material e espiritual da sociedade, no presente e no futuro.

d) Em 1994, o Presidente da República aprovou o PRONEA - Programa Nacional de Educação Ambiental, cujos princípios baseiam-se na premissa de que a educação ambiental ser um dever constitucional do poder público incluindo a participação da comunidade.

e) Na Lei Federal nº 9.795, de 27/4/99, Art.1º - educação ambiental é o processo por meio do qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Os documentos acima dão suporte para as novas abordagens conceituais a respeito da Educação Ambiental. Reigota (1995) se baseando no pensamento de Paulo Freire sobre o *diálogo*, aborda a educação ambiental como um processo coletivo na execução da política de integração do ser humano ao seu meio de maneira equilibrada. Todavia, este autor alude que, essa integração equilibrada ocorrerá quando todo desempenho estiver centrado no diálogo, pelo fato de ser o ponto fundamental para que a política de educação ambiental alcance seus princípios de sensibilização ambiental.

Esse *diálogo* tratado por Paulo Freire, no entendimento de Saito e Santiago (1998) deverá ser com o *povo, [...] entre classes, de forma solidária, e não um simples diálogo de camaradagem [...]*. Esses autores defendem ainda:

[...] O que não se pode é perder o aspecto fundamental do diálogo, de cunho político e filosófico, em nome de uma adoção apressada, e certamente válida, do diálogo em escala micro. O diálogo entre classes pode favorecer a organização da ação sobre a realidade onde estas ainda não existam, não como imposição de modelos, mas como geradores de práxis, coletiva, cuja velocidade, amplitude e forma são gestadas autonomamente no processo. (p.78)

Dias (1994) por sua vez, enfoca o quanto é importante a educação ambiental, em vista de ter como base a difusão para a humanidade, de ações conscientizadoras, na busca harmônica da forma de vida entre os ambientes naturais e a sociedade.

Partindo-se do exposto pode-se dizer que a Educação Ambiental com a missão desencadear ações sensibilizadoras para integrar ambiente natural e sociedades humanas em busca do equilíbrio do homem com a natureza; a percepção ambiental com as suas técnicas para o estímulo sensorial sobre ambiente vivido; agrega-se a estas a fundamentação da pesquisa-ação – onde o pesquisador interage junto a comunidade partindo e agindo de acordo com os anseios dos comunitários a fim de se compreender a realidade pesquisada.

No estudo realizado por Saito *et al.* (2000) as ações de educação ambiental demonstraram que esse tipo de exercício não trata apenas de conhecer mais sobre a realidade socioambiental circundante, mas, sobretudo da ação própria da comunidade em intervir e agir sobre si gerando transformações.

Saito *et al.* (2000), tomando por base os estudos de Carr e Kemmis (1986) ressaltam que essa forma de interação (processo da pesquisa-ação) é pertinente na pesquisa científica, porque o conhecimento da realidade se aprofunda em uma relação dialética com a própria ação, transformando-se em uma prática coletiva.

Nesse mesmo entendimento, Gomez *et al.* (1996) defende a pesquisa-ação, como um método de investigação que estimula a reflexão e auto-reflexão dos sujeitos participantes sobre seus fazeres, saberes, assim como, às posições assumidas diante de uma situação problematizada no seu meio socioambiental.

Complementando os argumentos acima, Elliott (1990) considera como fundamental os seguintes pontos para que a pesquisa-ação aconteça de fato: o *diálogo* como ferramenta constitutiva do processo de pesquisa-ação; a imersão do pesquisador na realidade dos participantes; e, o compromisso ético entre todos os sujeitos que estão no processo.

Esses aspectos vão favorecer no entrelaçamento entre os campos em zona conflitante, o teórico e o prático. Nas palavras de Zeichner (1992), isso ocorre quando a participação dos agentes na pesquisa-ação abre à parceria e ao diálogo franco, aproximando a ação refletida, da ação a ser praticada.

Elliott em seu trabalho de 1978 escreve que pesquisados e pesquisador devem ter livre acesso a tudo que vai sendo produzido sobre a pesquisa por ambos públicos envolvidos. E mais, para este, a pesquisa-ação deve primar pela confiança firmada pela fidelidade e ética mútua, a fim de que os pactos realizados salvaguardem toda coleta, o uso e a propagação dos dados, favorecendo ao êxito do trabalho.

Na compreensão de Grabauska e Bastos (1998) que tratam a pesquisa-ação como emancipatória, quando planejada e executada na concepção de pesquisa participativa, poderá auxiliar as sociedades humanas na interpretação da própria realidade considerando a respectiva prática, as concepções e os valores. Todavia, para estes, o êxito será pleno quando for compreendido que:

[...] O potencial da investigação-ação emancipatória em dar conta da realidade macrossocial consiste, justamente, em que ela dá poder aos indivíduos de realizarem a ligação entre o que eles vivem e no que acreditam e no que lhes é dito ou imposto. Nesta direção, a auto-reflexão crítica e as posteriores reflexões coletivas podem dar conta da miríade de interpretações, significados e disputas ideológicas que perpassam os microcosmos de cada sociedade, fornecendo uma explicação coerente sobre a realidade concreta de indivíduos e grupos sociais. (p,8)

Baseando-se nesse contexto, este capítulo tem como objetivo analisar as atividades educacionais (*estudo de voçorocas, construção de terrários e gincanas sobre resíduos sólidos*) desdobradas do tema-gerador *Impactos ambientais nos cursos fluviais*, no que se refere às medidas mitigadoras, desenvolvidas junto às comunidades circunjacentes.

5.1 MÉTODOLOGIA

5.1.1 Procedimentos Metodológicos

As *ações educacionais* foram executadas nos locais com maiores potenciais de impactos ambientais, no caso, a prioridade foi dada à área da microbacia hidrográfica (Mbh) Zé Açú, onde estão zoneadas seis comunidades do Pòlo 07: Bom Socorro, Santa Fé, Boa Esperança, Nazaré, Paraíso, N. S. das Graças.

Essas *ações educacionais* foram definidas a partir do Tema-gerador *Impactos ambientais nos cursos fluviais* que considerou a problemática de maior expressividade no contexto ambiental, os cursos fluviais da Mbh Zé Açú.

O desenvolvimento de *ações* a partir de um *tema gerador*, tem como propósito condensar as situações-problemas socioambientais que, permitem compreender a realidade vivida e também as vantagens às famílias dos comunitários-assentados envolvidas, concernentes à formação crítica e transformadora e, assim iniciando a emancipação das amarras de exclusão no contexto socioambiental.

A concepção de *tema gerador* tomou-se por base o que discute Saito (2001):

Para Paulo Freire, o compromisso com a transformação leva à organização da atividade pedagógica a partir das *aspirações do povo* (investigação temática), o que antecede a realização do próprio ato pedagógico. Nesta condição, a busca dessas *aspirações do povo* deve se dar no contato estreito com a comunidade, identificando seus problemas para daí extrair o que Freire chama de *temas geradores*. Para este, chamam-se geradores porque, envolvendo situações-limites existenciais que exigem atos-limite de compreensão e intervenção social, seja qual for sua natureza e a ação por eles provocada, contém em si a possibilidade de desdobrar-se em outros tantos temas que, por sua vez, explicitam novas situações-limite que novamente exigem ação. (p.128)

Como descrito acima, cada desdobramento do *tema gerador* foi gerado a partir das *atividades educacionais* eleitas pelos comunitários-assentados como prioridades: a) *Estudo de voçorocas*; b) *Construção de terrários*; e, c) *Gincana sobre resíduos sólidos domiciliares*.

Uma das estratégias encontradas pelos seis líderes comunitários para desenvolver as ações foi a participação das escolas municipais, principalmente as compostas por turmas de *ensino multisseriado*. No planejamento que envolveu o currículo escolar, a abordagem interdisciplinar foi a melhor opção por se adequar ao tipo de ensino que condensa em uma mesma sala de aula alunos do 1^o ao 5^o Ano do Ensino Fundamental. Entre outras bases teóricas serviu-se do que defende Adams (2006) a esse respeito:

A interdisciplinaridade significa uma prática que rompe com barreiras disciplinares, onde cada disciplina possa apontar suas contribuições sobre um determinado assunto que seja trabalhado em todas as disciplinas, a ponto de possibilitar uma visão globalizante sobre o que estiver sendo trabalhado e estudado, possibilitando uma aprendizagem significativa e abrangente. (p. 1 e 2)

Para a execução das ações de cada *atividade educacional* a decisão de fazer, iniciar e avaliar sempre contou com o referendado das lideranças de agricultores familiares e gestores pedagógicos das escolas públicas

Outro ponto sempre levado em consideração foi o currículo escolar, pelo fato de ser entendido que o saber escolar deve estar atrelado a qualquer evento, projeto ou programa que envolva a comunidade.

Por isto, junto às técnicas estavam os seguintes aportes: Proposta Curricular do Sistema Escolar Municipal; Cadernos da Escola Ativa que são adotados na sala de aula multisseriada; faixas etárias dos alunos por série/ano; seleção dos conteúdos dos componentes curriculares: Língua Portuguesa – Narrativa, Construção de textos e escrita de bilhetes e cartas sobre os processos que ocorreram diariamente nos terrários construídos, articulando com os conteúdos gramaticais; História e Geografia – Tempo de vida e espaços ocupados: Recursos Naturais, Clima, Vegetação etc.; Ciências – Modificações na Crosta Terrestre, Água, Ar, As Plantas e vegetais; Matemática – Resolvendo Problemas das 4 operações de cálculos, Fração e Unidades de Medida.

5.1.1.1 Atividades Educacionais realizadas

A) O estudo nas voçorocas - *Estudando a voçoroca: alunos da sala multisseriada (1.º ao 5º Ano do ensino fundamental) da Escola Municipal da Comunidade de N. S. das Graças (Fig. 5.2).*

◇ *Enfoque do tema desdobrado do tema-gerador: ambiente dos igarapés, escassez de água, colmatagem de igarapés, erosão*

Público participante: Liderança comunitária, professor, alunos do 1.º ao 5º Ano do ensino multisseriado, agricultores familiares da comunidade N. S. das Graças.

Objetivo: Inventariar uma voçoroca escolhida pela liderança da comunidade N. S. das Graças, utilizando como apoio os conteúdos de cada Componente Curricular do ensino multisseriado, operacionalizado diretamente nesse laboratório natural, a fim da obtenção de dados geradores de estímulo à percepção, e, possibilitadores de reflexões sobre a conservação e preservação do ambiente.

Procedimento: Oficinas pedagógicas direcionadas ao preparo do professor e comunitários-voluntários sobre: a) Como trabalhar com projeto de aprendizagem a partir de uma situação-problema; b) Elaboração do Projeto Interdisciplinar, em que foi simulado como usar a metodologia interdisciplinar, contextualizando conteúdos nas séries/anos distintos, bem como os conteúdos de cada componente curricular e as séries/anos do ensino multisseriado; c) Aulas com os alunos no lote com processos erosivos (*voçoroca*).

B) Construção de Terrários

A base para construção de *terrários* está na história de sua origem, cujo marco data do final do século XIX, quando o inglês Nathanael Ward, médico e colecionador de plantas raras, aperfeiçoou em um recipiente de vidro um ambiente para transportar plantas que descobriu em várias regiões de clima tropical. Assim, esse médico compreendeu que era possível cultivar em pequenos recipientes (jarros de vidros, vaso de aquário, garrafas PET etc.) micro-ambientes com espécies de plantas e sua micro-fauna (*terrários*). A funcionalidade no *terrário* é a mesma que acontece nos grandes ambientes: a atmosfera quente e úmida das florestas; a fotossíntese; o ciclo da água; e, outras situações ambientais. (PACHÊCO *et al.*,2011; HERSHEY, 1996).

Enfoque do tema desdobrado do tema-gerador – para desenvolver a reflexão sobre obstrução de canais fluviais pelo assoreamento, carreamento superficial de material para o leito, geradores de obstáculos à navegação, baixa piscosidade, consumo impróprio da água no período sazonal de vazante fluvial etc, de acordo com a realidade local foram desenvolvidos:

i) *Terrário e a percepção ambiental pelos alunos do ensino multisseriado sobre os impactos ambientais nos sistemas naturais de terra firme da comunidade de Paraíso (Fig. 5.3).*

Público participante: Liderança comunitária, professora, alunos do 1.^o ao 5.^o Ano do ensino multisseriado e respectivos pais, agricultores familiares da comunidade Paraíso.

Objetivo: Aplicar os conhecimentos da construção e uso do terrário temático (constituidores dos sistemas naturais que estão nas áreas de platô, encosta e baixio), a fim de utilizá-lo como técnica e recurso didático, e, também para que os alunos do ensino multisseriado do 1.^o ao 5.^o Ano/Série aguçassem a percepção ambiental das ocorrências dos impactos ambientais no lugar onde vivem.

Procedimento: 1) Oficinas Didáticas sobre: a) Construção, importância, função e utilidade do terrário em sala de aula; b) Orientações didáticas à professora e pais voluntários - sobre o passo-a-passo na elaboração do Projeto Interdisciplinar para a Sala Multisserada; 2) Prática de campo com os alunos no entorno da escola para identificação dos sistemas de terra firme transportados para o terrário;

ii) *Terrário e os tipos de ambientes no curso inferior da microbacia hidrográfica Zé Açú (Fig. 5.4).*

Público participante: Professores, alunos do 6.^o ao 9.^o Ano, gestora e técnicos pedagógicos da Escola Prof. João Lauro

Objetivo: Aplicar oficinas de educação ambiental (EA) e respectivas orientações na construção e uso de terrários, destinadas aos professores da escola pública da comunidade do Bom Socorro e dos respectivos anexos, a fim destes serem utilizados em sala de aula como recurso didático, focado para o entendimento dos alunos a respeito do funcionamento do meio ambiente onde vivem.

Procedimento: Palestras, Painel Ambiental e Oficinas didáticas de EA – estas foram trabalhadas desde a parte teórica sobre os ecossistemas, construção e monitoramento dos terrários (garrafas PET, solo do local, areia grossa, seixo de vários tamanhos, espécies vegetais da mata ciliar, algas, tampinhas, carvão): a) preparação didático-pedagógico para articular todo o processo que envolve o terrários com os conteúdos diários dos componentes curriculares de cada série/ano da educação básica; b) simulação do vários ambientes do curso inferior da microbacia hidrográfica do Zé Açú; c) verificação da funcionalidade natural diária no terrário; d) apresentação das técnicas de sensibilização sobre a importância da água e do solo na vida das plantas e dos animais (inclusive o homem); e, e) orientação aos alunos sobre as formas de registrar diariamente as observações das ocorrências diárias no terrário: momentos de chuva, de evaporação e comportamento da reserva de água. c)_C)

Gincana sobre resíduos sólidos domiciliares

◇ *Enfoque do tema desdobrado do tema-gerador:* biodiversidade aquática, topografia da terra firme, fitofisionomia, extração de areia.

i) *Gincana Ambiental no combate aos resíduos sólidos domiciliares na comunidade de Paraíso na Mbh Zé Açú (Fig. 5.5).*

Público participante: Liderança comunitária, professora, alunos do 1.^o ao 5.^o Ano do ensino multisseriado, jovens, mulheres-mães, agricultores familiares da comunidade Paraíso.

Objetivo: Realizar as ações para a erradicação dos resíduos sólidos destinados nas faixas justafluviais que bordejam a comunidade do Paraíso, por meio de gincana e desporto (futebol de campo, futebol de salão e queimada).

Procedimento:

Nesta atividade foi trabalhado os Três R (Reduzir, Reutilizar e Recicla) por meio de palestras de sensibilização, e duas gincanas (uma somente com mulheres-mães, e outra mais ampla):

a) A Gincana Ambiental envolvendo grupos competidores formados com as mulheres-mães. A finalidade foi a identificação dos locais que depositam os resíduos domiciliares, os tipos de resíduos descartados na paisagem da comunidade do Paraíso, que problemas podem causar as pessoas e aos igarapés da Mbh Zé Açú, e as soluções para todo esse incômodo;

b) A Gincana Ambiental de Desporto envolvendo todos os comunitários-assentados. Objetivou alertar dos locais impróprios para o depósito de resíduos sólidos domiciliares.

O critério para participação na gincana foi a construção e instalação de placas de alertas nos locais identificados com resíduos domiciliares.

Esta gincana ambiental aconteceu após a oficina de percepção ambiental com alunos do ensino multisseriados (Ensino Fundamental de 1.^o ao 5.^o Ano), cuja exploração de campo foi o alvo para que as crianças identificassem na composição da paisagem os diferentes níveis topográficos (platô, vertente e baixio), os *lixos* deixados em várias partes, assim como, a importância desses locais sem qualquer resíduo antrópico e da vegetação nativa para a manutenção da água na Mbh Zé Açú.

ii) *Gincana Ambiental no exercício de lidar com os resíduos sólidos domiciliares no curso inferior da microbacia hidrográfica Zé Açú (Fig. 5.6).*

Público participante: seis Professores, 300 alunos do 1.^o ao 9.^o Ano, a gestora e os técnicos pedagógicos da Escola Municipal *Professor João Lauro*, lideranças comunitárias, moradores da sede da Comunidade Bom Socorro do Zé Açú.

Objetivo: Diagnosticar junto aos domicílios e a escola da comunidade do Bom Socorro do Zé Açú sobre a forma de coleta residencial, tipo de resíduos sólidos domésticos e escolares produzidos, a fim de implementar ações de educação ambiental para a redução na produção do uso de embalagens, descartáveis e papéis e adoção de proposta aos resíduos orgânicos.

Procedimentos:

- Ações de Educação Ambiental com o uso da Comunicação (gincana ambiental, Boletim Informativo impresso e distribuídos nas residências)

- Entrevista com os representantes do local, no caso com o Presidente da Comunidade, Liderança do *Projeto de Esporte e Roupas Regionais*, a fim de apresentar os resultados dos projetos realizados de 2010 a 2011 indicando as situações-problemas para desenvolvê-las em conjunto;

- Realização de Encontros com a participação de Professores, representantes de alunos e líderes comunitários, onde foram proferidas palestras a respeito da situação dos resíduos sólidos, no que tange a coleta, destino final e cuidado com os resíduos que são carreados pelas águas das chuvas para o curso inferior do Zé Açú e incomoda os agricultores familiares da comunidade de N. S. de Nazaré, a jusante do Bom Socorro do Zé Açú, bem como a retirada de areia pelos pecuaristas do agronegócio;

- Decisão da comunidade escolar para o desenvolvimento das ações de educação ambiental por meio da Gincana Ambiental com as seguintes tarefas:

Tarefa 1 – Apresentação de uma candidata Mulher e um candidato Homem vestido com uma vestimenta criativa enfeitada com resíduos sólidos (tudo o que se descarta de embalagens no *lixo*).

Critérios:

A) Desfile no final das ações com os temas-geradores: 02 de Dezembro de 2011;

B) O cumprimento valeu 10 Pontos;

Tarefa 2 - Cada turma esteve sob coordenação do professor (a) e representante de cada turma de aluno (do 6.º ao 9.º Ano, EJA e Ensino Médio).

Tarefa 3 – Os alunos convenceram o maior número de pessoas no mutirão de limpeza do *lixo jogado* desde a margem da estrada (última casa da estrada) até a área do *buraco* que recebe o *lixão* (termos da fala local).

Critérios seguidos:

a) Não deveriam participar pessoas com menos 12 anos;

b) as pessoas não poderiam ir descalças para a limpeza;

c) as pessoas deveriam levar pá, enxada, ciscador, carrinho, panela ou qualquer outro depósito para coletar o lixo jogado;

d) os nomes foram anotados no Caderno;

e) cada pessoa presente valeu 01 ponto. A contagem foi realizada pelos seguintes: os professores-coordenadores de Educação Ambiental (EA) da Escola Municipal Prof. João Lauro e a Equipe da UFAM; f) Data cumprida: 19 de Novembro de 2011.

Tarefa 4 – Execução da programação de 10 minutos (horário de Recreio da Escola) na Voz da Comunidade de Bom Socorro do Zé Açú, sobre Educação Ambiental, redução e cuidados com os resíduos sólidos,

Critérios cumpridos: a) o texto foi escrito em papel pautado; b) constou o nome dos autores; c) passou pela correção dos professores de Língua Portuguesa, Equipe dos Projetos de EA da Escola, Professor-Representante da Turma; d) cada turma apresentou 02 programas em dois dias diferentes a partir de sorteio; e) A programação foi entregue para correção três dias antes de ir ao ar; f) Cada programa valeu 05 Pontos.

Tarefa 5 - Cada aluno envolvido fez anotações no caderno de aula de acordo com a ficha de controle sobre tudo que todos da família jogam no lixo diariamente (papel, sacola, embalagens, descartáveis, galhos de árvores, madeira em geral, restos de comida cozida e crua, papel de bombons e chiclete, carteira de cigarro, latas, canetas, caderno, restos de lápis etc.). Cada turma marcou na fichinha o que joga no cesto de lixo da sala de aula.

Critérios: a) 20 dias de anotação (10 a 20 de Novembro); b) Foi avaliado o percentual de anotações por sala, considerando o maior número de anotações a partir da quantidade de alunos na turma; c) Total de 10 Pontos.

Com essas técnicas foram implementadas as ações de educação ambiental, tendo como suporte a investigação-ação.

A educação ambiental é de grande relevância, porque quando se pensa sobre o contexto ambiental, o caminho mais apropriado que se destaca é o dela pelas abordagens que permeia os seus princípios:

A educação ambiental, em específico, ao educar para a cidadania, pode construir a possibilidade da ação política, no sentido de contribuir para formar uma coletividade que é responsável pelo mundo que habita. (SORRENTINO *et al.* 2005, p.287)

[...] a educação ambiental assume cada vez mais uma função transformadora, na qual a co-responsabilização dos indivíduos torna-se um objetivo essencial para promover um novo tipo de desenvolvimento – o desenvolvimento sustentável. (JACOBI, 2003, p.193).

Desse modo, formar uma consciência crítica é o ponto propulsor para que o processo de educação ambiental seja internalizado. Sendo assim, a sensibilização ambiental pode contribuir muito nessa atitude conduzindo o indivíduo e a coletividade por meio de ações concretas que rumem para uma construção social.

Nessa visão, o sujeito homem precisa agir como responsável para a manutenção ambiental, considerando que ele é o único *ser* capaz de escolher o que é melhor para as condições de sua própria vida e de todos os seres inseridos no meio natural. Por isso, os diversos setores cuidam para que sejam tomadas decisões viáveis para o cuidado com o meio ambiente. É nesta perspectiva que o documento *Base da estratégia nacional de educação ambiental* de 1999, estabelece como um dos princípios, entender o ambiente como um sistema complexo e uma unidade total, a partir de uma perspectiva holística.

Nesse sentido, para entender o que ocorre na terra e nas águas da microbacia hidrográfica Zé Açú, a base fundamental deste capítulo é a investigação-ação e a educação ambiental. Sendo assim, o objetivo deste capítulo é o de compreender como cada sujeito na sua dimensão sociocultural absorve as formas de lidar com seu próprio ambiente e qual a capacidade crítica na formulação de propostas voltadas à qualidade ambiental, bem como, ações transformadoras na visão da sustentabilidade.

5.2 RESULTADOS

Os temas desdobrados (**Matriz 5.1, 5.2**) foram desenvolvidos com o envolvimento de seis comunidades da microbacia hidrográfica Zé Açú, partir do Tema-Gerador *Impactos ambientais nos cursos fluviais*, de modo que a própria ação colaborativa se tornou um incentivo para a autonomia de suas decisões.

Esta tese trata da análise das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, no entanto, este capítulo discute apenas ações na Mbh Zé Açú pelo seguinte: a Mbh Tracajá apresentou impactos ambientais com desflorestamento nas áreas próximas das faixas justafluviais e no entorno das nascentes, porém, com ausência de intensas erosões de qualquer natureza e, de assoreamento e colmatagem nos canais fluviais. Por apresentar com menores impactos do que o identificado na Mbh Zé Açú, as ações e estudo na Mbh Tracajá ficaram para 2013.

Desse modo, a visão articulada a respeito do conjunto das interações entre tema-gerador, ações educacionais e conhecimentos envolvidos está esquematizada na **Figura 5.1**.

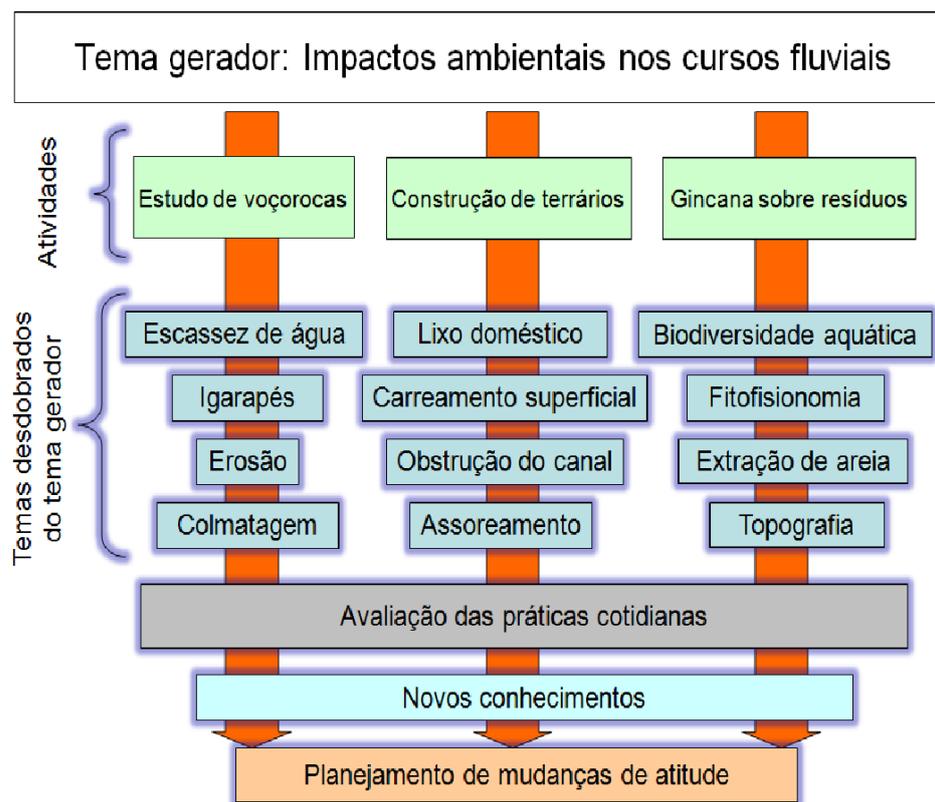


Figura 5.1 - Resultado do desdobramento do *tema gerador* em ações educacionais, conhecimentos e práticas envolvidas.

A partir dessa figura acima (**Fig. 5.1**) mais os dados apresentados nas **Matrizes 5.1** e **5.2** demonstram os resultados das *atividades educacionais*.

As referidas **Matrizes** expõem a situação das comunidades da Mbh Zé Açú com maiores problemas e desse feito as ações foram executadas de acordo com a gravidade apontada pelos envolvidos:

1.^o) N. S. das Graças, situada no curso superior apresenta os seguintes problemas: escassez de água no período de vazante do rio, assoreamento no meio do canal fluvial e, quatro voçorocas;

2.^o) Paraíso, no curso médio – tem como principais problemas: resíduos sólidos domiciliares depositados nas áreas de encostas das faixas justafluviais e cinco voçorocas;

3.^o) Bom Socorro (curso inferior) – *lixão a céu aberto* e resíduos sólidos espalhados pelas ruelas.

As ações para as outras comunidades (Nazaré, Santa Fé e Boa Esperança) ficou agendado a partir do segundo semestre de 2012 que não fazem mais parte da discussão desta tese.

Matriz 5.1 – Atividades-Oficinas e os temas desdobrados do Tema-gerador (*Impactos ambientais nos cursos fluviais*): estudo de voçorocas e construção de terrários

COMUNIDADES ENVOLVIDAS	SITUAÇÕES-PROBLEMAS	ATIVIDADES EDUCACIONAIS	AÇÕES AVALIADAS
Curso Fluvial Superior Comunidade N. S. das Graças	<ul style="list-style-type: none"> Erosão pluvial – voçoroca Igarapés com assoreamento e colmatagem Falta de água na vazante do rio para uso doméstico e para irrigação dos roçados de mandioca, macaxeira, banana etc. Impedimento fluvial por conta de assoreamento Escassez de água e fauna aquática por conta do desaparecimento da mata de igapó e colmatagem de igarapés/tributários 	<p>a) <i>Estudo de voçoroca</i></p> <p>i) <i>Estudando a voçoroca: alunos da sala multisseriada (1.^o ao 5^o Ano do ensino fundamental) da Escola Municipal da Comunidade de N. S. das Graças (Fig. 5.2).</i></p> <p>◇ <i>Enfoque do tema desdobrado do tema-gerador: ambiente dos igarapés, escassez de água, colmatagem de igarapés, erosão</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Visão crítica pelos alunos, Ex.: <i>...eu sempre vi aqueles enormes buracos, mas, nem sabia que tinha tantos animais pequenos e plantas que estão morrendo por s-causa deles...</i> Participação coesa da comunidade nos trabalhos de docência na área de processo erosivo (voçoroca) escolhido pelos comunitários, os quais expuseram outro olhar ao ambiente que está sendo impactado e causando danos para todos – desconhecimento, solução para contê-las (reflorestar, não colocar mais animais circulando nessa área) Os alunos 1^o ao 5^o Ano expuseram de acordo com o percebido-sistematizado quanto ao problema que as voçorocas estão causando ao solo e na água (transporte, utilização doméstica, benefícios ao pescado etc.). Na apresentação de um grupo de alunas entre 6 a 11 anos expuseram: <i>... o Zé Açú vai secar e vamos precisar de cacimba ou poço pra tomar banho, lavar vasilha,...E como ir pras outros locais? [...].</i>

Cont.

COMUNIDADES ENVOLVIDAS	SITUAÇÕES-PROBLEMAS	ATIVIDADES EDUCACIONAIS	AÇÕES AVALIADAS
<p>Curso Fluvial Médio</p> <p>Comunidade do Paraíso (23 famílias.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •vegetação) e respectiva função para a microbacia hidrográfica Zé Açú. Escassez de água na vazante fluvial para deslocamento até outras comunidades e cidade de Parintins. 	<p>b)Construção de Terrários</p> <p>◇ Enfoque do tema desdobrado do tema-gerador – assoreamento, carreamento superficial de material para o leito, e, obstrução de canal fluvial.</p> <p>i)Terrário e a percepção pelos alunos do ensino multisseriado sobre os sistemas naturais de terra firme.da comunidade de Paraíso. (Fig.5.3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estimulo da percepção ambiental sobre o lugar de onde flui o modo de vida (alunos, professores e pais) e, a compreensão sobre os impactos que os resíduos sólidos quando deixados em qualquer desses ambientes topográficos, causam para a microbacia hidrográfica Zé Açú; ▪ Os ambientes transportados para o Terrário – aguçaram a percepção dos alunos, pais e professora para o lugar onde vivem e as diferenças de vegetação e solo que existem entre o platô (denominados por eles de terra firme), a faixa justafluvial/encosta (denominada por eles de margem) e do baixio (igapó); ▪ Demonstração prática dos alunos, da sala multisseriada, a respeito da articulação entre os conteúdos dos cadernos (de Matemática, Ciências, Língua Portuguesa, Geografia, Artes e História) e a experiência do Terrário: <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Do monitoramento dos acontecimentos no Terrário foram identificadas as diversas funções naturais (ciclo da água, a fauna e flora, quantidade de água evaporada e retornada ao reservatório do ambiente, a vida dos pequenos organismos); ⇒ da história contada pelos pais e avós sobre a comunidade Paraíso antes e depois do aumento das famílias que vieram de outros locais etc. e os obstáculos para usar a água para abastecer e para o transporte fluvial.
<p>Curso Fluvial Inferior</p> <p>Comunidade Bom Socorro do Zé Açú</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Desconhecimento sobre a diferença entre os ambientes da faixa justafluvial direita e da esquerda da Mbh Zé Açú; ▪ Dificuldade de relacionar os conteúdos da sala de aula com o ambiente onde desenvolvem o modo de vida do porque a cada ano 	<p>ii) Terrário e os tipos de ambientes no curso inferior da microbacia hidrográfica Zé Açú (Fig. 5.4.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A sensibilização ambiental voltada para uso correto das águas da microbacia hidrográfica Zé Açú; ▪ Descoberta de sistemas diferentes em cada parte do curso inferior do Zé Açú (latossolos amarelos, espodossolos, vegetação diferente etc.).

Cont.

COMUNIDADES ENVOLVIDAS	SITUAÇÕES-PROBLEMAS	ATIVIDADES EDUCACIONAIS	AÇÕES AVALIADAS
Curso Fluvial Inferior Comunidade Bom Socorro do Zé Açú	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de percepção sentem mais dificuldades para o transporte e uso doméstico das águas da microbacia hidrográfica Zé Açú 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Participação dos alunos em escala aceitável de mais de 90%, com o relato de que ficou mais fácil entender os mecanismos naturais que se agride sem saber, assim como , um recurso que serve para facilitar a aprendizagem.

Matriz 5.2 - Atividades-Oficinas e os temas desdobrados do Tema-gerador(*Impactos ambientais nos cursos fluviais*): Gincana sobre resíduos sólidos domiciliares

COMUNIDADE ENVOLVIDA	SITUAÇÕES-PROBLEMAS	ATIVIDADES EDUCACIONAIS	AÇÕES AVALIADAS
Curso Fluvial Médio Comunidade do Paraíso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resíduos domiciliares jogados na área de encosta e com mata ciliar de toda a área que abrange a sede da comunidade do Paraíso. ▪ Depósitos com resíduos domiciliares nas: <ul style="list-style-type: none"> ➢ áreas com irregularidades no terreno (pequenas depressões) do platô e das encostas; ➢ proximidades das residências das 23 famílias da comunidade de Paraíso 	<p>c) Ações educacionais::</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Gincana voltada para os resíduos sólidos domiciliares</i> ◇ <i>Enfoque do tema desdobrado do tema-gerador: biodiversidade aquática, topografia da terra firme, fitofisionomia, extração de areia.</i> i) <i>Gincana Ambiental no combate aos resíduos sólidos domiciliares na comunidade de Paraíso. (Fig.5.5)</i> 	<p>A Gincana Ambiental contribuiu com a seguinte reflexão:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Das mulheres-mães: O o resultado disso centrou em três pontos: 1) os resíduos mais descartados estavam os orgânicos de origem vegetal, depois animal. <i>Solução:</i> promover um campeonato com várias modalidades a fim de disseminar a idéia de proteger os locais contra os depósitos de <i>lixo</i>. 2) Dos comunitários (adultos, jovens, crianças) – Desporto –futebol de campo (masculino e feminino), futebol de salão(jovens), queimada (crianças) Critério de inscrição: elaborar o alerta, construir e edificar a placa nos locais identificados com depósitos de lixos. <p>AVALIAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ Compreenderam que os resíduos ali depositados causam: impactos na estética de quem chega na comunidade; são levados pelas chuvas para o rio Zé Açú; entulham os baixios porque ficam presos às matas de igapós; atraem vetores que prejudicam à saúde; matam a vegetação; ◇ Diante disto, tiraram como solução: reduzir a compra de produtos com embalagens que servem para reutilizar; produzir compostos orgânicos com os restos de origem animal e vegetal para utilizar em hortas domésticas.
Curso Fluvial Inferior Comunidade Bom Socorro do Zé Açú	<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos doméstico e escolar jogados em qualquer local sem seleção; 	<p>ii) <i>Gincana Ambiental</i></p>	<p>A Gincana Ambiental contribuiu com a seguinte reflexão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • que as famílias produzem em casa diariamente cerca de 1 kg de resíduos ...

Cont.

COMUNIDADE ENVOLVIDA	SITUAÇÕES-PROBLEMAS	ATIVIDADES EDUCACIONAIS	AÇÕES AVALIADAS
<p>Curso Fluvial Inferior</p> <p>Comunidade Bom Socorro do Zé Açú</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Retirada de areia nas Áreas de Preservação Permanente; • Erosão em consequência da retirada de areia no perímetro da comunidade; • <i>Lixão a céu aberto</i> • Noção reduzida por parte das 180 famílias residentes na sede da comunidade a respeito dos problemas que causam os resíduos domésticos; • Carreamento pelas enxurradas de resíduos para o curso inferior da microbacia hidrográfica Zé Açú; • Destino final dos resíduos sólidos domésticos – abandonados desde a residência, estrada até local de recepção (<i>céu aberto</i>); • Local inadequado e sem orientação para dar destino dos resíduos sólidos domiciliares e escolar 	<p><i>ii) Gincana Ambiental no exercício de lidar com os resíduos sólidos domiciliares no curso inferior da microbacia hidrográfica Zé Açú (Fig.5.6)</i></p>	<p>...domiciliares, na maioria orgânico;</p> <ul style="list-style-type: none"> • que a comunidade escolar produz cerca de 02 kg de resíduos escolares por sala; • que os resíduos sólidos registrados nas estradas, praça, ruelas, caminho para o lixão a céu aberto são: embalagens de alimentos industrializados, sacos plásticos e copos descartáveis; • que os resíduos não são depositados dentro da vala (local de retirada de areia), mas, nos seus arredores atraindo vetores como mosca e ratos; • que é importante reduzir o uso de embalagens, pois a reutilização é passageira e reciclagem não existe no local e nem na cidade de Parintins; • que os lixos espalhados na sede da comunidade após uma chuva ficam flutuando no curso inferior da microbacia hidrográfica Zé Açú e vai poluindo a água para todos os usos; • que aprenderam com os programas na voz e o veiculado nos Boletins Informativos os problemas causados pelos descartáveis e, que os orgânicos (restos de animais e vegetais podem servir de adubo); • que entenderam com o mutirão de limpeza como as embalagens, os sacos plásticos e de fibras não deterioram com facilidade e perturbam o local onde estão (não deixam nem mesmo o capim, o solo é encharca ao redor, ou seja, há impedimento de qualquer utilidade ou função; • Destaque Final: apresentação de cada turma envolvida, vestidos com roupa confeccionada pelos próprios, criativa e enfeitada com resíduos sólidos domésticos, chamou para refletir que é importante e fundamental proteger a microbacia Zé Açú contra qualquer poluição.

Fonte: Diagnóstico Participativo, duração de 20 meses: Setembro/2010 a Jun/2012. Org. PACHÉCO, J.B.2012.



Figura 5.2 – Mosaico das atividades-oficinas na Comunidade N. S. das Graças: Estudando Voçorocas - alunos do ensino multisseriado
 FONTE: PACHÊCO, J.B./ Proj. PACE 2011



Figura 5.3 – Mosaico das atividades educacionais na Comunidade Paraíso com a Construção do Têrrario no ensino multisseriado
 FONTE: PACHÊCO, J.B./ Proj. PACE 2011



Figura 5.4 – Mosaico das atividades educacionais na Comunidade de Bom Socorro: Terrário e os tipos de ambientes no curso inferior da microbacia hidrográfica Zé Açú

FORTE: PACHÊCO, J.B./ Proj. PACE 2010



Figura 5.5 – Mosaico das atividades educacionais: Gincana Ambiental no combate aos resíduos sólidos domiciliares na comunidade de Paraíso

FORTE: PACHÊCO, J.B./ Proj. PACE 2011



Figura 5.6 – Mosaico das atividades na Comunidade de Bom Socorro com: Gincana Ambiental no exercício de lidar com os resíduos sólidos domiciliares no curso inferior da microbacia hidrográfica Zé Açú

Fonte: PACHÉCO, J.B./ Proj. PACE 2011

Postas as situações-problemas, comprova-se que, de modo geral, a escassez de água no período que vai de agosto a dezembro é o fator mais grave, porque o rio é o elemento necessário à vida cotidiana e está sendo afetado por assoreamento, cota de água muito baixa que não permite embarcação de qualquer calado, potabilidade da água e outros (Fig. 5.7).



Figura 5.7- Material de erosão assoreando e colmatando os cursos fluviais da microbacia do Zé Açú

Fonte: PACHÉCO, J. B./2010 – 2011

5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Partindo de todos os dados obtidos entendeu-se que ponto de enfoque para ser trabalhado como tema-gerador foi *Impactos ambientais nos cursos fluviais*. Este foi desdobrado em outros temas de acordo com as atividades-oficinas contextualizada.

5.3.1. Dos temas desdobrados do tema-gerador

1) *Construção do Terrário na educação escolar: caso das comunidades de Paraíso e Bom Socorro do Zé Açu (Fig. 5.3 e 5.4)*

Por que a escolha do Terrário como tema? Porque ao aplicar os conhecimentos de construção e uso do Terrário, pode fazer uma réplica com o transporte dos elementos dos sistemas naturais locais para recipientes pequenos de vidro ou garrafas PET.

Ao representá-los, a pessoa que participa a cada etapa começa a perceber que desde as rochas, solos, carvão, água, vegetais, animais tem um significado na natureza. Também conduz às pessoas perceberem e refletirem sobre as suas inserções no mesmo ambiente, onde cada ser tem uma função, como por exemplo a minhoca (*Pheretima hawayana*) e outros da microfauna.

Quando se constrói o terrário com os elementos de cada local como aconteceu com a comunidade escolar do Bom Socorro do Zé Açu que, transferiu elementos do ecossistema da faixa marginal esquerda e da direita do curso inferior, e, da comunidade do Paraíso os constituidores da área topográfica (platô, encosta e baixio), tanto em um como no outro realizado pelos alunos, professores e pais, muitas descobertas aconteceram: descobriram que a fauna, vegetação e solos são distintos em cada local; quando estavam monitorando e registrando o que acontecia dentro do terrário se depararam com os momentos de evaporação, condensação e precipitação da chuva (ciclo da água), o crescimento das plantas e o convívio com a microfauna, a observação de que a vida é capaz de se sustentar mesmo em pequenos ambientes etc.

Quanto a avaliação das ações da atividade-oficina – Construção de terrários que, enfocou o assoreamento, carreamento superficial e obstrução de canais fluviais/igarapés conduziu para:

◇ demonstrar a importância do desenvolvimento da metodologia do Terrário como recurso didático, por proporcionar tanto no que diz respeito ao desafio de incrementar novas técnicas na abordagem dos conteúdos escolares;

◇ instigou a reflexão sobre as formas de preservar e conservar o ambiente do qual os comunitários-assentados dependem para interação e continuidade do modo de vida;

◇ contribuiu para o entendimento sobre a articulação dos elementos naturais entre si (vegetação, solo, água, fauna);

◇ mostrou os problemas que estão ocorrendo nas áreas topográficas (platô, encosta e baixio) – desmatamentos, desaparecimento, erosão acompanhando os canais fluviais de primeira e segunda ordem, material da erosão descendo pelos igarapés, banco de areia próximo da comunidade do Paraíso que não dá acesso na vazante do rio, impedimento (assoreamento) da entrada e saída de embarcação maiores de cinco metros de comprimento por 50 cm de calado pela foz de outubro a dezembro.

Portanto, houve entendimento da funcionalidade distinta de cada ambiente, bem como a fragilidade e a certeza do cuidado que se deve ter para não agredir esses sistemas que garantem a vida dos organismos e das pessoas.

2) Gincana Ambiental - *Resíduos sólidos domiciliares e o problema com o destino final versus a Microbacia hidrográfica Zé Açú: Comunidade Paraíso* (curso fluvial médio, **Fig.5.5**) e *Bom Socorro do Zé Açú* (curso fluvial inferior, **Fig.5.6**)

O grande mal que preocupa a humanidade atualmente é o destino final que se deve dar aos resíduos sólidos. Em todas as comunidades, também este é um problema, principalmente nas sedes maiores (Bom Socorro do Zé Açú e Paraíso). Assim, as ações implementadas por meio de gincana ambiental e esporte, coordenadas pelas escolas (Escola Municipal *Professor João Lauro* – comunidade do Bom Socorro do Zé Açú e E. M. *Didel de Castro Garcia*- comunidade do Paraíso) demonstraram que a maior produção de seus resíduos é o orgânico (restos de alimentos, vegetais etc.), seguido de sacolas plásticas, embalagens e papéis.

A função da educação escolar é fundamental para o êxito das ações junto as comunidades como defende Oliveira (2006):

A transformação da sociedade por meio da educação é um dos avanços mais importantes que se pode concretizar neste século XXI. Esta transformação na área ambiental prevê ações da comunidade que estimulam maior participação, mais atividades constantes e responsáveis e uma compreensão mais abrangente de processos tecnológicos e de experiências práticas que podem servir como modelos para aplicação local, regional e mundial. (p.2)

A partir do envolvimento escola e comunidade no caso do Paraíso e Bom Socorro do Zé Açú, os representantes das duas comunidades identificaram qual era o problema mais grave na forma de destinar os resíduos sólidos domiciliares. Em ambas as localidades não há serviço público de coleta e destinação de qualquer resíduo, por isso essa função fica sob a responsabilidade das famílias que encontram a melhor forma no depósito em qualquer local (margem de ramais, estradas, faixas marginais dos corpos d'água, e, ruelas).

Por essas situações-problemas, em específico as conseqüências do mal destino dado aos resíduos, as ações do tema gerador começaram a ser trabalhadas a fim de sensibilizar o público em geral para formas corretas de destinar seus descartes sólidos.

Cada comunidade fez as suas indicações do como resolver essa problemática: no Paraíso como o maior problema estava com os orgânicos (de origem animal e vegetal), a solução encontrada foi a produção de compostos orgânicos em cada lote; no Bom Socorro do Zé Açú – uma sede com 180 famílias, não há coleta pública e o destino é dado por cada morador para um depósito final (*lixão a céu aberto*) em uma depressão construída a partir da retirada de areia. Acontece que do local de produção até esse local os resíduos domiciliares vão sendo despejados favorecendo para águas pluviais carregarem para as

partes mais baixas chegando até o canal fluvial da microbacia hidrográfica (Mbh) Zé Açú. Seletiva.

Os usuários dos barcos de recreio para passageiros e os de lazer vindos da cidade de Parintins até o porto da comunidade do Bom Socorro, despejam seus resíduos em sacos plásticos na microbacia hidrográfica Zé Açú, os quais são levados pelos fluxos de corrente para os portos dos agricultores familiares residentes da Comunidade de Nazaré, a jusante das referida comunidade

A fim de envolver os comunitários, no caso do Paraíso um pequeno campeonato (futebol de campo, futebol de salão, queimada) criou como critério de inscrição placas de alertas (confecção e distribuição em pontos estratégicos) contra os depósitos de *lixos* em qualquer local (**Fig. 5.5**).

❖ *Das soluções das ações de sensibilização no Bom Socorro do Zé Açú e Paraíso*

a) No que se refere à situação dos resíduos sólidos domiciliares parte é jogada nos tributários e aglomerando-se no final do curso inferior, e, nos centros das sede-comunitárias (comunidade Bom Socorro do Zé Açú).

Realizou-se uma Gincana ambiental coordenada pela comunidade escolar com várias ações a fim de sensibilizar todos os moradores: mutirão de limpeza, programa de sensibilização na voz da igreja Católica contra os resíduos deixados em qualquer local; pesagem e registros dos materiais descartados no *lixo* das residências e na escola; reutilização - produção de roupas com material descartado e brinquedos; distribuição de informativos impressos em cada residência.

Para os barcos fluviais - Solução para campanha informativa de sensibilização ambiental junto aos proprietários das embarcações fluviais.

b) Quanto aos resíduos sólidos da comunidade do Paraíso

Após a realização das oficinas com as crianças, homens e mulheres (jovens, adultos e idosos) como as soluções principais para iniciar o processo de sensibilização quanto ao cuidado com os resíduos sólidos domiciliares depositados em vários locais das áreas das comunidades, realizou-se as seguintes ações:

i) *Da Gincana Ambiental com as Mulheres-Mães* - O resultado centrou em três pontos: 1) os resíduos com mais descartes foram os orgânicos de origem vegetal e animal; 2) resíduos sólidos menos identificados: garrafa pet foi o mínimo identificado - como reutilização para colocar água potável, seguida de garrafas de vidro já utilizadas nos canteiros para cercadura de plantas; e, 3) O que fazer com os outros resíduos – Reduzir foi a palavra de ordem para embalagens (plástico, metais/latas, papel). O grupo pontuado na gincana ambiental foi a que apresentou a maior quantidade de propostas. As soluções mais votadas foram a prática de um campeonato com todos da comunidade (mulheres, jovens,

crianças, homens) e uma Oficina com a orientação, monitoramento e produção de compostagem orgânica para horta doméstica;

ii) *Da Gincana Ambiental de Desporto como sensibilização (Fig.5.5)* - uma das principais atividades de lazer é o esporte com bola, por este motivo os participantes das oficinas escolheram um campeonato entre os comunitários: futebol de campo feminino e masculino, futebol de salão masculino, queimada com as crianças.

O objetivo desse campeonato foi para sensibilizar todos moradores da comunidade para não destinar seus resíduos em lugares que incomodam quer pela estética, quer pelo impacto que causam: atraem insetos, roedores e urubus - *Sarcoramphus papa* (L.); e, são carregados para os leitos fluviais do Igarapé Açu e da calha principal da Mbh Zé Açu.

No critério utilizado pelas lideranças do Paraíso para a inscrição no campeonato foi a confecção de Placas Ambientais de Alerta e a edificação destas nos locais identificados pelos alunos e pelos grupos de Mulheres-Mães. A escolha dos alertas ficou na responsabilidade das crianças da Escola Municipal Didel Castro Garcia.

Rodrigues e Gonçalves Jr. (2009) ao definir a motricidade humana e relação ao meio ambiente como *ecomotricidade*, defende ser esta interação o significado do reconhecimento e a incorporação dos problemas ambientais,

[...]o que significa que o indivíduo não só compreenda quais são os problemas ambientais contemporâneos, mas reconheça-os enquanto problemas que são seus. Pensar a corporeidade em movimento em relação ao meio ambiente significa buscar um reconhecimento comum a todos: o sentimento de que não vive numa natureza que é distante, mas que é natureza em sua própria corporeidade.p.993

Neste contexto, Carvalhinho *et al.* (2010) fundamentam a prática do desporto, como a prática da atividade física em contato com a natureza valoriza as sensações de prazer e bem estar físico, estimulando outras áreas do cérebro como a percepção ambiental por exemplo.

iii) *Da compostagem orgânica e horta doméstica* - A oficina foi trabalhada com os adultos desde a escolha do local até as técnicas de produzir compostos. Como base principal se tomou as literaturas de Tedesco *et al.*(1999) – trabalha com os conceitos e Kiehl (1985) – *como fazer*. Os comunitários foram orientados por profissional da área agrária, os quais orientaram a técnica de compostagem forma de pirâmide (camadas sobrepostas) que pode ser construída em qualquer ambiente e inclusive dentro de recipientes sem causar odores ou qualquer outro impacto negativo.

Os compostos foram preparados com as sobras de alimentos, de vegetais em decomposição com reviramentos diários. Quando estavam nos padrões para utilização do sistema produtivo foram utilizados na horta escolar umas em leiras no chão cercadas telas (partes de rede de pescar) e outras suspensas para evitar a invasão de animais como

galinhas e porcos, cujos cultivos foram as espécies (coentro, pimentão, jerimum, cebolinha, maxixe, pepino) que servem para complemento da merenda escolar.

Quanto a avaliação das ações da atividade-oficina Gincana voltada para os resíduos sólidos domiciliares e planejamentos de mudanças

➤ A avaliação dessas atividades movimentou a comunidade aproximando as famílias, integrando os jovens, mantendo uma relação equilibradas dos gêneros distintos na mesma atividade;

➤ Nas discussões verificou-se uma nova forma dos comunitários em relação as suas comunidades quer sobre os problemas ambientais, os sociais e as maneiras de reduzir os impactos a fim de terem retorno para si e para o ambiente físico;

➤ Os temas desdobrados nas atividades das Gincanas Ambiental (biodiversidade aquática, topografia do terreno, fitofisionomia) até a integração dos comunitários com as ações dos temas não tinha muita importância real para os habitantes do local. Na medida em que as atividades iam acontecendo a percepção ficava mais aguçada e os incômodos dos resíduos deixados em qualquer parte da topografia dos limites da Mbh Zé Açú eram manifestados pelos participantes, os quais apontavam os problemas para a biodiversidade e as implicações à fitofisionomia, principalmente das encostas e do baixio;

➤ No final dessas atividades, os comunitários-assentados inferiram sugestões para envolver em atividades semelhantes os moradores dos lotes que estão no Igarapé Açú que banha a comunidade do Paraíso e os que estão tanto a montante como a jusante desta com muitos *buracões de chuvas* (erosões pluviais-voçorocas).

3) *Estudando voçoroca na sala multisseriada de alunos do ensino fundamental da Comunidade N. S. das Graças* - (curso superior da microbacia hidrográfica Zé Açú).

Envolveu a comunidade escolar (professor, alunos, liderança comunitária e pais) foram desenvolvidas atividades didáticas-pedagógicas, planejadas para cada grupo da sala multisseriada, de modo que os conteúdos dos componentes curriculares das séries/anos foram desenvolvidos na feição erosiva-voçoroca mais próxima, distante da escola 500 metros em linha reta. (Fig. 5.2).

Os resultados obtidos demonstraram que a execução de ações básicas e aplicadas junto à educação escolar indicam que a escola é uma das principais bases locais que serve para instigar a percepção e a reflexão dos processos que impactam todo um contexto social, econômico e ambiental.

Esse fato pode conduzir ao apelo, para que políticas públicas possam estar a serviço de comunidades como esta (campo de estudo), que nos últimos vinte e cinco anos de existência não possui um prédio escolar, bem como não recebe (segundo os moradores do lugar) um olhar mais dedicado de qualquer instituição pública que possa resolver os

problemas socioambientais segundo a exposição dos comunitários durante as oficinas de educação ambiental.

Os participantes estiveram interessados na aprendizagem dos conceitos novos como processos de voçorocamento¹⁸, feição de uma voçoroca¹⁹, alcova²⁰, mamitas²¹ entre outros, assim como suas causas, as conseqüências e as possibilidades de resolver esse problema, pois antes para todas essas erosões chamavam apenas de *buraco da chuva*. Esta atividade foi muito útil para o estímulo sensorial, em vista das mobilidades e do envolvimento com as ações entre alunos, pais-agricultores familiares e vaqueiros empregados dos pecuaristas.

O deslocamento para as atividades aconteceu com o uso do transporte escolar - canoa com motor rabeta, pois a Escola fica na faixa justafluvial esquerda e os processos erosivos, em específico a voçoroca selecionada pelas lideranças comunitárias, está localizada na faixa justafluvial direita, curso superior da microbacia hidrográfica Zé Açú.

Desse modo os alunos foram fazendo anotações a partir de sua percepção sobre tudo encontrado no seu trajeto, o que fora identificado e medido a respeito da vegetação, micro fauna, solo, tonalidades e textura do solo etc. na área superior da borda, nas laterais e na base/fundo da voçoroca. O importante dessa metodologia foi distribuir as tarefas de acordo com cada série/ano escolar.

Todas as atividades possibilitaram a aproximação junto aos proprietários das áreas/lotes de terra com intensas voçorocas. Por outro lado, incluiu os alunos e o professor na prática de exercitar outras técnicas de ensino, beneficiárias para o aprendizado escolar, como também permitiram o novo olhar ao ambiente onde aqueles sujeitos estão inseridos. Sobre esse aspecto Guimarães (2004) chama atenção sobre ações pedagógicas voltadas à reflexão críticas, por entender que,

[...] exercitam o esforço de ruptura com essa armadilha de paradigmas. Busca propiciar a vivência do movimento coletivo conjunto gerador de sinergia. Estimula a percepção e a fomentação do ambiente educativo como movimento. Viabiliza a adesão da ação pedagógica ao movimento da realidade social. (p.31)

Para este autor (GUIMARÃES, 2004) o fazer educativo voltado à questão ambiental deve ser diferente, por exemplo, inserindo a Educação Ambiental, pois esta ao refletir sobre os paradigmas da sociedade moderna,

¹⁸ Denomina o processo de voçorocamento *com escavação ou rasgão do solo ou de rocha decomposta, ocasionada pela erosão do lençol de escoamento superficial* [...]As voçorocas podem também ser formadas pelo escoamento subsuperficial. (GUERRA & GUERRA, 2006, p. 637).

As voçorocas são incisões erosivas que apresentam queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais, fundo plano, seção transversal em U e profundidade superior a 1,5m.(VIEIRA, 2008; VIEIRA *et al.* (2011)

¹⁹ **Feição da voçoroca** - é um estágio de um processo erosivo, que por sua vez ocorre geralmente na seqüência: canal preferencial, sulco, ravina e voçoroca. (CAMPOS *et al.*, 2008, p.66)

²⁰ **Alcova**/Alcovas de regressão - indicam escoamento superficial na forma de filetes subverticais, quanto pela infiltração do lençol freático, ou ainda pela combinação desses dois mecanismos. (OLIVEIRA, 1999, p. 70)

²¹ **Marmitas** ou **panelas**: indicam a atuação de erosão por queda d'água na base de taludes ou de degraus no interior de voçorocas.(OLIVEIRA, 1999, p. 73).

Tende, [...] a privilegiar ou promover: o aspecto cognitivo no processo pedagógico, acreditando que transmitindo o conhecimento correto fará com que o indivíduo compreenda a problemática ambiental e que isso vá transformar seu comportamento e a sociedade [...].(p.27)

Aproveitar a educação escolar usando como laboratório de uma situação-problema que aflige muitas pessoas é um veículo importante em vários âmbitos. No caso do estudo sobre as voçorocas, verificou-se a reflexão sobre o que já foi perdido e o que ainda dispõe (muito, pouco ou raro) e as formas de solucionar tal questão.

Concomitante com essas ações nas voçorocas foi discutido os problemas de atraso no progresso da comunidade por falta de acesso fluvial na época de vazante do rio: não há como escoar a produção da agricultura familiar (banana e roça de mandioca) para o mercado consumidor porque não tem meios de levar já que não possuem acesso por um ramal; e, o abandono pelos moradores da comunidade para outros locais com escoamento de produção e acesso pelo rio.

❖ *Das soluções à escassez de água para irrigação - Experiência com a unidade demonstrativa de captação de água da chuva e horta doméstica*

A solução para conter problemas dessa natureza foi o preparo de uma unidade demonstrativa com a coleta de água da chuva e a produção de horta doméstica em solo do tipo espodossolo.

A técnica de captação da água da chuva exige que o telhado não seja de amianto, e desse tipo foi identificado apenas na Igreja Católica da comunidade N. S. das Graças. Lá foi colocada a calha no beiral, tendo no final um tanque de mil litros acoplado ao cano e filtro com carvão para receber a água. Nesse tanque foi instalado uma torneira e dela uma mangueira de plástico para conduzir a água até a distância de 150 metros.

A comunidade escolheu a área para a horta ao lado do Centro Social da comunidade a fim de facilitar o acesso dos comunitários situados nas proximidades.

A produção da horta em época de vazante fluvial foi favorável, já que a água captada da chuva serviu para irrigar, além de servir para o uso doméstico da comunidade. A produção da horta escolar favoreceu no complemento da merenda escolar que não recebe hortaliças, e também para a alimentação dos moradores.

Avaliação e planejamento de mudança

Os comunitários fizeram um levantamento dos valores dos módulos de captação de água da chuva e viram como o custo possibilitava a todos a aquisição, o maior problema estava no local de captação da água da chuva, pois a maioria das casas têm o telhado com compostos de amianto, para o qual não se recomenda mesmo tendo o filtro no final do coletor. Dessa maneira, os moradores do centro da comunidade decidiram que iriam utilizar a captação instalada na Igreja complementando com a instalação de tanques com maior capacidade de recepção de água.

Ainda durante a avaliação foi indicada a solução para reduzir o assoreamento e perda de igarapés, apontada pelos agricultores familiares e os proprietários com intensas erosões, e que, não faz parte da discussão desta tese - é a contenção das voçorocas com o plantio em canaletas de curvas na cabaceira superior da erosão pluvial a partir da produção de mudas com espécies nativas identificadas em antigas voçorocas inativas.

A percepção da realidade influenciou na formação da consciência para os usos e as ocupações da terra de maneira mais adequada, ao mesmo tempo em que se compreendeu como é possível a proteção e a recuperação do que já foi destruído.

Todos esses exercícios aguçaram a percepção para compreender os por que dos problemas: Por que os igarapés estão perdendo água? Por que os solos estão erodindo? Por que não pode tirar a vegetação das encostas, nascentes? Por que não deve entulhar os ambientes com resíduos sólidos chamados de *lixos*? Enfim, um trabalho colaborativo que conduziu-os à relação com um contexto maior - onde se vive e convive.

5.3.2 A importância da pesquisa-ação no estudo da microbacia hidrográfica Zé Açú

No âmbito de cada tema desenvolvido junto as comunidades zoneadas na área da microbacia hidrográfica do Zé Açú, as ações serviram de base para organização do mapeamento atual sobre os usos e ocupação da terra, assim como, subsídios para entender o ambiente físico e a respectiva relação sociedade e meio ambiente.

A troca de informações no decorrer de cada ação junto aos agricultores familiares assentados possibilitou a identificação e o conhecimento dos ambientes naturais e antrópicos. Esse domínio flui porque *o homem age constantemente sobre o meio a fim de sanar suas necessidades e desejos* (SANTOS; RUFINO, 2003, p.23).

Deste modo, a melhor visão da realidade de um determinado ambiente acontece, quando é possível percebê-la de vários ângulos, posto que, quem habita um contexto pode indicar com mais propriedade as questões sociais relacionadas com os fatores físicos geográficos contribuem na qualidade de vida humana no local.

Justamente por isto que a fundamentação de qualquer estudo deve contar com a participação dos envolvidos a partir do seu próprio processo de modo de vida, visto que pesquisador e pesquisadores poderão refletir sobre seus problemas e chegar às medidas mitigadoras.

Nesse sentido, Saito (2001, p. 129) cita que *não basta estarmos comprometidos com as transformações, devemos, sobretudo, vivê-las, corretamente*. Assim, os atores com os quais a pesquisa se relacionou se colocaram como responsáveis e dispostos em agir de forma correta sobre seu meio, no entanto, não depende somente destes, pois, há todo um emaranhado que os coloca em *xequê* entre outras: a política econômica e as decisões políticas (local, regional e nacional).

Em tal sentido, os dados obtidos e analisados, tem relação com o desdobramento de estímulos oriundos da percepção ambiental de cada cidadão e respectiva reação crítica para as atitudes conservacionistas e preservacionistas voltadas ao seu lugar e modo de vida.

Para Saito *et al.* (2000), os sujeitos, na medida que têm orientações e informações confiáveis buscam a inserção política entendida como *Empowerment*. Este termo explicado no posicionamento de Friedman (*Empowerment: the politics of the alternative development*, publicado em 1992) e analisado por Saito (2001, p. 127) - compreendem a premissa conceitual de *empowerment* [...] como o fortalecimento político-organizacional de uma coletividade, que se auto-referencia nos interesses comuns e pratica em uma ação solidária e colaborativa para transformar a realidade local e desenvolvê-la social e economicamente.

A pesquisa-ação oferece subsídios para desenvolver estudos como este, pelo fato de contribuir para abrir caminhos para o *empowerment*, considerando o que fundamenta Dionne (2007), apoiado em Kurt Lewin quando define a pesquisa-ação como a principal,

... modalidade de intervenção coletiva, inspirada nas técnicas de tomada de decisão, que associa atores e pesquisadores em procedimentos conjuntos de ação com vistas a melhorar uma situação precisa, avaliada com base em conhecimentos sistemáticos de seu estado inicial e apreciada com base em uma formulação compartilhada de objetivos e mudança. (p.68)

A importância da pesquisa-ação está na sua função de estimular à reflexão e à auto-reflexão dos participantes em relação a constituição de seus saberes, fazeres e posições tomadas para si com responsabilidade diante de uma situação-problema (GÓMEZ *et al.*, 1996).

Sendo assim, a pesquisa-ação foi desenvolvida nesta tese, visando interagir com os atores sociais e assim, conhecer a realidade, identificar os problemas, estimular a percepção para olhares diversos e contribuir com conhecimentos científicos e soluções sustentáveis.

Com explicado na metodologia, o público *beneficiário* pelas atividades foram os comunitários agricultores familiares-assentados, as lideranças comunitárias, os discentes e os docentes das salas de ensino multisseriadas (1.^o ao 5.^o) do Ensino Fundamental, assim como os professores e técnicos pedagógicos do ensino regular da educação básica.

O estudo realizado de forma participativa possibilitou a todos os envolvidos uma visão interdisciplinar, tendo como ponto de irradiação a microbacia hidrográfica Zé Açú, um sistema natural submetido a impactos e a múltiplos usos, como Tundisi (2003) discute em usos semelhantes a este.

A partir das ações junto a esses agentes surgiram as tomadas de decisões sobre todo o processo da pesquisa até a avaliação dos resultados (**Matriz 5.1 e 5.2**) que subsidiaram o conteúdo das informações referentes ao campo de estudo.

Em tal perspectiva buscou-se envolver os sujeitos-atores sociais para que juntos com a equipe da pesquisa fossem construindo o conhecimento da área de estudo, tendo em vista que, ações dessa natureza incidem na exploração das interfaces dos sistemas hídricos/microbacias hidrográficas como unidades operacionais práticas.

Assim, o resultado das ações vinculadas desdobradas do *tema gerador - Impactos ambientais nos cursos fluviais* possibilitou a identificação dos agentes antropogênicos que interferem nos sistemas e subsistemas naturais, entre os quais, os de ordem econômica e social, identificados nas seis comunidades que estão assentadas na área de limites da microbacia hidrográfica Zé Açú.

Essa problemática (escassez de água) é um fator preocupante para a população que habita o local, posto que está afetando a qualidade de vida nessa área (**Fig. 5.7**).

Todavia verificamos que até o desenvolvimento das ações participadas, as pessoas não questionavam sobre o que poderia acontecer e as consequência das situações-problemas. Exemplo: no caso dos resíduos sólidos domiciliares, as famílias não tinham idéia dos prejuízos ao meio ambiente e daí ao depositarem nas encostas das faixas justafluviais dos igarapés ou em qualquer local entendiam ser esta a forma mais simples de se desfazer do lixo produzido por elas (**Fig 5.5 e 5.6**). Atitudes que começaram a mudar a partir do engajamento nas atividades planejadas com a participação dos sujeitos, fator este fundamental, como expõe Camargo (2008):

É preciso que se enfatizem a importância e a necessidade de todos os indivíduos, como atores sociais, possuírem uma macrovisão dos problemas socioambientais da sociedade global em que estão inseridos, a fim de poderem, dentro de suas realidades e funções, desenvolver e implementar ações mais conscientes e direcionadas à solução de problemas socioambientais – e assim contribuir para a consolidação de um futuro promissor.(p.16)

Exemplo de atitudes em ambientes que são ocupados por pessoas sem a vivência colaborativa (lazer, religião, cursos, escola, eventos e outros sociais) demonstra resultados dos procedimentos do cotidiano humano de forma aleatória e contribuindo para os impactos desastrosos ao meio ambiente. Na visão de Oliveira (1983):

O resultado da intervenção aleatória do homem na paisagem, desconsiderando seu potencial, representa o impacto ambiental. Este último implica numa pressão sobre o arranjo estrutural dos componentes do sistema ambiental, alterando seu dinamismo negativamente, criando novos sistemas que nem sempre são favoráveis ao homem... (p.70)

Ressalta-se que um dos problemas que agravam os danos aos ambientes naturais é a ausência da efetivação das políticas públicas. Os dados deste estudo demonstram situações dessa natureza.No caso das implicações negativas na microbacia hidrográfica Zé Açú foi possível combinar as situações-problemas com a participação dos agricultores familiares e outros assentados, desde o planejamento, execução e avaliação das ações a fim de chegar as formas de resolver os impactos no ambiente do modo de vida.

O resultado ajudou-os na reflexão do quanto estava sendo prejudicado o lugar onde vivem. Essa atitude, na verdade é o fruto da percepção dos sentidos, pelo fato destes, durante sua organização criarem esquemas bastante rígidos. Oliveira (1983) está correto quando defende que é necessário ao homem aprender a interpretar a percepção a fim produzir organizações que lhe sejam compatíveis.

Dionne (2007, p.66), observa que *a identificação dos problemas se faz em função das necessidades sociais reais expressadas pelos atores em dada situação*. Por sua vez Castro *et al.* (2002) ressaltam que:

A questão ambiental deixou de ser uma preocupação restrita a profissionais envolvidos com problemas dessa ordem. Vemos atualmente que esse tema envolve todos, uma vez que cada um de nós está sujeito aos efeitos dos problemas ambientais, tanto regional quanto globalmente (p.157).

Sendo assim, o apoio na pesquisa-ação veio romper com as formas fechadas de buscar o entendimento de uma dada área pesquisada, tendo em vista, abrir a novos critérios que validam os resultados e oportunizam para ações concretas (GADOTTI, 1995).

Nesse contexto, a partir das situações-problemas diagnosticadas e, algumas medidas exercitadas conduziram-se a busca de soluções para erradicá-las porque, também, interferem na vida dos agricultores familiares assentados como ocorrido na avaliação do diagnóstico participativo: as lideranças comunitárias solicitaram intervenções das instituições públicas, como as universidades públicas no sentido de introduzir informações facilitadoras de medidas voltadas para a conservação e preservação dos ambientes impactados.

Quando se verifica atitudes colaborativas a fim de resolver as situações-problemas no coletivo é porque o *empowerment*, a pedagogia problematizadora freiriana e a pesquisa-ação estão se integrando e contribuindo para o processo de transformação da realidade vivida, emancipando-se do momento anterior (como se estivesse em uma inércia temporal e espacial). Nas palavras de Saito (2001):

[...] Sendo um processo de busca de maior inserção política dos sujeitos, a investigação-ação articula-se fortemente com a construção da cidadania através do conceito de empowerment, constituindo-se em meio para alcançá-lo. E pode contribuir para que a investigação temática freireana se dê, efetivamente, no campo dialógico e emancipatório, de forma a não se restringir a problematização à fase de decodificação das situações-limite decorrentes do tema gerador identificado, mas iniciando essa problematização no próprio processo de identificação do tema gerador - a investigação temática. (p.131)

Desse modo, as ações realizadas de forma participativa provocaram uma tomada de atitude com anuência de quem convive o cotidiano do seu modo de vida. Confirmando a concepção de que o conhecimento de uma perspectiva complexa da realidade é fator preponderante quando se almeja mudanças com o envolvimento de todos os sujeitos de seu próprio modo de viver.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contribuição da pesquisa-ação e da educação ambiental foi o suporte para o desenvolvimentos das ações a fim de inquirir subsídios sobre os sistemas hídricos da Amazônia Ocidental, especialmente a microbacia hidrográfica Zé Açu. Dessa forma, as conclusões obtidas dos temas desdobrados do Tema Gerador *Impactos ambientais nos cursos fluviais* foram as seguintes:

1) as atividades educacionais identificaram os impactos que mais afligem os comunitários-assentados (erosão pluvial nos altos cursos nos tributários de primeira ordem, assoreamento nas bordas de tributários e colmatagem nos tributários do curso superior, sedimentação no leito fluvial principal) que comprometem a sustentabilidade ambiental da dinâmica fluvial, do meio biótico e abiótico;

2) as ações realizadas foram os primeiros exercícios a respeito de como estudar para conhecer o ambiente físico e, assim, resolver a situação de impactos ambientais do tipo resíduos sólidos domésticos, retirada de areia, erosão fluvial, sedimentos em suspensão etc.;

3) a avaliação das ações demonstrou a iniciativa no processo de reflexão e preocupação, por parte dos comunitários-assentados, respectivo:

- ao conflito do uso e ocupação da terra nas áreas estratégicas (nascentes dos rios, nas encostas), partindo da retirada da vegetação nativa;

- a condução das propostas de melhoria na qualidade do ambiente junto aos executores das políticas públicas, a fim de serem implementadas ações futuras para garantir água para consumo, outros serviços domésticos e irrigação dos sistemas produtivos na época de vazante fluvial;

- a compreensão da importância das ações participadas para a sensibilização ambiental com relação ao lugar, assim como para a identificação das diferentes situações sociais, uma vez que o trabalho coletivo possibilitou um olhar mais aguçado – a implantação do Projeto *Luz para Todos* provocou o aumento de famílias que retornam da cidade e o crescimento de infra-estruturas urbanas. Maior densidade demográfica sem política pública gera algumas situações impactantes (crescimento de problemas que vão desde a violência entre jovens, alto índice de natalidade de jovens na faixa etária de 12 a 16 anos, até o tratamento dos resíduos sólidos domiciliares que no momento é *a céu aberto* na maior comunidade, assim como, de grande parte das famílias que habitam as sedes das comunidades, as quais se prendem exclusivamente nos programas assistencialistas do Governo Federal).

Dessa maneira as atividades educacionais desencadeadas a partir do Tema-Gerador, geraram dados com a riqueza de detalhes referentes às situações-problemas, bem como a

indicação de soluções. Outro aspecto observado durante a avaliação foram os manifestos dos agricultores familiares da Mbh Zé Açú, com expressões culturais, concepção de mundo, da vida em sociedade, da forma sustentável almejada para o uso da natureza.

Os registros a partir das ações identificaram os problemas que causam mudanças ambientais na paisagem de *terra* e da *água* até a redução de espécies da fauna e flora. Estes dados subsidiaram as análises da tese além de servirem para planejamentos, gestão e monitoramento do sistema hídrico em pauta (a curto, médio e em longo prazo), e, continuidade nos estudos dos outros que fazem parte do PA Vila Amazônia.

Este estudo não esgotou as análises socioambientais, mas, apontou uma série de ações que precisam ser implementadas para resolver os problemas ambientais.

Outro fator desencadeado neste estudo foi quanto a importância do exercício da *pesquisa-ação*, considerando que ela elimina o impulso do pesquisador se tornar um conselheiro do grupo social dotado às vezes de verdade única. Quando todos os sujeitos estão envolvidos, ao mesmo tempo em que investigam, atuam sobre as situações diagnosticadas no seu próprio ambiente. E, isto esteve bem entendido quando as lideranças de assentados dos Pólos 07, 08, 09 e 10 decidiram que as atividades educacionais deveriam iniciar por ordem de prioridade, cujo critério assentou-se nos impactos ambientais mais graves, no caso, os da microbacia hidrográfica Zé Açú.

Partindo desse contexto e com os temas desdobrados do referido tema gerador, os participantes (famílias de assentados) puderam refletir criticamente sobre suas ações no contexto ambiental, analisando também suas posturas a partir das discussões de cada fato evidenciado pelo desenvolvimento das ações, com o pensamento crítico na perspectiva semelhante ao escrito por Medina e Santos (1999).

Nesse sentido, a Educação Ambiental é também uma das grandes aliadas para que o *desenvolvimento sustentável* tenha sucesso, na medida que desencadeia estímulos à mudança de comportamento dos indivíduos. As ações educativas implementadas a partir dos princípios da Educação Ambiental e, tomando o tema-gerador como o eixo condutor, contribuíram neste estudo para o aprendizado sobre o meio ambiente, criando alternativas para ações indicadoras de condições mais adequadas, no que tange a produção e o consumo humano sem, contudo, destruir onde se vive.

Desse modo, as ações realizadas conjuntamente pesquisador e comunitários dos sistemas hídricos do PA Vila Amazônia, instigaram às reflexões críticas desses atores, suscitando a necessidade de política pública para o planejamento e gestão socioambiental, a fim de minimizar danos aos sistemas hídricos e, como retorno, à geração de qualidade de vida às famílias que ocupam aqueles espaços geográficos.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, B. G. (2006). *Educação Ambiental e interdisciplinaridade no contexto educacional: algumas considerações*. **Rev. Educ. Ambient. em Ação**. v. 6, n. 19, p. 1-3.
- BRASIL. Presidência da República. Comissão Interministerial para a Preparação da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio ambiente e Desenvolvimento (1991). **O desafio do desenvolvimento sustentável**. Brasília: Cima.
- CAMARGO, A. L. de B. (2008). **Desenvolvimento Sustentável: Dimensões e desafios**. Campinas (SP): Papirus.
- CAMPOS, E. H.; ALVES, R. R.; SERATO, D. S.; RODRIGUES, S. C.(2008). *A Ocorrência De Feições Erosivas Como Evidência DaEvolução De Voçoroca Em Uberlândia-MG*. **RBGF-Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife(PE), v. 1, n.2, set/dez, p.64-77.
- _____(1990). **La investigación – acción en educación**. Espanha: Morata.
- CARVALHINHO, L.; SEQUEIRA, P.; FERNANDES, A. S.; RODRIGUES, J. (2010). *A emergência do sector de desporto de natureza e a importância da formação*. **Efdeportes**, Buenos Aires, v. 14, n. 140, jan, s/p. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd140/desporto-de-natureza-e-formacao.htm>> Acesso: 12/01/2013
- CASTRO, R. S. de; SPAZZIANI, M.L.; SANTOS, E. P. (2002). *Universidade, meio ambiente e parâmetros curriculares nacionais*. In: LOUREIRO, Carlos. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. de. (orgs). **Sociedade e meio ambiente: a educação ambiental em debate**. 2.ed. São Paulo: Cortez, 2000, p. 157-179.
- CARR, W e KEMMIS, S.(1986). **Becoming Critical: Education, knowledge and action research**. Brighton (UK): Falmer Press.
- DIAS, G.F. (1994). *Educação ambiental: princípios e práticas*. São Paulo:Gaia.
- DIONNE, H. (2007). **A Pesquisa-Ação para o Desenvolvimento Local**. 3. ed. [Trad. Michael Thiollent], Brasília: Liberlivro.
- ELLIOTT, J.(1978). *What is Action Research in Schools?* In: **JOURNAL OF CURRICULUM STUDIES**, v.10, n.4, p. 355-357.
- GADOTTI, M. (1995). **Pedagogia da práxis**. São Paulo:Cortez.
- GÓMEZ, G.R.; FLORES, J. G. ; JIMENEZ, E. G.(1996). **Metodología de la investigación cualitativa**. Granada: Ediciones Aljibe.
- GRABAUSKA, C. J.; BASTOS, F. da P. de (1998). *Investigação-Ação Educacional: Possibilidades Críticas E Emancipatórias Na Prática Educativa*. **HEURESIS**. REVISTA ELECTRÓNICA DE INVESTIGACIÓN CURRICULAR Y EDUCATIVA, v.1, n.2. Disponível: <http://www2.uca.es/HEURESIS>, Acessado: 10/10/2012.

- GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T.(2006). **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 5ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- GUIMARÃES, M. (2004). *Educação Ambiental crítica*. In:Philippe Layrargues (org). **Identidades da Educação Ambiental Brasileira**. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental/MMA: Brasília.
- HERSHEY, D. R. (1996). *Doctor Ward's Accidental Terrarium*. In: **THE AMERICAN BIOLOGY TEACHER**. National Association of Biology Teachers, v. 58, n. 5, may, 276-281.
- HUGHES, J. D. (2002). **An Environmental History of the World: Humankind's Changing Role in the Community of Life**. 2.ed., New York: Routledge/Routledge Studies in Physical Geography and Environment.
- JACOBI, P. (2003). *Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade*. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, março, p. 189-205.
- JENNINGS, Ray (2000). *Participatory Development as New Paradigm: The Transition of Development Professionalism*. In: COMMUNITY BASED REINTEGRATION AND REHABILITATION IN POST-CONFLICT SETTINGS. **Conference Washington, DC**, october. Disponível em:http://www.usaid.gov/our_work/crosscutting_programs/transition_initiatives/pubs/ptdv100
Acessado:25/11/2012.
- KIEHL, E.J. (1985). **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Ceres.
- LEFF, E. (2001). **Saber Ambiental**. Petrópolis-RJ: Vozes.
- MEDINA N. M.; SANTOS, E. da C. S.(2001). **Educação Ambiental: Uma metodologia participativa de formação**. 2.ed. Rio de Janeiro: Vozes.
- OKAMOTO, J. (1996). **Percepção ambiental e comportamento: Visão holística da percepção ambiental na arquitetura e comunicação**. São Paulo: Plêiade/ Mackenzie.
- OLIVEIRA, M. A. T. De (1999). *Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas*. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p 57-99.
- OLIVEIRA. M. C. de (1983). *Paisagem, Meio Ambiente e Planejamento*. **REVISTA IG**, São Paulo, 4(1/2): 67-78, jan./dez.
- OLIVEIRA, N. A. da S.(2006).*A educação ambiental e a percepção fenomenológica, através de mapas mentais*. **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.** v.16, jan/ jun. p.32-46.
- PACHECO, J. B.; BRANDÃO, J, C. M.; LOUZADA, C. de O.; SILVA.; BRANDÃO, C. A. P.; BULCÃO, G. V.;BRANDAO, C. dos S. (2011). *Terrário: Uma metodologia que interdisciplina a Geografia com outros Componentes Curriculares da Educação Básica*. In: MENÉNDEZ, Gustavo C.M.; IUCCI, Cecilia ; URBANI, Mariela [org.]. **XI CONGRESO IBEROAMERICANO**

DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA: integración, extensión, docencia e investigación para la inclusión y cohesión social. Universidad Nacional del Litoral, Argentina, Santa Fe, 22-25 de nov. p.22-47.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei Nº 9.795 de 27 de abril de 1999*. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm. Acesso em: 25/08/2012.

REIGOTA, Marcos(1995). **Meio ambiente e representação social**. São Paulo: Cortez.

RODRIGUES, Cae; GONÇALVES Jr.. Luiz (2009) .*Ecomotricidade: sinergia entre educação ambiental, motricidade humana e pedagogia dialógica*. **Motriz**, Rio Claro, v.15 n.4, out./dez. p.987-995.

SAITO, C. H.; SANTIAGO, Sandra H. M. (1998).*Tema gerador e dialogicidade: os riscos de uma filiação ao liberalismo em leituras diferenciadas de Paulo Freire*. **ESTUDOS LEOPOLDINNESES**. Série educação, v.2, n.3, p.71-80.

_____(2000); DIAS, V.; VASCONCELOS, I.; SILVA, M. I.; ALMEIDA, A. ; VEIGA, C. J.; RENGIFO, P. R. . *Educação ambiental, investigação-ação e empowerment: estudo de caso*. **Linhas Críticas** (UnB), Brasília, v. 6, n.10, p. 31-44.

____ (2001). *Por que investigação-ação, empowerment e as idéias de Paulo Freire se integram?* In: MION, R. A. E SAITO, C. H. (org.). **Investigação-Ação: mudando o trabalho de formar professores**. Ponta Grossa: Gráfica Planeta. p.126-135.

SANTOS, S. A. M. dos; RUFINO, P. H. P. (2002). *Sensibilização*. Seção In: MASCARENHAS, S.; SANTOS, S. A.M. [org.]. **O Estudo de Bacias Hidrográficas: Uma estratégia para educação ambiental**. São Carlos: RiMa. p.23.

SORRENTINO, M.; TRAJBER, R.; MENDONÇA, P.; FERRARO Jr., L. A. (2005). *Educação ambiental como política pública*. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 2, maio/ago., p. 285-299.

TEDESCO, J.M.; SELBACH, P.A.; GIANELLO, C. & CAMARGO, F.A.O.(1999). *Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente*. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O.[eds.]. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre (RS):Gênesis. p.27-39.

TUNDISI, J.G. (1999). **Limnologia no Século XXI: perspectivas e desafios**. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIF AND CULTURAL ORGANIZATION UNESCO; ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA (1997). **Tendências de la educación ambiental**. Paris: UNESCO.

VIEIRA, A. F. G.; MOLINARI, D. C. *et al.* (2011). *Condicionantes morfométricos para o surgimento de caneluras e escamamentos em voçorocas*. **Revista GEONORTE**, v.01, N.02, Ano 02, p. 79-92.

____ (2008). **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. Tese de Doutorado em Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGG/UFSC).

ZEICHNER, K.M. (1992). *Novos caminhos para o practicum: Uma perspectiva para os anos 90*. In: NÓVOA, A. (org.) **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote. p.115-138.

WHITEHEAD, Alfred North (1994). **O conceito de natureza**. São Paulo: Martins Fontes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Esta tese desenvolveu todo o aporte teórico e metodológico a partir do objetivo principal *Avaliar as formas de uso e de ocupação da terra e a relação de seus impactos ambientais às microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, localizadas na Amazônia Ocidental e, também, às comunidades de assentados*, e dos desdobramentos nos cinco capítulos analisados, de acordo com os contextos dos objetivos específicos:

❖ Proceder à análise no que diz respeito ao(s) impactos gerados pelas categorias de uso ocupação da terra e a relação com a supressão de vegetação nas áreas estratégicas (Área de Preservação Permanente) das Mbh Zé Açú e Tracajá - *Áreas de Preservação Permanente e a Fisiografia das microbacias hidrográficas*;

❖ Estabelecer a relação entre os impactos identificados pelo uso e ocupação da terra no perímetro das microbacias hidrográficas (Mbh) da Amazônia Ocidental e as respectivas implicações para a dinâmica fluvial - *Configuração atual das microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental*;

❖ Estimar a exportação de carga de sedimentos transportados em suspensão pelo Modelo de Correlação Uso do Solo X Qualidade da Água – Módulo 1 do MQUAL, a fim de compará-la com os registros tomados nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá - *Cargas Difusas de Sedimentos Estimados versus Field True - Cargas Difusas de Sedimentos Medidos*;

❖ Entender como cada sujeito na sua dimensão sociocultural absorve as formas de lidar com seu próprio ambiente e qual a capacidade crítica na formulação de propostas voltadas à qualidade ambiental, bem como, ações transformadoras na visão da sustentabilidade - *Ações Educativas Desdobradas do Tema-Gerador*; Implementar Diagnóstico Participativo como metodologia que possibilita a junção e a articulação de várias técnicas voltadas ao trabalho cooperativo, incutidoras à reflexão crítica e tomadas de atitudes - *Diagnóstico Participativo com os comunitários-assentados*.

A esse respeito, ressalta-se o mecanismo da organização espacial, em que o uso e a ocupação da terra é o ponto fundamental, o qual vai ser regulado pelo modo de vida dos seus habitantes e/ou atrelado a instância da (re)produção do espaço na dialética do Estado e na perspectiva do mercado com obediência aos instrumentos reguladores.

No Brasil, na maioria das vezes, os assentamentos não são criados com planejamentos prévios e mesmo quando isto ocorre no processo das ocupações não se prima pelo cuidado com a paisagem natural (água, solo e vegetação). Como consequência o primeiro ato é o desflorestamento para ceder local as moradias e infra-estruturas básicas.

Na Amazônia, a maioria dos assentamentos têm planejamentos institucionais, porém são causadores de impactos ambientais dentre os quais, pelo uso e ocupação da terra de

forma inadequada. Um dos exemplos é o que se configura nos assentamentos públicos federais de responsabilidade do Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA)/Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), onde se apresentam conflitos sobre o que pode ser ocupado com atividades produtivas e as áreas que são de proteção, geralmente os limites estratégicos dos corpos d'água (rios, igarapés, lagos etc.).

Partindo do exposto e considerando as análises realizadas sobre o uso e a ocupação da terra e a relação com os impactos ambientais nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, das avaliações chegou-se às seguintes conclusões:

1) Quanto as classes de uso e da ocupação da terra

As classes mapeadas nas duas microbacias hidrográficas Zé Açú (primeira área de estudo), e Tracajá (segunda unidade hídrica estudada) foram: agricultura familiar, pastagem, capoeira_campo, floresta nativa e hidrografia. Destas merecem destaques:

i) a *agricultura familiar* - quanto a localização - raramente está nos primeiros acessos das microbacias hidrográficas, ou seja, nas faixas marginais dos cursos inferiores onde se encontram os melhores acesso em um sistema hídrico. Vamos encontrar essa atividade sempre nas proximidades dos altos cursos dos igarapés e com mobilidades pelas estradas e ramais.

Quando essa atividade tem acesso direto para o rio é porque o sistema produtivo tem mais tempo do que o de criação do PA Vila Amazônia (1988), a exemplo dos agricultores familiares que estão na entrada da Mbh Tracajá /Faixa Justafluvial Direita (assentados desde a década de 1960/1970).

Nas áreas com ocupação por agricultores familiares, embora já tenha havido desflorestamento da vegetação nativa, os seus pequenos roçados consorciados (mandioca, macaxeira, abacaxi, banana etc.) não provocam grandes impactos. As atividades desse sistema produtivo é tradicional, menos drásticos do que a pecuária extensiva, visto que a mão-de-obra utilizada é a familiar com uso de implementos simples (enxada, terçado, machado e motosserra) e, praticas produtivas convencionais (broca, derruba, queima e um número reduzido de produtores realizam o plantio direto).

Os agricultores familiares concentrados e com acesso direto aos rios são os ocupantes da comunidade do Bom Socorro, fundada em 1962, foi edificada em área da Diocese Católica de Parintins (faixa justafluvial esquerda /FJE). Há aqueles que estão assentados em área de acesso ao rio, porém o solo é do tipo espodosso, cuja textura do solo (maior percentual de areia grossa) não favorece ao plantio de gramíneas para pastagens, por isso não há interesse de barganha desses lotes pelo agronegócio.

ii) a pastagem (*pecuária extensiva*) - em ambas microbacias há o uso e a ocupação com atividades para suprir a necessidade de manutenção da pecuária bovina e bubalina, desenvolvida na maioria por pecuarista do agronegócio.

Na microbacia Zé Açú a pecuária está nos acessos principais da calha principal e tributários. A área ocupada por esse sistema produtivo é maior (42,745/km²) do que na Mbh Tracajá (31,314/km²).

Para esse uso e ocupação se pratica a supressão da vegetação nativa (mata ciliar, mata de igapó e a floresta densa ombrófila).

As comparações acima, dão conta sobre o principal fator que pode manter um sistema natural livre de intensas erosões provocadas pelas águas pluviais: a manutenção da cobertura do solo com floresta nativa (36,433 km²).

2) Quanto aos impactos ambientais identificados

Os aspectos que se apresentam, principalmente, na microbacia hidrográfica Zé Açú são os implicadores à sua sustentabilidade: supressão de vegetação, perda de solo pela erosão pluvial (voçorocas), substituição da vegetação nativa por pastagens, assoreamentos nas bordas das faixas fluviais, e, também na calha principal entre o curso médio e final do superior, colmatagem de afluentes, taxa elevada de sedimentos em suspensão e outros. Os estudos apontaram que uma das principais causas da perda de solo é a erosão fluvial devido à supressão da vegetação para ocupar com a atividade da pecuária extensiva, assim como, os assoreamentos e colmatagens estão nas bordas dos tributários acometidos por esse impacto nessas mesmas áreas.

Verifica-se desse modo, o quanto as pastagens cultivadas não são suficientes para conter e contribuir com a infiltração. Assim, a água carrega o material detrítico de encosta abaixo abrindo valas desestruturadoras dos horizontes do solo.

O maior problema está na retirada da vegetação nas áreas estratégicas, em específico nas Áreas de Preservação Permanente (APP) de rios e de nascentes. Essa ausência está repercutindo no escoamento superficial produzido, pois ao conduzir uma grande quantidade de material para os leitos dos rios e reservatórios existentes, reduz a sua capacidade de armazenamento natural, causando uma série de problemas de cunho econômico, social e ambiental; 3) Da comparação entre as microbacias hidrográficas e a variação dos impactos ambientais

Fazendo o cruzamento dos dados provenientes das microbacias Zé Açú e a Mbh Tracajá, constatou-se pontos significativos que são parte das explicações sobre os impactos gerados nestas:

1. as atividades ocupadas nos limites das microbacias hidrográficas - agricultura familiar ocupa na Mbh Zé Açú 28,8 % e na Mbh Tracajá 24,9%; a floresta nativa cobre 57

% de toda Mbh Tracajá contra 28,7% da área da Mbh Zé Açú; a pecuária extensiva ocupa menor área no Tracajá (11,1%) do que na Mbh Zé Açú - 33,7% (compra indevida, apropriação de áreas da união para reserva florestal, agressões ambientais);

2. quanto a hierarquia fluvial – Mhb Tracajá é uma rede de drenagem tributária do curso inferior da sub-bacia Mamuru, diferente da Mbh Zé Açú que é um sistema com hierarquia fluvial própria e faz seu escoamento direto ao paraná do Ramos que desagua no rio Amazonas/Solimões.

Essa condição de afluente (Mbh Tracajá) de uma sub-bacia e por estar posicionada nas proximidades da foz, a carga que vem dos outros tributários influencia na concentração de sedimentos transportados em suspensão no curso inferior em decorrência dos seguintes processos que ocorrem na área da desembocadura: 1) dinâmica do equilíbrio – a foz da Mbh Tracajá forma uma concavidade que recebe pressão do fluxo pela parte convexa; e, 2) há uma bifurcação entre os dois sistemas hídricos (Mamuru e Uaicurapá), mais uma barra arenosa, que juntas, contribuem para empurrar a descarga líquida e sólida vinda de montante para dentro da Mbh Tracajá, retendo-a por mais tempo até ser escoada para o paraná do Ramos.

3. velocidade média das águas dessas unidades hídricas - este elemento é um parâmetro que permite a identificação de material que o curso d'água tem capacidade e competência para transportar. Nas microbacias hidrográficas estudadas os registros das velocidades médias varia de 0,022 a 0,283 metros/segundo na Mbh Zé Açú e, entre 0,013 a 0,121 metros/segundo na Mbh Tracajá.

Uma especificidade identificada, diz respeito às maiores velocidades identificadas no curso superior em ambas microbacias hidrográficas, no período de vazante.

No período da cheia fluvial a velocidade de fluxo é menor porque recebe como principal fator a influência da mata de igapó (barreira natural que se concentra em maior quantidade no curso superior e médio). Na época da vazante essa mata fica no leito menor e o rio em cotas baixas não sofre o freio dessas, principalmente no curso superior porque nesse período a água flui no leito de vazante, logo no talvegue dessas microbacias;

4) Quanto as consequências dos impactos ambientais nos platôs, encostas e baixios da Mbh Zé Açú

Os rios/igarapés recebem nos leitos fluviais carga de material desagregado, oriunda de erosão fluvial (impactada pelas chuvas) na área de platô, provocada pela retirada da vegetação nativa.

Um dos problemas registrados com esse material carregado para os leitos fluviais é a dinâmica do transporte com velocidades de fluxo de 0,1 a 0,283 m/s, favorecendo às seguintes interferências:

◊ o rio de montante a jusante não tem competência para descarregar em tempo menor as partículas em suspensão (silte e argila) e por isto a qualidade da água fica comprometida, para a vida no próprio ambiente e potabilidade para o consumo devido a quantidade desses sólidos e a alteração da cor pela turbidez; e,

◊ à *morfologia do canal fluvial* – as cargas de partículas do tipo areia vão se acomodando nas bordas (assoreando) até chegar no leito maior, muitas das vezes colmatando primeiro os tributários de primeira ordem, e também no canal principal (limite do curso superior com o médio).

Esse último aspecto assinala que a microbacia já incia um processo na geomorfologia fluvial para equilibrar dinâmica desse sistema hídrico, demonstrado pelas colmatagens e assoreamentos no leito, prenunciando um estrangulamento entre o curso superior e o médio.

5) Quanto aos impactos ambientais na dinâmica fluvial e a fluvialidade

Há uma relação bem pontuada entre os dados fluvio-hidro sedimentológicos com os de uso e ocupação da terra, bem como, os qualitativos da fluvialidade.

A vegetação é o a fator que favorece a qualidade ambiental e assim, o menor impacto como apresenta na Mbh Tracajá ao comparar com a microbacia hidrográfica do Zé Açú. A primeira com 161,030/km² de floresta nativa (de 283,36,433 km²) e a Mbh Zé Açú com apenas 36,433/km² dos seus 126,923 km², o restante ocupado pelos sistemas produtivos, cuja maior área é destina para as atividades de pecuária extensiva.

Essa situação indica que o desmatamento da floresta nativa das áreas de platôs, encosta, faixas justafluviais e das nascentes contribui para agravar os problemas identificados, os quais estão se tornando frequentes a exemplo dos seguintes:

- redução da cota de leito - é previsível que o volume de água no leito fluvial reduza cada vez mais sensivelmente, principalmente, nos anos com maiores índices de secas e/ou precipitações abaixo da médias;

- as cotas baixas em época de vazante fluvial/estiagem das chuvas/seca, afetam a potabilidade da água e surgem os maiores riscos de óbitos por afogamento nas águas com elevadas cargas difusas em suspensão;

- navegação dificultada – o transporte fluvial é o principal meio de se locomover internamente (ir a escola, posto médico na comunidade principal, lazer etc.) e externamente (ligação com a cidade de Parintins, com o Porto da Vila Amazônia e para outras comunidades do PA Vila Amazônia ou fora dele);

Do início do curso médio até a foz dessa microbacia, o transporte fluvial utilizado até o mês de setembro são os barcos construídos de madeira (12 a 20 metros X 3 m largura X

0,60 m de calado). No mês de outubro permanecem as *bajaras*²², após isto, somente canoas de 3 a 4 metros guiadas a remo ou acopladas com pequenos motores-rabetas, em novembro somente cascos de madeira para duas pessoas.

No curso superior, as cotas do leito de vazante ficam em torno de 60 cm de água e, no limite deste com o médio, constata-se um banco de areia. Esse assoreamento está nas proximidades das desembocaduras dos tributários com erosão fluvial na área de cabeceira, impedindo o trajeto fluvial por qualquer tipo de embarcação fluvial a todos assentados na comunidade N. S. das Graças.

6) Quanto ao geoprocessamento e a modelagem matemática

Todas as análises realizadas foram possíveis e processadas com maior nitidez e rapidez porque se tomou como estratégia o ambiente SIG, organizado para geoprocessar as Áreas de Preservação Permanente de rios e nascentes, assim como, as estimativas das cargas difusas modeladas matematicamente pelo MQUAL.

Esse ambiente (SIG) foi o facilitador para correlacionar a identificação dos pontos de erosão (voçorocas) por cada curso fluvial (superior, médio e inferior), com as áreas caracterizadas pelas classes pastagens e capoeira campo, onde não foram diagnosticadas atividades da agricultura familiar, mas pecuaristas de criação extensiva de gado bovino e bubalino, cuja atividade está ligada ao agronegócio.

O ambiente SIG possibilitou a identificação dos tributários com assoreamento nas bordas das faixas justafluviais, banco arenoso na saída de tributários e afluentes colmatados e os locais das voçorocas em cada curso fluvial.

7) Quanto ao Diagnóstico Participativo e as Ações Educativas

A metodologia do *Diagnóstico Participativo* deu grande suporte para a obtenção dos dados para realizar o mapeamento do uso e ocupação da terra a partir: da organização e posição dos lotes de terra; os sistemas produtivos; e, o modo de vida de cada comunidade.

O maior êxito foi o trabalho participativo com os comunitários-assentados abrangendo desde as lideranças de cada comunidade, professores, alunos, grupo de mulheres-mães até pecuaristas do agronegócio, estabelecidos nos limites das duas microbacias hidrográficas.

A fundamentação do *Diagnóstico Participativo* baseou-se no *Diagnóstico Participativo Rural*, auxiliado pelas técnicas do diagnóstico socioambiental (mapas mentais e inventário socioambiental). Estas metodologias resultou no exercício de se sentir parte do ambiente e a partir disto, a visão crítica para buscar soluções de viver melhor junto ao ambiente.

²² Embarcações com cascos de madeiras (7 metros X 2,20 metros), tipo canoas com modelo de proa e popa da mesma forma, tendo assentado no centro um motor –rabetas, compartimentado com sala de máquina e bancos fixos para passageiros, coberto e fechado nas laterais.

Portanto, houve entendimento da funcionalidade distinta de cada ambiente, a fragilidade e a certeza do cuidado que se deve ter para não agredir esses sistemas que garantem a vida dos organismos e da espécie humana.

As Atividades Educativas (*estudando voçoroca, construção do terrário, gincana sobre os resíduos*) foram desdobradas do Tema-Gerador *Impactos ambientais nos cursos fluviais*.

A pesquisa-ação e da educação ambiental foram os suporte para o desenvolvimento das ações que inquiriram subsídios sobre os sistemas hídricos da Amazônia Ocidental, especialmente a microbacia hidrográfica Zé Açu. Dessa forma, as conclusões obtidas dos temas desdobrados do Tema Gerador foram as seguintes:

1) os impactos que mais afligem os comunitários-assentados (erosão pluvial nos altos cursos nos tributários de primeira ordem, assoreamento nas bordas de tributários e colmatagem nos tributários do curso superior, sedimentação no leito fluvial principal) e, comprometem a sustentabilidade ambiental da dinâmica fluvial, do meio biótico e abiótico;

2) as ações realizadas foram os primeiros exercícios a respeito de como estudar para conhecer o ambiente físico e assim, resolver a situação de impactos ambientais do tipo resíduos sólidos domésticos, retirada de areia, erosão fluvial, sedimentos em suspensão etc.;

3) a avaliação das ações demonstrou a iniciativa no processo de reflexão e preocupação, por parte dos comunitários-assentados, respectivo:

- ao conflito do uso e ocupação da terra nas áreas estratégicas partindo da retirada da vegetação nativa;

- a condução das propostas de melhoria na qualidade do ambiente junto aos executores das políticas públicas a fim de serem implementadas (ações futuras para garantir água para consumo, outros serviços domésticos e irrigação dos sistemas produtivos) na época de vazante fluvia);

- a compreensão da importância das ações participadas para a sensibilização ambiental com relação ao lugar, assim como para a identificação das diferentes situações sociais

Dessa maneira as atividades educacionais desencadeadas a partir do Tema-Gerador geraram dados com a riqueza de detalhes referentes às situações-problemas, bem como a indicação de soluções. Outro aspecto observado durante a avaliação foram os manifestos dos agricultores familiares da Mbh Zé Açu, com expressões culturais, concepção de mundo, da vida em sociedade, da forma sustentável almejada para o uso da natureza.

8) Quanto ao modelo Matemático de Qualidade da Água e Correlação com o Uso do Solo (MQUAL) – Módulo 1 para as cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão

No estudo realizado o maior impacto está na área de pecuária extensiva (bovina e bubalina), mas, o coeficiente de exportação do Módulo 1/MQUAL é o atribuído para classe *Atividade Agrícola* ($CDsts_kg/dia/km^2 = 230,000$ no PU – MQUAL 1.0 e, $CDsts_kg/dia/km^2 = 10,455$ no PS – MQUAL 2.0). Para o modelo matemático MQUAL significa ser esta ocupação a que produz a maior carga difusa.

Outra variante do MQUAL é a vegetação nativa: há parâmetros iguais na geração de carga difusa para as categorias distintas, no caso, reflorestamento (áreas de manejo agro-florestal, representadas por remanescentes de plantações florestais), mata e capoeirão (formações vegetais arbóreas de grande porte, na maior parte constituída por vegetação nativa). O valor estimado para estas é de $20,000\text{ kg/dia/km}^2$ no Período Úmido e $2,500\text{ kg/dia/km}^2$ no Período Seco são parâmetros totalizados na aglutinação das variáveis/categorias.

O ponto que dificulta os estudos precisos da referida área está situado nas questões que surgem, entre outras, relacionado à vegetação: essas espécies de manejos ocupam que áreas topográficas (platô, encosta ou baixio) do sistema hídrico? Qual espécie de capoeira é de grande porte? O que define grande porte?

A modelagem matemática (MQUAL), entre outras situações, não possibilitou a calibragem dos coeficientes de exportação de carga difusa para as duas microbacias hidrográficas de estudo, pois a estrutura desse modelo desde a primeira versão (MQUAL 1.0) aglutina classes/categorias de uso da terra sem detalhar nos documentos disponíveis sobre os critérios utilizados para determinar os seus coeficientes das cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão (CDsts). Além disto, há fatores como a fisiografia, a geologia e o tipo de interferência antrópica que diferem dos locais onde o MQUAL fora utilizado (São Paulo/SP), Distrito Federal/DF, Altamira/Pará).

Outra situação identificada no modelo matemático MQUAL, diz respeito a sua utilização, como por exemplo, o desenvolvimento das novas versões (1.5, 2.0) citadas no Capítulo 4, não foram atualizadas na Lei Específica, estabelecida pelo governo estadual de São Paulo para as duas sub-bacias (Guarapiranga e Billings). Diante disso, por força dessa Lei utiliza-se a modelagem matemática MQUAL1.0 e o Programa Mananciais adota o MQUAL 2.0. Como resultado são as cargas-metas incompatíveis;

Por outro lado, os dados processados no modelo matemático MQUAL foram registrados em campo (Mbh Zé Açú e Tracajá) nos períodos sazonais equivalentes (Período Úmido ↔ Período de Cheia Fluvial/Período Chuvoso; Período Seco ↔ Vazante Fluvial/Período de Seca – Estiagem das Chuvas).

O modelo matemático MQUAL ainda estimou dados que coincidiram com os registros fluvio-hidrossedimentológicos das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá,

indicando os cursos das microbacias e épocas do ano com maiores cargas, todavia diferenciou na escala de valores:

Microbacia hidrográfica Tracajá: no curso superior (182,989 km²) – gera menos carga difusa (CDsts_sm), mas é a maior área com floresta nativa (120,543 km²); no curso médio menor área - 32,678 km² – com cargas difusas elevadas em menor área de floresta nativa e a maior área com atividades produtivas: agricultura familiar (5,842 km²) da pecuária extensiva (11,285 km²); *Microbacia hidrográfica Zé Açú*: na seca/vazante fluvial as maiores CDsts_sm foram registradas no curso médio – tem gradientes elevados no curso inferior e no superior; no período de cheia fluvial/chuvoso – o curso superior é o maior gerador. É a área de solos expostos, maiores voçorocas conectadas.

9) Quanto aos problemas ambientais de maiores repercussões

O principal problema é a sobreposição dos lotes de terra do PA Vila Amazônia sobre as áreas de preservação permanentes (APP) e nesses, o uso e a ocupação da terra com monoatividades do agronegócio (pecuária extensiva bovina) e, para estas o desflorestamento das espécies nativas, com as seguintes conseqüências: processo erosivo intenso (voçoroca) nos altos cursos fluviais, seguido de geração de cargas detríticas para as bordas e respectivos leitos fluviais.

Diante do exposto nos capítulos desta tese, permite concluir que das duas microbacias hidrográficas estudada, Zé Açú é a que apresenta problemas cruciais à sustentabilidade ambiental:

- *Dos processos e formas da paisagem hídrica*: a) morfologia - no curso médio e inferior as bordas/faixas dos leitos dos tributários estão acrescidos com bancos arenosos abandonados durante o carreamento pluvial; curso superior – os tributários de 1^a e 2^a ordem impactados por voçorocas, com seus leitos colmatados pelas partículas de diâmetros maiores (areias); entre o curso médio e o superior há um banco arenoso na calha principal;
- b) morfodinâmica: a competência e a capacidade do sistema estão saturadas pela altíssima carga de sedimentos transportados em suspensão e velocidade normal, mas, insuficiente para descarregar a carga com menos tempo no paraná do Ramos;

- *Do ponto de vista da fluviabilidade*: redução da cota de leito e com isto a escassez de água para o uso e consumo doméstico e de cultivo, ausência de pescado, impedimento de tráfego fluvial e de implantação de piscicultura;

- *Do ponto de vista ambiental*: redução da mata de igapó nos trechos com assoreamento e colmatagem; desaparecimento da fauna aquática; desflorestamento da vegetação ombrófila e da mata ciliar das faixas justafluviais e das nascentes.

Partindo do exposto, a função deste estudo é oferecer subsídios para a qualidade socioambiental do lugar. Dessa forma, as sociedades humanas das quais fazemos parte

devem se sentir parte integrante e ser não como algo separado do meio, pois qualquer ação praticada de forma inadequada para a comunidade ecossistêmica, da mesma forma afetará inevitavelmente a essas.

Assim, em linhas gerais, o estudo realizado analisou que o desenvolvimento das diversas atividades do sistema produtivo tem acarretado impactos modificadores dos processos naturais que compem a geomorfologia fluvial. Dessa maneira, não há dúvida de que as perturbações no equilíbrio natural entre os processos (deposição, transporte, erosão) de um sistema hídrico terá ajustes em escalas temporais, compatíveis às novas variações que vão acontecendo a curto, médio ou longo prazo.

De outra forma, a degradação ambiental coloca em risco a segurança ambiental tanto de seus habitantes como dos ambientes. Mas os ambientes naturais se regeneram ao seu tempo, porém, enquanto isto tudo pode acontecer há: extinção de ecossistemas, enchentes temporárias, desaparecimentos de corpos d'águas (lagos, rios, nascentes), perda de solos por intensas erosões etc.

Este estudo mostra o exemplo de impactos semelhante na microbacia hidrográfica Zé Açú, enquanto a ação antrópica continua tentando superar as dificuldades com o ambiente afetado, o sistema natural vai ajustando seus processos e formas muito lentamente. Assim, reage com: a redução de água no canal, água imprópria para o uso pelas cargas difusas de sedimentos em suspensão, impedimento de tráfego fluvial, redução e extinção da fauna e flora aquática etc.

Para vencer os problemas ambientais, nem sempre causados por vontade das pessoas, mas por falta de informações adequadas, necessita-se que haja investimentos voltados para educação formal e não-formal e o desencadeamento de políticas públicas acompanhadas e participadas ao público interessado. Se assim for realizado, será obtida a sustentabilidade socioambiental.

Assim sendo, todas as análises realizadas não podem ser generalizadas como resultado de estudos para toda a Amazônia, visto que cada lugar tem especificidades e particularidades únicas. Todavia, as conclusões aqui pontuadas contribuem para desencadear políticas públicas com ações de planejamento e gestão, a fim adequar o uso e a ocupação da terra com as funções dos sistemas hídricos sejam eles grandes, médios ou pequenos.

RECOMENDAÇÕES

Considerando que uma pesquisa desvenda situações-problemas, analisa-as e formula as possíveis soluções, mas não é um fim, porque advém de uma realidade dinâmica que envolve pessoas e sistemas naturais, então alude-se perspectivas para estudos futuros:

i) *Do ponto de vista operacional* - uma pesquisa em locais com escassez de dados a exemplo da Amazônia e, na obtenção desses em campo de forma otimizada faz-se necessário o uso das novas tecnologias, entre elas o Sistema de Informação Geográfica. Este sistema permite a manipulação e o geoprocessamento dos dados espacializados, assim como a produção de mapas analíticos apoiados em modelos matemáticos e outros instrumentos de diagnóstico e produção de estimativas e de cenários, que servem inclusive para monitoramento da ocupação da terra em sistemas hídricos/bacias hidrográficas.

Sendo assim, todos os dados gerados e analisados podem fornecer o conhecimento sobre o uso e ocupação da terra no perímetro das redes hidrográficas de maneira que favorecerá a tomada de medidas mitigadoras e subsidiar planejamentos e respectivas ações de gestão;

ii) *Da escolha da metodologia de abordagem* — são fundamentais para a sustentabilidade ambiental as metodologias do tipo: Diagnóstico Participativo, as Atividades Educacionais e as Modelagens Matemáticas como o MQUAL.

⇒ deve ser aplicado em sistemas hídricos com fisiografias e geologias distintas, para se aproximar dos processos naturais e antrópicos;

⇒ o *Diagnóstico Participativo e as Atividades Educacionais* permitem criar as bases para que os resultados dos levantamentos e avaliações possam ser melhor internalizados pelas comunidades, lhes instrumentalizando para uma prática mais sustentável de uso e ocupação da terra:

⇒ O *MQUAL* é um modelo simples para avaliar um ambiente hídrico, mas necessita de estudo e aplicações em outros sistemas fluviais com tipologias distintas (rios de *águas pretas*, de *águas brancas*, de *águas claras transparentes*) a fim de entender os mecanismos de seus padrões/coeficientes de exportação a fim de calibrá-lo; deve ser aplicado em sistemas hídricos com fisiografias e geologias distintas, para se aproximar dos processos naturais e antrópicos; esse modelo tem necessidade de rever suas classes/categorias de uso do solo com os respectivos coeficientes de exportação de carga, em específico, ao que tange às atividades agrícolas;

iii) *Do ponto de vista da sustentabilidade ambiental* para os sistemas hídricos e respectivos ocupantes-agricultores *familiares* e *outros assentados*: fortalecimento às associações comunitárias; implementação de ações informativas e assistência técnica aos produtores (as) dos sistemas produtivos primários (pequenos, médios e grandes) a fim de adotar o uso e a ocupação da terra com os sistemas hídricos com quais se relacionam; outras ações socioambientais que promova o *Empowerment*; e,

iv) *Do ponto de vista acadêmico-científico* – mais estudos devem ser direcionados para os sistemas hídricos da Amazônia, principalmente, os incrustados no ecossistema de

terra firme, considerando-se que as literaturas são parcas a respeito das pequenas unidades hídricas, principalmente, as de *águas claras/transparentes*, cuja cor das águas vão do *verde oliva ao verde esmeralda*, como das duas microbacias estudadas.

Portanto, os contextos apresentados nos cinco capítulos têm por finalidade servir como fonte essencial para se conhecer e referenciar sobre dois pequenos sistemas hídricos da Região Amazônica, posto que, os dados analisados apontam conhecimentos imprescindíveis para se promover maior sensibilização da comunidade científica e social e também para refletir sobre as políticas para efetivar *desenvolvimento sustentável*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSELRAD, H. (1993). *Sustentabilidade e articulação territorial do desenvolvimento brasileiro*. In: **II Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional** -Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Mestrado e Doutorado, Santa Cruz do Sul (RS), 28 set. a 01 de out. p. 1-47. Disponível: http://www.unisc.br/cursos/pos_graduacao/mestrado/desreg/seminarios/anais_sidr2004/conferencias/02.pdf Acessado: 02/02/2010
- ALMEIDA, Jalcione (1997). *A problemática do desenvolvimento sustentável*. In: BECKER, Dinizar Fermiano (org.). **Desenvolvimento sustentável: necessidade e/ou possibilidade?** Santa Cruz do Sul (RS):EDUNISC.
- ALMEIDA, D. S. (2000). **Recuperação Ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: Editus.
- ARAÚJO, Symone Christine de S.(2005). **Modelos de simulação baseados em Raciocínio Qualitativo para avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia. Brasília (DF).
- BARTUSKA, T. J.; KAZIMEE, B. A.; OWEN, M. S.(1998). *Defining sustainability*. In: **Community sustainability: a comprehensive urban regenerative process/a proposal for Pullman Washington, USA**. Washington: School of Architecture/Washington State University.
- BELLIA, V. (1996). **Introdução à economia do meio ambiente**. Brasília: IBAMA.
- BLAINSKI, E.; SILVEIRA, F. A.; CONCEIÇÃO, Gerson (2008). **Utilização do modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool) para estudos na microbacia hidrográfica do rio ARARANGUÁ/SC**. Disponível em: http://www.simego.sectec.gov.br/.../modelo_swat/Poster_EBlainskii_SWAT.pdf Acessado em: 31 de março de 2010.
- BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R.(2008).**The Nature and Properties of Soils**. 14. ed. Virginia:Prentice Hall.
- BURSZTYN, Maria Augusta A.; BURSZTYN,Marcel (2006).*Desenvolvimento Sustentável: biografia de um conceito*. In: NASCIMENTO, E.; VIANA, J. **Economia, meio ambiente e comunicação**.Rio de Janeiro: Garamond.p.54-67.
- CARMO, Maristela S; SALLES, Julieta T.A.O,COMITRE,Valeria (1995). *Agricultura Sustentável e o Desafio da produção de alimentos no limiar do Terceiro Milênio* . **Informações Econômicas**. São Paulo, v. 25, n.11, nov. p.25-33.
- CARVALHO, H. M. (1993). **Padrões de Sustentabilidade**: uma medida para o desenvolvimento sustentável. Curitiba.[mimeo]

- CARVALHO, Yara M. C. (1996). *Considerações sobre Política Agrícola Sustentada. Informações Econômicas*. São Paulo, v. 26, n.12, p.33-46.
- CHRISTOFIDIS, Demétrios (2002). *Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos*. In: THEODORO, Suzi Huff. **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond. p. 13-28
- CHRISTOFOLETTI, Antonio (1999). **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher.
- ____ (1991) **Condicionantes geomorfológicos e hidrológicos aos programas de desenvolvimento**. São Paulo: UNESP.
- ____ (1981). **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher.
- ____ (1980). **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher.
- DAVIDSON, D.A. (1992) **The Evaluation of Land Resources**. Longman. 2ed. Harlow.
- DIONNE, Hugues (2007). **A Pesquisa-Ação para o Desenvolvimento Local**. 3. ed. [Trad. Michael Thiollent], Brasília: Liberlivro.
- DOUGLAS, G. K. (1985). *When is agriculture "sustainable"?*. In: EDENS, T.; FRIDGEN, C.; BATTENFIELD, S. (Eds). **Sustainable agriculture and integrated farming systems**. East Lansing: Michigan State University Press. p.10-21.
- DOVERS, S. R.; HANDMER, J.W.(1993). *Contradictions in sustainability*. **Environmental Conservation**, Switzerland, v.20, n.3, p.217-222.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/ (EMBRAPA);INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE (2011). *Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia: Sumário Executivo*.**Projeto TerraClass 2008**. Ministério do Meio Ambiente(MMA)/ Centro Regional da Amazônia(CRA/INPE-Belém-PA)/Embrapa Amazônia Oriental (Belém-PA)/Embrapa Informática Agropecuária(Campinas-SP), setembro.
- ESPINOZA ,Helia Farias; ABRAHAM,All-khan Maingue (2005).**Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para o estudo dos recursos hídricos em regiões costeiras**. In: **Anais... XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2487-2494.
- FAETH, P. Análisis económico de la sustentabilidad agrícola. **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, n.7, p.32-41, 1994.
- FAUSTINO, J. (1996) **Planificación y Gestión de Manejo de Cuencas**. Turrialba:CATIE.
- FERNANDES, Marcionila (2003). *Desenvolvimento Sustentável: antinomias de um conceito*. In: FERNANDES, Marcionila e GUERRA, Lemuel (Org.). **Contra-Discurso do Desenvolvimento Sustentável**. Belém: Associação de Universidades Amazônicas,p.131-169.

- FERNÁNDEZ, S. X. (1995). **A sustentabilidade nos modelos de desenvolvimento rural: Uma análise aplicada de agroecossistemas**. Tese (Doutorado), Departamento de Economia Aplicada, Universidade de Vigo. Vigo:Espanha.
- FERNANDEZ, O.V. Q. (1990). **Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão das margens da região de Porto Rico, PR**. 1990. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro.
- Fearnside, P. (1998). *Plantation Forestry in Brazil: Projections to 2050*. **Biomass and Bioenergy** . INPA.
- FILIZOLA N., GUYOT J.L. (2004). *Uso do sinal de retrodifusão do ADCP e a determinação do fluxo de matéria em suspensão nos rios da Amazônia*. VI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, **ABRH**, Vitória(ES).
- GADOTTI, Moacir (1995). **Pedagogia da práxis**. São Paulo:Cortez.
- HAEFNER, J. W. (2005). **Modeling Biological Systems. Principles and Applications**. 2. ed. New York: Springer-Verlar
- JACOBI , Pedro Roberto (2007). Educar na sociedade de riscos: o desafio de construir alternativas. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v.2, n.2, p. 49-65, 2007
- KUERTEN, Sidney (2006). **Variação longitudinal das características sedimentares e hidrológicas do rio Ivaí- PR em seu curso inferior**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá.
- LEE, Sang-Woo; HWANG, Soon-Jin; LEE, Sae-Bom; HWANG Ha-Sol; SUNG, Hyun-Chan(2009). *Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics*. In: **Landscape and Urban Planning**. v. 92, fev. p. 80-89. Disponível em:<<http://www.elsevier.com/locate/landurbplan> > Acessado em: 02/11/2009.
- LEFF, E. (2001). **Saber Ambiental**. Petrópolis-RJ: Vozes.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M.J.B.(2004). *Hidrologia de Matas ciliares*. In: RODRIGUES, R.R.;LEITAO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo/ Fapesp. p. 33-44.
- LIMA, João Donizete (2007).**Mudanças Ambientais na bacia hidrográfica do rio Piedade – Triângulo Mineiro (MG)**. Tese [Doutorado]. Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/PGG.
- LIVERMAN, D.M.; HANSON, M. E.; BROWN, B. J.;MERIDETH, R. W. Jr. (1988). *Global sustainability: Toward measurement*. In: **Journal Environmental Management**, v.12, n.2, New York. p.133-143.

- LOHMAN, R. J.(2003). **Recomposição da Mata Ciliar no Manancial do Córrego Sanga Vera no Município de Nova Santa Rosa. Marechal Cândido Rondon.** Monografia[Trabalho de Conclusão de Curso –TCC], Universidade Estadual do Oeste do Paraná –UNIOESTE.
- LOPES, Saulo Barbosa; ALMEIDA, Jalcione (2002). *Arranjos Institucionais e a Sustentabilidade dos Sistemas Agroflorestais: A Importância das Formas de Organização.* **CADERNOS DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA**, Brasília, v.19, n. 3, set./dez. p.377-406,
- MAGALHÃES Junior, A. P.; CORDEIRO NETTO, O. M.; NASCIMENTO, N. O. (2003). *Os Indicadores como Instrumentos de Gestão da Água no Atual Contexto Legal-Institucional do Brasil: Resultados de um Painel de Especialistas.* **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 01-10.
- MOORE, J.A.; JOHNSON, J.M. (1994). **Transportation, land use and sustainability: what is "sustainability"?**. Tampa: Center for Urban Transportation Research.
- MOTTA, Ronaldo S. da (1987). *A Questão Econômica da Questão Ambiental.* In: SHIKI, S.;SILVA, Jorge G. da; ORTEGA, Antonio Cesar [org.]. **Agricultura, Meio Ambiente e Sustentabilidade do Cerrado Brasileiro.** Uberlândia: EDUFU. p. 229-243
- MURGUEITO R., E.(1992). *Sistemas sostenibles de produccion agropecuaria para campesinos.* **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, n.2/3, p.35-42.
- NASCIMENTO, Waldenize Manoelina do; VILLAÇA Maria Garcia (2008). *Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento.* In: REVISTA ELETRÔNICA DA ASSOCIAÇÃO DOS GEÓGRAFOS BRASILEIROS/**AGB**. Seção Três Lagoas/MS – n.7, ano 5, Maio.
- PIZELLA,Denise Gallo; SOUZA, Marcelo Pereira de (2007). *Análise da Sustentabilidade Ambiental do Sistema de Classificação das Águas Doces Superficiais Brasileiras.* **Eng. sanit. ambient.** v.12, n. 2, abr/jun 2007, 139-148.
- RANDHIR, T. O. *et al.* (2001).*A watershed-based land prioritization model for water supply protection.* **Forest Ecology and Management**, v.143, n.1, p.47-56
- REBOUÇAS ,Aldo da C.(2003). *Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez.* **BAHIA ANÁLISE & DADOS Salvador**, v. 13, n. ESPECIAL, p. 341-345.
- REDCLIFT, Michel (1993). *Sustainable development - concepts contradictions, and conflicts in food for the future: conditions and contradctions of sustainability. sustainability.* New York: Wiley. Edited by Patricia Allen. John Wiley e Sons, **Inc. Chapter**, 7: 169-92.
- ____ (1996). *Desarrollo sostenible: ampliación del alcance del debate.* **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, n.10, p.48-61.
- RICHARD, K. River (1982). **Forms and processes in alluvial channels.** New York: Methuen e Co. (Ed.).

RODRIGUES, C.; ADAMI, S.(2005). *Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas*. In: VENTURI, L. A. B.. (Org.). **Praticando a Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 147-166.

ROSA, R. (2003). **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5. ed. Revisada. Uberlândia: EDUFU.

SACHS, Ignacy (2004). **Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro:Garamond.

_____(2002). **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond.

_____(1993). *Estratégias de transição para o século XXI*. In: BURSZTYN, M. **Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Brasiliense. p. 29-56.

SAITO, C. H. (2001). *Gestão de Bacias e Participação*. In: Leite, A. L. T. A.; Mininni-Medina, N. (coord.) **Educação Ambiental: Curso Básico a Distância: Gestão de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas Sob a Ótica da Educação Ambiental**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2. ed. 29 – 46

____ ; MARTINS, C. C. B. E.; CORREIA, C. S.; SCHUMACHER, H. C.; CARDOSO, T. B.; DOURADO, E. B.; ASSUNCAO, F. Q.; CORREIA, C. S.; VIEGAS, C. W.; BARROS, E. R. (2001b). *Sou UnB Jogo Limpo: Investigação-Ação como fundamento de uma prática de educação ambiental e gestão de resíduos sólidos que integra trabalho, ensino, pesquisa e extensão*. **Ambiente & Educação** (FURG), Rio Grande-RS, v. 5/6, p. 9-18.

_____(2000); DIAS, V.; VASCONCELOS, I.; SILVA, M. I.; ALMEIDA, A. ; VEIGA, C. J.; RENGIFO, P. R. . *Educação ambiental, investigação-ação e empowerment: estudo de caso*. **Linhas Críticas** (UnB), Brasília, v. 6, n.10, p. 31-44.

_____(1997). *Sustentabilidade como novo paradigma do consenso:crise e resgate da utopia*. **GEOSUL**, Florianópolis, v.12, n.23, sem.1.p.18-45

SANTOS, André Ferreira dos; CARDOSO Lincoln Gehring (2007). *Delimitação das áreas de preservação Permanente (Mata ciliar) da microbacia hidrográfica do Ribeirão Faxinal, Botucatu-SP*. **Anais**. I SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 231-235.

SANTOS, Irenilda Ângela dos; BERLINCK, Christian Niel; ARAÚJO, Symone Christine de Santana; STEINKE ,Ercília Torres; STEINKE, Valdir Adilson; PIANTA, Taissa Ferreira; GRAEBNER, Ivete Teresinha; SAITO Carlos Hiroo [coord.], *The Centrality of the “Mediation” Concept in the Participatory Management of Water*. **Canadian Journal of Environmental Education**, n. 10, Spring, 2005, p. 180-194.

SCHREIER, Hans; BROWN, Sandra Brown (2002). *Scaling issues in watersheds assessments*. **Elsevier Science/Water Policy**. v.3, n.6, Canadá, p.475-489. Disponível em: <http://www.waterpolicy.net>. Acessado em: 12/10/2009

SAP - Southern African Perspectives (1997). *Sustainable development and environmental assessment*. **Splash**, Lenexa, v.13, n.1, p.10-16,19-20.

SENANAYAKE, R.(1991). *Sustainable agriculture: definitions and parameters for measurement*. **Journal of Sustainable Agriculture**, Binghamton, v.1, n.4, p.7-28.

SILVA, Hailton Mello da (2005). **Sistema de Informações Geográficas do aquífero cárstico da micro-região de Irecê, Bahia: subsídio para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos das bacias dos rios Verde e Jacaré**. (Mestrado). Salvador(Bahia). Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia.

SILVA, José Graziano da (1995). *Agricultura Sustentável: um novo paradigma ou um novo movimento social?* **Informações Econômicas**. São Paulo, nov. v. 25, n.11, p.11-21

_____(1998). *Agricultura sustentável: um novo paradigma ou um novo movimento social?* In: SILVA, J. G. **Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS.

SILVA, R. C. V.; JÚNIOR, G. W.(2005). **Hidráulica Fluvial** , v. 2. COPPE/UFRJ.

SKORUPA, Ladislau Araújo (2003) *.Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável*. **Meio Ambiente:EMBRAPA**, Jaguariúna, dez.

STAHEL, A. W (1995). *Capitalismo e entropia: os aspectos ideológicos de uma contradição e a busca de alternativas*.In: CAVALCANTI, C. (org.). **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Cortez/Recife:Fundação Joaquim Nabuco.

STIPP, Nilza A. Freres; OLIVEIRA, Jaime de (2004). *Estudos ambientais na área da microbacia do Ribeirão dos Apertados – Londrina-PR*. **GEOGRAFIA: REVISTA DO DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 53-65, jul./dez.

SUGUIU, K.; BIGARELLA, A. (1990). **Ambiente Fluvial**. 2. ed. Florianópolis: UFSC.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I. ; CORDEIRO NETTO, O. M. (2000). *Cenários da Gestão da Água no Brasil: uma Contribuição para a Visão Mundial da Água*. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 31-43.

TUNDISI, J.G. (1999). **Limnologia no Século XXI: perspectivas e desafios**. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia.

____ (2009). *Água, a sustentabilidade vital*. In: **CIENTIFIC AMERICAN BRASIL Terra 3.0**. São Paulo (SP), v. 4, dez. p.14-19.

WCED - World Commission on Environment and Development (1987). **Our common future**. Oxford: Oxford University Press.

VEIGA, José Eli (2005). **Desenvolvimento Sustentável; O Desafio do Século XXI**. Rio de Janeiro:Garamond.

XAVIER da Silva, J. (1992). *Geoprocessamento e Análise Ambiental*. **Revista Brasileira de Geografia**. 54(3): 47-61