DINAMICAS HIDROLOGICA E GEOQUÍMICA DA BACIA AMAZÔNICA: O PAPEL DAS VÁRZEAS E DA ZONA ESTUARINA

CONVÊNIO CNPQ – IRD

COOPERAÇÃO CIENTÍFICA BRASIL – FRANÇA

2004 – 2006

Universidade de Brasilia

Por do sol no Rio Amazonas (L. Maurice B. © IRD)

SUMARIO

SUMARIO 2

INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS RESPONSÁVEIS PELA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO 4

1. INTRODUÇÃO 6

2. ENQUADRAMENTO DA PROPOSTA FACE AOS PLANOS E INTENÇÕES DAS INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS 7

3. JUSTIFICATIVA DA RELEVANCIA DA PROPOSTA 9

4. HISTÓRICO DAS UNIDADES PARTICIPANTES 14

INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES: ANA, UFF, UFRJ, UnB *14*

4.1 ANA– Agência Nacional de Águas *14*

4.1.1. Organização e Direção 14
4.1.2.Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta 14
4.1.3.Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis 14
4.1.4 indicadores de desempenho 15
4.1.5 Outras informações relevantes 15

4.2 UnB– Universidade de Brasilia *15*

4.2.1 Organização e direção 15
4.2.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta 15
4.2.3 Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis 16
4.2.4 indicadores de desempenho 17
4.2.5 Outras informações relevantes 17

4.3 UFF– Universidade Federal Fluminense *18*

4.3.1 Organização e direção 18
4.3.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta 18
4.3.3 Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis 18
4.3.4 indicadores de desempenho 19
4.3.5 Outras informações relevantes 19

4.4 UFRJ– Universidade Federal de Rio de Janeiro *20*

4.4.1 Organização e direção 20
4.4.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta 20
4.4.3 Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis 20
4.4.4 indicadores de desempenho 21
4.4.5 Outras informações relevantes 21

EQUIPES E PESQUISADORES ASSOCIADOS: *22*

4.5 Escola politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP *22*

4.5.1 Organização e direção 22
4.5.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta 22
4.5.3 Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis 22
4.5.4 Indicadores de desempenho 23
4.5.5 Outras informações relevantes 23

4.6 IEPA– INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ *23*

4.6.1 Organização e direção 23

4.6.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta 23
4.6.3 -Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis 24
4.6.4- Indicadores de desempenho 25
4.6.5 - Outras informações relevantes 25

4.7 IBAMA– Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis 25
4.7.1 Organização e direção 25
4.7.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta 25
4.7.3 Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis..... 26
4.7.4 Outras informações relevantes 26

5 – PLANO DE TRABALHO 27

5.1 Objetivos..... 27

5.2 Metas..... 27
5.2.1. Modelagem das transferências de matéria através dos rios amazônicos (Amazonas, Solimões, Negro e Madeira)..... 27
5.2.2. Estudo do papel das várzeas nas transferências e na acumulação de sedimentos, da matéria orgânica, dos nutrientes e dos outros elementos químicos..... 28
5.2.3. Estudo da influência da dinâmica estuarina nos aportes de sólidos ao Oceano Atlântico... 29

5.4 Metodologias..... 29
5.4.1 Modelagem das transferências de matéria através dos rios amazônicos 29
5.4.2 Estudo do papel das várzeas nas transferências de sedimentos e de elementos químicos.... 34
5.4.3 Estudo da influência da dinâmica estuarina nos aportes sólidos ao Oceano Atlântico 41

5.5 Equipes envolvidas 42
5.5.1 Equipes brasileiras..... 42
5.5.2 Equipes francesas 43

5.6 Cronograma de trabalho 45

5.7 Cronograma financeiro (em anexo) 45

5.8 Formas de acompanhamento da pesquisa..... 46

5.9 Formas de valorização da pesquisa 46

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47

INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS RESPONSÁVEIS PELA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

O presente projeto de pesquisa pretende dar continuidade aos estudos realizados no âmbito do projeto HiBAm (Hidrologia e geoquímica da Bacia Amazônica), convênio CNPq/IRD Acordo de Cooperação Técnica Brasil / França (Processo nº 910011/97-4), desenvolvido no período 1999 – 2003.
A realização desta proposta pré-supõe a colaboração de quatro parceiros institucionais do lado brasileiro, os quais disponibilizarão apoio técnico, recursos humanos (pesquisadores e estudantes) e infra-estrutura necessária ao desenvolvimento das atividades de pesquisas em que estejam envolvidas, assim como pelo fato de acolher pesquisadores franceses. Ao mesmo tempo, alguns pesquisadores e equipes associadas também integrarão o projeto.

INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES:

- **A Agência Nacional de Águas - ANA**
  - Entidade sede e parceira do projeto anterior, responsável pela coordenação brasileira, envolvendo estudos de novas tecnologias aplicadas à hidrologia, sedimentologia e qualidade das águas e análise das condições hidrológicas em escala regional da bacia Amazônica.

- **A Universidade de Brasília – UnB**
  - Instituto de Geociências – **IG**: estudos de geoquímica (metais traço e maiores) das águas e dos sedimentos dos rios e lagos da bacia Amazônica até a zona estuarina.
  - Instituto de Biologia – **IB**: ecologia da comunidade fitoplanctônica dos lagos de várzea do sistema Lago Grande do Curuaí.

- **A Universidade Federal Fluminense - UFF**
  - Programa de Geoquímica Ambiental – **GEO**: estudos da origem e caracterização da matéria orgânica e uso de traçadores em material em suspensão e sedimentos de rios e lagos de várzea da Bacia Amazônica. Estudo dos processos de sedimentação nas várzeas. Estudo do comportamento da matéria orgânica na zona estuarina.

- **A Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ**
  - Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia **– COPPE** Área de Recursos Hídricos do Programa de Engenharia Civil e o Laboratório de Dinâmica de Sedimentos Coesivos (LDSC) da Área de Engenharia Costeira do Programa de Engenharia Oceânica da COPPE: estudos de modelagem e transporte de sedimentos no trecho fluvial e região estuarina.

INSTITUIÇÕES OU PESQUISADORES ASSOCIADOS:

- **Universidade de São Paulo -Escola Politécnica - EPUSP**
  - Laboratório de Topografia e Geodésia do Departamento de Engenharia de Transportes: estudos de geodésia, posicionamentos planimétrico e altimétrico e hidrologia espacial. Cooperação com equipes do **IBGE** (Diretoria de Geociências) nos

estudos de geodesia e georeferenciamento das estações hidrométricas e meteorológicas.

- **Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA**

  - Centro de Sensoriamento Remoto **– CSR**: benefícios advindos pelo uso das técnicas de sensoriamento remoto no estudo da dinâmica hidrológica, sedimentar e da vegetação das várzeas do Rio Amazonas.

- **O Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá- IEPA**

  - Centro de Pesquisas Aquáticas **- CPAQ**

    Divisão de Dinâmica Abiótica: estudos da hidro e morfodinâmica (descarga líquida e sólida, marés e velocidade de correntes, morfologia de fundo) na região do baixo estuário;

    Laboratório de Geoquímica de Águas e Sedimentos: estudos de qualidade da água, determinação de parâmetros físico-químicos, metais pesados e produtividade primária.

- **Universidade Federal de Goias- UFG**, a traves da participação da Professora Ina de Souza Nogueira do Laboratório de Limnologia: estudos da taxonomia de comunidades aquáticas.

DINÂMICAS HIDROLÓGICAS E GEOQUÍMICAs DA BACIA AMAZÔNICA: O PAPEL DAS VÁRZEAS E DA ZONA ESTUARINA

DURAÇÃO DO PROJETO Janeiro de 2004 – Dezembro de 2006

1. INTRODUÇÃO

Os mecanismos de transferências estão presentes na natureza desde a escala do cristal à dos continentes, e seu estudo fascinando diferentes campos da ciência. Mas, é por intermédio dos rios e de suas bacias hidrográficas que se faz grande parte das transferências de matéria na superfície da Terra. Depois dos trabalhos de Schumm [1977] sobre o fluxo de sedimentos, uma bacia hidrográfica pode ser decomposta esquematicamente, quanto ao fluxo de matéria em zonas: i) de produção (relevos), ii) de transferência (cursos d'água, rios, etc.) e por fim uma iii)zona de sedimentação (deltas e estuários). Essa decomposição permite um zoneamento dos processo dominantes à escalas diferentes no tempo e no espaço, posto que fenômenos de sedimentação podem ser observados tanto nas zonas de produção e de transferência, quanto fenômenos erosivos podem ser observados nas zonas de transferência e de sedimentação (erosão de margens, por exemplo).

No caso de grandes bacias fluviais, a zona de produção é, geralmente, de extensão geográfica limitada (relevos de cadeias ativas, seja nos bordos ou nas cabeceiras da bacia), e as zonas de transferência e de sedimentação, confundem-se e desenvolvem-se sobre vastas bacias sedimentares particularmente dominante nas unidades geomorfológicas do Brasil. Estas bacias sedimentares, por sua vez, desenvolvem-se sobre os mais antigos crátons do globo.

O estudo das transferências de matéria tem, numa grande bacia hidrográfica como a Amazônica, a vantagem de possibilitar o estabelecimento de balanços (balanço de massa, balanço de energia, balanço hídrico, etc.). O uso de balanços constitui peça chave para que se possa avançar na compreensão de processos de erosão/alteração e em particular em questões ligadas ao ciclo do carbono. A bacia amazônica apresenta um caráter integrador, que limita a ocorrência de efeitos catastróficos possibilitando avaliar as respostas ao determinismo climático e tectônico dos mecanismos de alteração.

Durante o ciclo hidrológico anual, uma dinâmica transversal se instala entre o rio e as zonas de inundação interconectadas (fluxo bidirecional), que controla o equilíbrio espacial e temporal dos processos de transferência e de sedimentação [Amoros et Petts, 1993]. No caso da bacia Amazônica, essas zonas úmidas (várzeas) se estendem por mais de 300.000 km² [Melack, 1984] e estão ligadas a uma forte produtividade biológica [Junk *et al.*, 1989]. No entanto, as contribuições laterais, aporte de matérias fornecidas pelas planícies de inundação (várzeas), têm sido sugeridas por vários autores como tendo um importante papel nos balanços de matéria.

Na primeira fase do Projeto HiBAm (1997-2000) as pesquisas concentraram-se no conhecimento da realidade dos processos hidrológicos e geoquímicos existentes ao longo dos

grandes rios Amazônicos. Esses estudos foram realizados através de campanhas de campo para coleta de amostras e medições de descarga ao longo dos rios com a conseqüente elaboração de balanços hidrodinâmicos envolvendo diversos parâmetros (descarga líquida e sólida, elementos maiores e traços, etc.). Na segunda fase do projeto HIBAM (2001-2003) o papel do estuário dentro dos processos de transferência começou a ser discutido e tornou-se juntamente com as várzeas os principais pólos de interesse do grupo.
Desde 2003, a rede de estações de referencia hidrológicas e de qualidade de águas HIBAM instaladas na região amazônica (Brasil, Bolívia, Peru e Equador) faz parte do programa francês ORE "Observatoire Régionaux en Environnement" auspiciado pelo Ministère de la Recherche, o CNRS e o IRD.

O atual projeto "Dinâmicas Hidrologica e Geoquímica da Bacia Amazônica: o papel das várzeas e da zona estuarina" tem como **objetivo principal** desenvolver estudos e pesquisas para a compreensão e a modelagem do funcionamento hidrológico, sedimentológico e geoquímico da bacia hidrográfica do rio Amazonas com um enfoque especial sobre o papel das planícies de enchente ("várzeas" no Brasil) e da zona estuarina.

2. ENQUADRAMENTO DA PROPOSTA FACE AOS PLANOS E INTENÇÕES DAS INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS

A Agência Nacional de Águas – ANA, através da superintendência de Informações Hidrológicas – SIH, assumiu desde Janeiro de 2002, a responsabilidade de sediar o projeto e a rede de monitoramento HiBAm. As ações desenvolvidas pela agência, sempre em consonância com um programa de metas, têm sido tomadas no sentido de desenvolver estudos hidrológicos com o uso de novas tecnologias e embaçadas na série de dados históricos advindos da rede hidrometeorológica nacional. Além disso, a base de dados HIBAM tem dado à ANA condições de obter novos dados para sua base e gerar balanços de massa, necessários para a determinação de cenários multiparamétricos para a bacia. Esses cenários têm sido de grande importância para o processo de tomada de decisões por parte da Agência. Outra atividade em execução pela ANA, é de resumir e viabilizar o livre acesso às informações produzidas pelo projeto. Neste sentido está em fase de construção da nova pagina web do projeto HIBAM, que será hospedado no site da agência. Essa nova proposta dará à ANA condições e capacidades quanto ao tratamento e uso de dados e informações atualizadas. Esses recursos serão de extrema importância como subsídio para a sustentação da participação brasileira dentro do escopo da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica – OTCA, da qual a ANA é um dos principais atores junto ao Itamarati e aos demais países da região.

A Universidade de Brasília, UnB, e mais especificamente o **Laboratório de Geoquímica, o LAGEQ**, está desenvolvendo desde 1997, em cooperação com os pesquisadores do IRD, pesquisas sobre a geoquímica das águas de superfície da Bacia Amazônica. Esse laboratório possui equipamentos analíticos modernos e de alta precisão permitindo estudar em particular os elementos traço e os terras raras em baixas concentrações nas amostras de águas naturais fora das fontes de contaminação antrópica. No contexto dessa parceria, duas bolsas PIBIC de iniciação cientifica, duas teses de mestrado foram defendidas e uma de doutorado está em andamento, além de um projeto CAPES-COFECUB em renovação até 2004. Foi editado um número especial da revista *Hidrological Processes* sobre a geoquímica das águas dos grandes rios, e publicado um capítulo de livro, três artigos em revistas internacionais e 16 comunicações em congressos internacionais. Os primeiros resultados de intercalibração entre

o LAGEQ e o LMTG (França) nas análises dos metais traço, são encorajadores e a equipe do LAGEQ tem um grande interesse em continuar na área mais especifica de estudo dos processos de especiação metálica entre as águas, os sedimentos e a vegetação.
A participação do **Instituto de Biologia** da UnB será orientada sobre o estudo da ficoflórula dos lagos de várzea do sistema Lago Grande de Curuaí (Amazônia) e dos atributos da comunidade fitoplanctônica com base na densidade, biomassa, diversidade, estrutura de tamanho e dominância das espécies que estão associadas a determinadas variáveis climáticas, físicas e químicas da água dos diferentes lagos marginais. As primeiras análises e determinações de espécies fitoplanctônicas nos lagos principais da várzea de Curuaí já foram apresentados no ultimo Simpósio Brasileiro de Limnologia (R. Ibanez *et al.*, 2003); evidenciando a importante diversidade taxonômica e o interesse de continuar este estudo para outras épocas hidrológicas. A influência de uma alternância entre as estações de chuva e de estiagem sobre o fitoplâncton também será investigada assim como a biodiversidade fitoplanctônica. Esta informação específica tem também como objetivo de calibrar as cores das águas a partir das imagens óticas da região e estimar a produção primaria fitoplanctónica das zonas de enchente, na escala da Bacia.

A participação da Universidade Federal Fluminense, UFF, através do **Programa de Geoquímica Ambiental**, o qual constitui o principal centro de ensino e pesquisa na área de Geoquímica Ambiental do país, tem como objetivo o de centralizar os estudos quanto à origem e a caracterização da matéria orgânica e dos processos sedimentológicos nas várzeas amazônicas. A atuação do programa de Geoquímica também incluirá um estudo sobre a estimação da biomassa macrofítica, que em ambientes de várzea pode representar mais de 80% da produção primária. Este estudo será também complementado com o estudo de geosensoriamento. Desta colaboração entre a UFF e o IRD, dissertações de mestrado e teses de doutorado assim como orientações de iniciação científica são previstas.
O Programa de Geoquímica Ambiental, desde sua criação, tem pesquisadores envolvidos em projetos científicos em diferentes regiões geográficas do Brasil e, atualmente, vem estendendo sua atuação em áreas chave do País como a Amazônia, o Pantanal Mato-grossense e a extensa Plataforma Continental Brasileira. Os projetos na Amazônia, até recentemente, restringiam-se ao estudo da variabilidade climática durante o quaternário recente e ao estudo da dinâmica dos poluentes metálicos em zonas sob influência antrópica. Mais recentemente, com a contratação de novos professores pesquisadores novas linhas de pesquisa tem sido abertas, sendo estas voltadas, principalmente, ao estudo da matéria orgânica.

A UFRJ participou nas campanhas de medições de 2001, 2002 e 2003, realizadas pelo projeto HIBAM. A linha de pesquisa dos grupos envolvidos (Área de Recursos Hídricos do Programa de Engenharia Civil da COPPE, o Laboratório de Dinâmica de Sedimentos Coesivos (LDSC) da Área de Engenharia Costeira do Programa de Engenharia Oceânica e a Área de Recursos Hídricos do Programa de Engenharia Civil, da COPPE) consiste no estudo da hidrodinâmica e do transporte de sedimentos nos trechos fluviais e estuarinos do rio Amazonas. No momento, estão em andamento duas teses de doutorado, duas de mestrado e uma iniciação científica. Além das ferramentas de modelagem numérica que a UFRJ tem desenvolvido, está prevista para fines de 2003 a conclusão das obras de recuperação de um canal de grandes dimensões, de declividade variável, que permitirá desenvolver pesquisa experimental em assuntos específicos relacionados ao movimento sedimentar.

A participação do **IEPA** ocorreu informalmente no ano de 2001 através do "Curso de medição de descarga de grandes rios" em Manacapuru-AM, onde dois pesquisadores foram capacitados, como também a participação de um pesquisador em duas campanhas de

medições do Projeto HIBAm, onde este participou do levantamento de dados batimétricos com vistas ao estudo das dunas subaquáticas desenvolvidos pelo LDSC, além das campanhas conjuntas com o IRD (projeto HIBAM) para medições de descarga na baía de Macapá e no Arquipélago do Bailique.
Além disso, através de cooperações com o IRD em Cayenne e a UFF, está sendo possível a melhor qualificação de nossos recursos humanos através do desenvolvimento de tese de doutoramento e outras iniciativas.

O **Centro de Sensoriamento Remoto (CSR) do Ibama** é um centro especializado cujas atribuições encontram-se voltadas, principalmente ao desenvolvimento, planejamento, execução e difusão de estudos, pesquisas e tecnologias, visando ao monitoramento das transformações ambientais, com ênfase nos ecossistemas sob pressão da ocupação humana e ao fornecimento de subsídios ao zoneamento ambiental, ao ordenamento territorial e à normalização da cartografia temática sobre Meio Ambiente. O CSR encontra-se inserido no Projeto ProVárzea do Ibama, sendo responsável pela subcomponente Implantação de um Sistema de Informações Geográficas para a Várzea, que contará, também, com o apoio técnico de outras instituições parceiras. Dentre as atividades a serem desenvolvidas pelo CSR no âmbito do projeto ProVárzea encontram-se: a) Definição e caracterização das variáveis físico-ecológicas da várzea que deverão compor o banco de dados do Sistema de Informação Geográficas; b) Geração de bases de dados georreferenciados sobre informações sócio-econômicas (pecuária, produção agrícola, extrativismo etc) e ambientais, uso e cobertura do solo nos municípios de Santarém/PA e Parintins/AM; e c) produção de base cartográfica na escala 1:250.000 (toda a várzea) e 1:100.000 nas áreas piloto de Santarém/PA e Parintins/AM.

3. JUSTIFICATIVA DA RELEVANCIA DA PROPOSTA

O conhecimento quantitativo e qualitativo da água e sua distribuição espacial e temporal, assim como da evolução destes no decorrer do tempo são fatores essenciais para um manejo sustentável dos recursos hídricos e o seu melhor aproveitamento sob os aspectos do uso energético, agrícola, industrial, navegação e outros. Nesse sentido foram realizados estudos vinculados ao balanço dos fluxos no transporte de elementos dissolvidos e sob forma particulado nos rios da Amazônia, estes foram os principais objetivos do Projeto Hibam (1997-2003).

As áreas alagáveis que margeiam grandes rios são um dos ecossistemas naturais mais procurados para a ocupação humana face à sua grande fertilidade (Junk, 1980). Pitelli (1984) ressalta o significado ecológico das várzeas devido à sua enorme riqueza biológica, resultante da alta produtividade aliada à grande multiplicidade de cadeias alimentares.

As várzeas da Amazônia são componentes importantes da hidrologia, da biogeoquímica, e da ecologia da bacia. Estas várzeas representam uma área de 300 000 km² (Junk, 1997), ou seja, 5% da superfície da bacia. Essa estimação ainda não foi confirmada e um dos objetivos específicos do projeto é calcular as extensões totais das áreas alegadas da Bacia Amazônica usando técnicas espaciais (imagens radar, especificamente). No balanço hídrico, Richey *et al.* (1989) estimaram que 30% da vazão media do Rio Amazonas transitava pelas várzeas. Essas zonas permitem aplainar o hidrograma do Rio Amazonas e explicam por que a vazão máxima (280 000 m^3 s^{-1}) eqüivale a só quatro vezes a vazão mínima (70 000 m^3 s^{-1}). No balanço biogeoquímico, essas zonas de enchente atuam como um filtro e também como um reator

químico. Suas maiores características são a dinâmica hidrológica, causada pela variação sazonal do nível das águas do rio e o seu papel biogeoquímico. Considerando o balanço hidrológico e sedimentar, as zonas de inundação têm um papel de armazenamento temporário ou permanente do material dissolvido e particulado; sendo que o tempo de armazenamento pode variar de alguns meses (água e substâncias dissolvidas) a algumas centenas à milhares de anos (sedimentos). Foi estimado que 80% do material transportado pelo Rio Amazonas, transitava pelas várzeas (Mertes *et al.*, 1996 ; Dunne *et al.*, 1998). Estes autores estimaram que este fluxo é de 2 bilhões de toneladas por ano. Um dos objetivos deste novo projeto é a estimação do tempo de residência das águas e dos sedimentos nas várzeas assim como o estudo das modificações das características biogeoquímicas desse material.

Estes lagos interferem no fluxo de nutrientes, aumentando suas concentrações e influenciando a composição química dos rios. Além disso, as várzeas têm um papel essencial na dinâmica da matéria orgânica, assim como na do ferro e de outros elementos redox. A instalação de condições oxidantes ou redutoras nos sedimentos e na coluna d'água subjacente depende, principalmente, de sua dinâmica hidrológica. Quanto mais longo o tempo de transferência da massa de água na várzea, mais estável será a anoxia e maior será a produção de espécies químicas reduzidas. As inundações sazonais, ou "flood pulse", tem um papel chave na produtividade dos rios e das áreas alagadas associadas. As várzeas constituem zonas preferenciais de deposição de sedimentos, matéria orgânica e metais associados, como o mercúrio. Essas zonas são caracterizadas por uma alta produtividade primária durante uma parte do ciclo hidrológico, seguido durante a fase de águas baixas, por processos de degradação anaeróbica, originando a emissão de gases a efeito estufa, como o CO_2, CH_4 e H_2S (Junk *et al.*, 1989; Richey *et al.*, 1988, 2002; Grace and Malhi, 2002). Essas zonas apresentam, em particular, condições favoráveis ao processo de metilação (Guimarães *et al.*, 1995 e 1998), ou seja, de transformação das espécies de mercúrio inorgânico em espécies orgânicas diretamente assimilável pelos organismos aquáticos e pelos homens, cuja toxicidade foi claramente provada (Barbosa *et al.*, 1998; Lebel *et al.*, 1998; Dolbec *et al.*, 2001). As várzeas ou zonas de enchente da Amazônia constituem o ambiente mais propício à produção das formas orgânicas de alguns metais, e do mercúrio em particular. Por exemplo, as taxas de metilação do mercúrio analisadas nas raízes de várias espécies de macrófitas aquáticas coletadas em diferentes várzeas são 3 vezes superiores as taxas analisadas nos sedimentos sub-adjacentes. Estas macrófitas constituem quase 60% da produção primária das várzeas e representam uma fonte importante de carbono orgânico para a cadeia trófica aquática, que podem ser expostas as importantes concentrações em metil-mercúrio tóxico.

Os resultados e informações obtidas sobre os processos biogeoquímicos que ocorrem nos lagos de várzea poderão ser aplicados aos reservatórios hidroelétricos situados na região intertropical.

A produção primária nas várzeas é estimada a 110 toneladas de peso seco por ha, cujo 73% são atribuídos ao fitoplâncton e as macrófitas terrestres e aquáticas, e 27% a floresta alegada (Junk, 1985). Esta importante produtividade é devida à fertilidade dos sedimentos dos lagos de várzea nos quais a concentração em cátions básicos indispensáveis ao crescimento dos vegetais é 10 vezes mais alta do que a dos solos de terra firme (Victoria *et al.*, 1989).

A determinação dos fluxos de carbono orgânico nos principais afluentes do Rio Amazonas foi estimada na segunda fase do projeto HIBAM, assim como o fluxo de carbono orgânico que é exportado anualmente pelo Rio Amazonas para o Oceano Atlântico (Moreira-Turcq *et al.*, 2003a). Este fluxo representa entre 8 à 10% do que entra, em carbono orgânico nos oceanos, anualmente. Atualmente, nosso maior interesse é de quantificar as trocas laterais das planícies de inundação (várzeas) e ao mesmo tempo o papel que as várzeas ocupam na transferência e na acumulação de sedimentos, dos metais associados assim como da matéria orgânica dentro da Bacia Amazônica. Uma parte do carbono das várzeas é exportada no curso principal do

Rio Amazonas; Quay *et al.* (1992) estimam que 40% do carbono dissolvido analisado no Rio Amazonas é produzido nas várzeas. Vários autores (Victoria *et al.*, 1989; Richey *et al.*, 1988; Junk, 1985 and 1997) têm evidenciado o papel das várzeas nos balanços de matéria e principalmente no que diz respeito à matéria orgânica (Moreira-Turcq *et al.*, 2003b) e aos metais pesados associados que podem ser à origem de problemas de contaminação serio da cadeia trofica aquática até o homem (Maurice Bourgoin *et al.*, 2000 e 2002). Aparentemente estes sistemas, extremamente produtivos, representam uma fonte de matéria orgânica labile para o Amazonas que é caracterizado por uma pobre produção autóctona. Somente a partir da determinação e identificação das diferentes contribuições poderemos finalmente propor um ciclo total de carbono para a Bacia Amazônica. Estudos recentes sobre a dinâmica da matéria orgânica mostraram que os traçadores orgânicos são ferramentas úteis na caracterização e quantificação de compostos orgânicos encontrados no material em suspensão e em sedimentos de fundo (Hedges *et al.*, 1997).

A combinação destes múltiplos traçadores, e a busca de novos traçadores permitirá a identificação das diferentes fontes da matéria orgânica presente nas várzeas (matéria em suspensão), assim como os principais processos biogeoquímicos responsáveis por esta distribuição e simultaneamente o estudo da matéria orgânica sedimentar permitirá uma reconstituição paleo-hidrológica recente das várzeas (300 anos).

A avaliação do papel da vegetação aquática ou semi-aquática presente nestes ambientes é fundamental para a compreensão da origem da matéria orgânica produzida nestes sistemas e principalmente para o balanço de carbono nas várzeas. Neste sentido o estudo das macrófitas aquáticas, principal produtor primário nestes ambientes (Junk, 1997) e do fitoplâncton que também tem um papel importante, é fundamental.

As macrófitas aquáticas parecem ser os responsáveis pela maior parte da matéria orgânica exportada pelas várzeas para o curso principal do Amazonas (Junk, 1997). O fitoplâncton é de primordial importância nesses ambientes semi-lênticos por ser uma das fontes de energia para os peixes (Araujo-Lima *et al.*,1986) que por sua vez constituem o item protéico básico mais comum e usado para a subsistência humana na região. As lagoas formadas nas planícies de inundação mantêm o funcionamento dos ecossistemas de planície de inundação. Nestes ambientes ocorre a maior produção de matéria orgânica oriunda, principalmente, da decomposição da flora do ecossistema aquático e da área de transição aquática-terrestre (Junk *et al.*, 1989).

Estas condições produzem na biota respostas adaptativas morfológicas, anatômicas, fisiológicas, fenológicas e/ou etológicas e estruturais nas comunidades (Junk *et al.*, 1989). Durante a inundação, nutrientes mineralizados na estação seca, juntamente com os nutrientes adicionais dissolvidos nas águas da inundação ou associados aos sedimentos em suspensão, são transportados ao canal principal (Bayley, 1995). Portanto, essas lagoas tem papel fundamental na obtenção e processamento energético durante a alternância do seu ciclo hidrológico, considerando como o "pulso de inundação" o período chuvoso, onde o nível da água eleva-se consideravelmente.

O conhecimento da relação entre algas e os processos limnológicos dos lagos de várzea é, desta maneira, de **fundamental importância para o manejo racional desses ecossistemas e em particular para a evolução e a gestão dos recursos agropecuários das várzeas**.

Um dos resultados mais relevantes do antigo projeto HIBAM foi a estimação precisa dos aportes de sedimentos do Rio Amazonas assim como a descrição da sua variabilidade temporal na estação de referencia mais a jusante, Obidos. Porem, essa informação relevante não permite extrapolar e calcular de maneira precisa os aportes sólidos ao Oceano Atlântico. Um dos eixos de pesquisa do novo projeto será orientado no estudo dos processos físico-

químicos ocorrendo na zona estuarina, modificando o transporte e a deposição dos sedimentos transportados na coluna de água, nas margens e no fundo.
A principal aplicação destes estudos servirá no melhoramento das condições de navegabilidade na zona estuarina, onde problemas são relatos constantemente.
Uma das linhas de trabalho do LDSC da UFRJ (COPPE) corresponde ao estudo da floculação em ambientes fluviais e estuarinos. Em workshop recentemente organizado por esse mesmo laboratório, sobre dinâmica da lama em águas costeiras, enfatizou a necessidade de se realizarem estudos na região do estuário interno do rio Amazonas (entre Óbidos e a foz), região onde não há no momento medições disponíveis que permitam estabelecer a sua importância com região de deposição, **em ordem de fechar o balanço dos sedimentos e estabelecer a quantidade de sedimentos que são exportados ao oceano**. Nesta região a maior parte dos sedimentos são finos (fração silte e argila) e o papel da floculação na deposição dos mesmos é de primeira ordem. O estudo da floculação será reforçado pelo estudo geoquímico da matéria orgânica, estudo a ser realizado na UFF (Programa de Geoquímica Ambiental), visto que a origem e a natureza da matéria orgânica e dos argilo-minerais (Moreira-Turcq *et al.*, 2003) presente no Amazonas, vão determinar a importância dos processos de adsorção e desorção que ocorrem no estuário.
Outro aspecto relevante da participação da UFRJ corresponde à propagação da maré na região estuarina. Está em desenvolvimento um modelo numérico hidrodinâmico a ser configurado desde Óbidos até a plataforma continental, que tentará explicar a complexidade do comportamento da propagação da maré observada nos registros de maré que hoje existem na região. O levantamento proposto de dados de maré na região estuarina ao longo de pelo menos um ano, contribuirá significativamente neste desenvolvimento, desde que será possível avaliar a influência da sazonalidade anual das vazões. O levantamento altimétrico destas estações de medição permitirá a aferição das variações no nível médio das águas na região estuarina, usualmente considerado constante.
Uma ferramenta de modelagem como a que está sendo desenvolvida servirá a diversas finalidades: **apoio à navegação, à estudos morfológicos vinculados ao transporte de sedimentos, suporte para a redução das sondagens batimétricas realizadas pela DHN, e também ao estudo das cheias registradas em cidades ribeirinhas**. Para tanto, observações GPS conduzidas próximos aos limnímetros associadas a um modelo geoidal, permitem vincular as observações do nível da água a **um referencial altimétrico comum e consistente**.

A importância da foz do Amazonas no contexto do projeto é indiscutível por tratar-se da região de passagem da carga sólida que alcança o oceano, através de processos cujos mecanismos de funcionamento ainda estão longe de esclarecer as vertiginosas modificações físicas ocorrentes e suas interações com fenômenos naturais climáticos e oceanográficos cuja resultante interfere na fauna e na flora aquática e na produtividade pesqueira regional.
Dentre esses mecanismos, torna-se evidente a necessidade de se compreender como ocorre a mistura das águas do oceano com as do rio Amazonas, até onde a “cunha salina” penetra no estuário, as características sazonais.
O Programa de Monitoramento dos Recursos Hídricos Superficiais desenvolvido entre os rios Jari e Vila Nova, desde o ano 2000, pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Amapá, tem mostrado que alguns parâmetros como fosfato, amônia e pH apresentam normalmente valores em desacordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº020/86. Tal constatação deixa uma série de interrogações quanto às causas dessas anomalias medidas e se as mesmas não estariam relacionadas a questões mais regionais, com a alteração na qualidade das águas do rio Amazonas ocorrendo muito a montante da confluência com o rio Jari.
Alguns estudos têm apresentado medições anômalas de metais pesados nos sedimentos de fundo, em suspensão e nas águas do rio Amazonas e, que por vezes encontram-se em

desacordo com as normas ambientais vigentes. A origem para essas medidas anômalas, ainda não está clara e pode estar relacionada tanto a questões regionais quanto as atividades antrópicas desenvolvidas no território amapanese, o que vale uma investigação mais criteriosa, levando em conta a sazonalidade.

Os aspectos científicos, acima colocados, são de extrema relevância em diversos diversas aspectos e escalas espaço-temporais dentro do contexto das ações empreendidas pela Agência Nacional de Águas - ANA. Uma visão macroscópica do país e do continente, porém sem perder o elo com a micro escala e visando a gestão, a presente proposta atenderá bem às necessidades atuais da agência e do pais. Dentre essas necessidades encontra-se a de **obter dados e informações sempre atualizadas sobre os recursos hídricos** em todo o país. Os dados e informações a serem gerados têm extrema relevância para **o desenvolvimento de políticas públicas visando a melhoria da qualidade de vida na região Amazônica**. Pretende, a ANA, que todos esses subsídios, bem como as **inovações tecnológicas** (na área da hidrologia espacial, da georeferenciamento das estações, ou no melhoramento do modelo de geoide, por exemplo), gerados pela presente proposta venham a ser aproveitados como parte integrante nos **sistemas de suporte à decisão tanto da agência, como de outros organismos governamentais**.

Os dados e informações já produzidos pelo grupo do Projeto HIBAM ao longo da várzea Amazônica, mostram a necessidade de estudos futuros sobre a variabilidade temporal e espacial da vegetação decorrente da dinâmica hídrica. Esses estudos complementarão as ações em desenvolvimento, pelo CSR, no **Projeto ProVárzea**, colaborando com o aprimoramento de técnicas de mapeamento de zonas de inundação e do ciclo da vegetação a partir de dados de sensoriamento remoto de alta resolução (Landsat, ASTER, Projeto SIVAM/SIPAM, etc...) e de resolução moderada (MODIS/MERIS). Esses dados alimentarão, também, o banco de dados.

4. HISTÓRICO DAS UNIDADES PARTICIPANTES

INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES: ANA, UFF, UFRJ, UNB

4.1 ANA– AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

4.1.1. Organização e Direção

Diretor Geral:
Jerson Kelman

Diretoria Colegiada:
Benedito Pinto Ferreira Braga Júnior
Dilma Pereira
Ivo Brasil
Lauro Sérgio de Figueiredo
Marco Aurélio V. de Freitas

Superintendente de Tecnologia e Capacitação (STC)
Herbert Otto Roger Schubart

Superintendente de Informações Hidrológicas (SIH)
Valdemar Santos Guimarães
Eurides de Oliveira

4.1.2.Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta

Nome	Entidade	Status	Especialidade	Dedicação
Eurides de OLIVEIRA	ANA	Engenheiro (PósGrad)	Hidrologia	30%
Herbert Otto Roger SCHUBART	ANA	Doutor (PhD)	Recursos Hídricos Acarologia	10%
Marco Aurélio V. De FREITAS	ANA	Doutor (PhD)	Recursos Hídricos	5%
Naziano FILIZOLA Jr.	ANA/ OMM	Geólogo (MSc.)	Hidrologia Sedimentologia SIG	50%
Valdemar GUIMARÃES	ANA	Engenheiro (PósGrad)	Hidrologia	10%

4.1.3.Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis

- Local em Brasília (ANA)
- Rede de estações pluviométricas e fluviométricas na bacia
- Rede de estações hidrogeoquímicas na bacia
- Equipamentos de campo como ADCP, guincho, cabo, lastro e gerador para os amostradores

- Grupo de hidrotécnicos para as campanhas
- Base de dados hidrologicos da Região Amazônica atualizada
- 200 plataformas de coleta de dados via satélite, à qual adicionam-se os equipamentos adquiridos pelo projeto HiBAm (DNAEE-CNPq/ORSTOM):
    - ✓ 3 computadores, periféricos e softwares específicos, para uso em Brasília
    - ✓ Correntômetro de efeito Doppler (ADCP) com computador portátil, gerador e cabos, para uso embarcado
    - ✓ GPS e distanciômetro Infra Vermelho, para uso embarcado
    - ✓ 20 plataformas de coleta de dados via satélite
    - ✓ Estação de recepção de dados satélite ARGOS, para uso em Brasília

4.1.4 indicadores de desempenho

- Infra-estrutura de divulgação de dados estabelecida e atualizada
- Participação em artigos técnico-científicos publicados
- Eventos de divulgação de resultados
- Patrocínio de ações operacionais de campo

4.1.5 Outras informações relevantes

- Participação em eventos técnico-científicos
- Promoção de palestras
- Suporte aos organismos competentes no escopo de Programas de cooperação internacional na região
- Auxílio na transferência de competências técnico-operativa às entidades governamentais da região Amazônica

4.2 UNB– UNIVERSIDADE DE BRASILIA

4.2.1 Organização e direção

Reitor
Lauro Morhy

Instituto de Geociências
Nelson Francisquine Botelho - Diretor
José Carlos Alvarenga - Vice-Diretor

4.2.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta

Nome	Entidade	Status	Especialidade	Dedicação
Geraldo Resende Boaventura	IG/UnB	Prof. (PhD)	Geoquímica	30%
Maria do Socorro Rodrigues	IE/UnB	Prof.	Ecologia aquática	20%
Marcelo Pinelli	IG/UnB	Doutorando	Geoquímica	50%
Andrea Brandão de Souza	IG/UnB	Mestrando	Geoquímica	70%
Rafaela Andraus Portugal	IG/UnB	PIBIC	Geoquímica	100%
Pesquisadora associada : Ina de Souza NOGUEIRA	*ICB/UFG Un. Fed. Goias*	*Prof. (PhD)*	*Taxonomia de algas*	*20%*

4.2.3 Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis

- Salas de aula e auditório para palestras,
- Escritórios para pesquisadores e professores,
- Salas de trabalho para os alunos de pós-graduação
- Salas de computadores e de geoprocessamento.
- Laboratório de Análise de Águas,
- A Biblioteca Central da UnB possui um acervo de:
    - ✓ 170.000 títulos, com um total de 648.500 volumes,
    - ✓ 7.100 títulos de periódicos, dos quais mais de 1.500 nas áreas de Ciências Exatas e Engenharia.
- Vínculos com outras áreas da UnB:
    - ✓ Laboratório de Sensoriamento Remoto,
    - ✓ Laboratório de Geoquímica,
    - ✓ Laboratório de Química Ambiental,
    - ✓ Laboratório de Ecologia

O LAGEQ está instalado numa área de aproximadamente 300 m^2 do ICC, módulo CSS 406, onde dispõe de:

- Sala de preparação de amostras contendo 3 britadores, 2 macacos hidráulicos, moinho de disco e de bolas, amostradores, peneiras e outros materiais que garantem a demanda do laboratório.
- Sala de balanças onde se destacam as analíticas METLER, AE 163 e AE 240 com sensibilidade centésimos de miligrama.
- Laboratórios de decomposição e análise de amostras, onde estão disponíveis 4 capelas, 4 destiladores de água, com destaque para sistema MILLI Q-Plus, para produção de água de alta pureza (18,2 MW cm^{-1}), fornos, chapas de aquecimento e demais materiais de uso rotineiro.
- Uma sala branca para a preparação das amostras de água e materiais em suspensão para determinação de metais pesados
- Laboratório para análise de água onde se determinam parâmetros físico-químicos
- Forno de microondas marca SPEX, modelo CDS 7000, destinado à decomposição de amostras.

Equipamentos disponíveis

- Espectrofotômetro UV Visível
- Fotômetro de chama
- Espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer, mod. 403
- Espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer mod. 603 com forno de grafite.
- Analisadores de carbono e enxofre –LECO
- Espectrômetro de emissão atômica com fonte de plasma (ICP-AES), SPECTRO, FVM03.
- Analisador de mercúrio -SPECTROMERC.
- Espectrômetro de Massa de setor magnético de alta resolução com fonte de Plasma e sistema de ablação com Laser –ICP/MS – FINNIGAN-MAT ELEMENT

Métodos analíticos

O LAGEQ possui métodos analíticos para determinação de mais de 40 elementos químicos em amostras de rochas, minerais, minérios, solos, sedimentos, água e outros materiais de

interesse para estudos geológicos e do meio ambiente. A maioria dos métodos se concentram na determinação de elementos maiores, menores e traços usando AAS, ICP/AES e ICP/MS. Destacam-se as determinações multielementares de até 25 elementos (ICP/AES) ou mais elementos (ICP/MS) realizadas simultaneamente em uma única amostra e as análises químicas pontuais de materiais « in natura », através do sistema ICP/MS – ablação com laser. O LAGEQ utiliza também métodos clássicos como colorimetria, gravimetria e volumetria.

O Laboratório de Ecologia

Situa-se no módulo 10 e sala ASS 179/9 do ICC Sul da Universidade de Brasília totalizando uma área de aproximadamente 400 m^2 onde dispõe da seguinte infra-estrutura :

- Laboratório de microscópia dotado de lupas, microscópios ópticos comum e invertido ;
- Laboratório para análise de água com balanças analíticas, mufla de grande porte e sensores de bancada para determinação de variáveis da água como pH e condutividade elétrica.
- Barco par coletas de campo com motor de popa.

O laboratório de Limnologia desenvolve pesquisa com a Ecologia de comunidades aquáticas (plâncton, necton e bentos).

4.2.4 indicadores de desempenho

- Orientação de trabalhos de pós-graduação (mestrado e doutorado)
- Apresentação e participação em eventos
- Geração de artigos científicos em revistas especializadas (nacionais e internacionais)

4.2.5 Outras informações relevantes

1. Orientação de alunos (iniciação científica e mestrado)
2. Participação em eventos das áreas de pesquisa de geoquímica e ecologia aquática:
   - ✓ Congresso Brasileiro de Geoquimica- de dois em dois anos
   - ✓ Conferencia Internacional sobre os Metais Pesados- de dois em dois anos
   - ✓ Conferencia Internacional sobre o Mercúrio como poluente- de dois em dois anos
   - ✓ Congresso da Sociedade Brasileira de Limnologia- de dois em dois anos
   - ✓ Congresso da Sociedade Brasileira de Ficologia- de dois em dois anos
   - ✓ Congresso da Sociedade Internacional de Limnologia- de quatro a quatro anos
3. Confecção de um mapa temático da ocorrência, abundância dos táxons identificados no protocolo amostral.

4.3 UFF– UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

4.3.1 Organização e direção

Reitor : Cícero Mauro Fialho Rodrigues

Coordenador do Programa de Geoquímica Ambiental : Jorge João Abrão

4.3.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta

Nome	Entidade	Status	Especialidade	Dedicação
Marcelo C. BERNARDES	GEO/UFF	Professor (D)	Geoquímica da matéria orgânica	30%
Renato C. CORDEIRO	GEO/UFF	Professor (D)	Sedimentação	20%
Jorge João ABRÃO	GEO/UFF	Professor (D)	Geoquímica Analitica	10%
Luiz Drude de LACERDA	GEO/UFF	Professor Titular (D)	Ecologia	10%

4.3.3 Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis

Laboratórios

- LAB. 400- Sedimentologia
- LAB. 403- Geoguimica Analitica
- LAB. 404- Geoquimica da Materia Orgânica
- LAB. 405- Geoquimica
- LAB. 406- Biogeoquimica Marinha
- LAB. 407- Termodinâmica Aplicada
- LAB. 408- Biogeoquimica de Ambientes Tropicais
- LAB. 409- Biogeoquimica
- LAB. 414- Central Analitica
- LAB. 415- Estudos Paleoambientais
- LAB. 416- Central de Agua
- LAB. 417- Cartografia
- LAB. 418- Videomicroscopia
- LAB. 419- Microeletrônica
- LAB. A.1.- Espectrometria Gama
- LAB. 108- Espectrometria e Fluxo Continuo

Biblioteca Setorial de Geoquímica

Apoio de Campo

- 2 Kombis
- 1 JEEP SUZUKI
- 2 Barcos/motores
- Containers de campo c/kits de análises
- 1 (uma) plataforma para testemunhagem

- Testemunhadores
- Coletores diversos (água/sedimento)

Equipamentos Adquiridos (FNDCT/PADCT)

- 2 Cromatógrafo a gás, modelo GC-17 AA. Shimadzu Corporation, equipado com detector de chama ionizante (FID) e coluna capilar de silica DB-1 (J&W Scientific).
- 1 Cromatógrafo a gás, modelo 5890 HP equipado com detector de chama ionizante (FID) e coluna capilar de silica DB-1 (J&W Scientific).
- 1 Cromatógrafo iônico líquido, modelo LC-10AD Acessórios - Shimadzu Corporation
- 1 Cromatografo iônico liquido , BIOTRONIK
- Estação meteorologica automatica, mod. SH-12 & suas partes- Macro Computers
- Sistema para analises tipo FIAS 400- Acoplado a AAS. Mod. 3100
- Detector TEKRAN de mercurio c/bola e fluxo circulante mod. 7000-Spex, mod. 3.6 Prolabo e Sxwave 100 Prolabo
- Espectrofotômetro de Absorção Atômica , modelo Z 8200, marca Hitachi
- Analisador de carbono, hidrogênio e nitrogênio, Perkin Elmer
- Microscopio Fluorescente com analise de imagens,
- Espectrofotômetro infra-vermelho, mod. Spectrum 1000
- Sistema de espectrofotometria ultravioleta, mod. Lambda 12
- Detector de Germânio Hiperpuro de Eletrodo Reverso, Canberra
- Radiation Monitor (Radon Detector), New Option
- Sistema automatico para Analise FIA/SIA, Alitea USA, modelo FiaLab 3500
- Liofilizador, mod. LH 1500, Terran/Favel
- Sistema de Osmose Reversa
- Ultramicrobalança, mod. AD-4, Perkin Elmer
- Câmara Criogênica, CAEL

4.3.4 indicadores de desempenho

O Programa de Geoquímica Ambiental é responsável por dois cursos de Pos-Graduação: Mestrado e doutorado. Os cursos tem recebido o conceito da CAPES nível 5.
A produção científica da Geoquímica é regularmente posta em dia, pela Biblioteca Setorial da Geoquimica, e pode ser visitada através da sua home page (http://www.uff.br/geoqui/bibgeoq.htm).

4.3.5 Outras informações relevantes

O Programa de Pós-Graduação em Geoquímica Ambiental foi criado em 1972, tendo o doutorado sido implantado a partir de 1991. Atualmente, o curso recebe classificação A5 da Capes, sendo considerado um dos melhores do País. O curso conta com a participação de 21 docentes que atuam nas áreas de contaminação e gestão ambiental, ecologia aquática, oceanografia, biogeoquímica, mudanças globais, paleoclima e química analítica aplicada a questões ambientais. Os trabalhos de pesquisa abrangem ecossistemas lacustres (lagos e rios), marinhos (zona costeira, estuários e lagunas) e terrestres, como também águas subterrâneas. A integração entre uma estrutura curricular abrangente, uma multiplicidade de atuação do corpo

docente e uma infra-estrutura laboratorial adequada permite aos alunos uma formação multidisciplinar profundos e uma ampla capacidade crítica sobre as questões ambientais do País.
O Programa de Geoquímica Ambiental possui vários acordos internacionais, como com a França: CAPES/COFECUB, CNPq/CNRS e CNPq/IRD; com a Alemanha MCT/ZMT; e com os Estados Unidos: Programa de Geoquimica (UFF)/University of South Carolina e com o LBA. Estes acordos incrementam uma boa parte do desenvolvimento das pesquisas, ensino e orientação de alunos.

4.4 UFRJ– UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIO DE JANEIRO

4.4.1 Organização e direção

COPPE
Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica do Programa de Engenharia Oceânica /
Prof. Julio Cyrino, Coordenador do Programa
Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (DRHIMA) da Escola Politécnica
Prof. Hildebrando Góes Filho, Chefe do DRHIMA

Laboratório de Dinâmica de Sedimentos Coesivos (LDSC)
Profa. Susana Beatriz Vinzon, Responsável pelo LDSC

Area de Recursos Hídricos do Programa de Engenharia Civil
Prof. Carlos Magluta, Coordenador do Programa

4.4.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta

Nome	Entidade	Status	Especialidade	Dedicação
Susana Vinzon	LDSC	Professor	Transporte de Sedimentos	25%
Afonso M. Paiva	AECO/PENO	Professor	Modelagem Hidrodinâmica	15%
Rui Carlos Vieira da Silva	ARH/PEC	Professor	Transporte de Sedimentos	10%
Maximiliano Strasser	ARH/PEC	Doutorando	Transporte de Sedimentos	70%
Alfredo Trento	ARH/PEC	Doutorando	Floculação de Sedimentos	20%
Alfredo Ribeiro Neto	ARH/PEC	Doutorando	Modelagem Hidrológica	70%
Marcos Gallo	AECO/PENO	Mestrando	Modelagem Hidrodinâmica	70%
Felipe de Oliveira	LDSC	PIBIC	Modelagem Hidrodinâmica	100%

4.4.3 Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis

Sala de aula
Escritórios para pesquisadores e professores
Sala de trabalho para alunos
Laboratório de Ensino de Mecânica de Fluidos (mini - canal de fundo móvel)
Canal de ensaio (~20m de extensão, 1.2mx0.6m de seção transversal, vazão máxima 0,6 m^3/s)
Canal de ondas (~25m de extensão, batedor de ondas irregulares com controle de espectro)
Laboratório de experimentação

O LDSC possui uma área de aproximadamente 280 m^2, no Bloco I do Centro de Tecnologia. O andar térreo conta com sala de reuniões, e local de trabalho com computadores para alunos. No subsolo, há uma sala de trabalho e uma área de experimentação. A parte experimental encontra-se em implantação e conta no momento com disponibilidade de sistema de filtragem de amostras, análises granulométricas por peneiramento, balança analítica e de precisão, destilador, forno, geladeira e freezer, vidraria. Outros equipamentos disponíveis: conductivimetro, floculadores tipo disco e couette, microscópio, termômetros, nível de precisão e mira, medidor de oxigênio dissolvido, GPS, laptops para trabalhos de campo, colunas de sedimentação.

4.4.4 indicadores de desempenho

- Trabalhos de iniciação científica apresentados nas Jornadas anuais
- Teses de mestrado e doutorado defendidas
- Participação em workshops e reuniões científicas
- Publicações em revistas especializadas

4.4.5 Outras informações relevantes

Um projeto CT-Hidro/Finep (2002/2003), tem permitido o financiamento da mobilização da equipe e fornecido infraestrutura para o desenvolvimento dos trabalhos realizados até o momento. Duas teses de mestrado foram defendidas em 2002 e foram publicados 6 artigos em congressos/jornadas nacionais, um em congresso internacional, um artigo foi submetido a revista indexada de circulação internacional e dois artigos encontram-se em preparação. Seria altamente recomendável que as equipes brasileiras disponham de linhas de financiamento (por exemplo através de fundos setoriais) para garantir uma parceria científica equilibrada.

EQUIPES E PESQUISADORES ASSOCIADOS:

4.5 ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - EPUSP

4.5.1 Organização e direção

Reitor
Prof. Dr. Adolfo José Melfi

Escola Politécnica
Prof. Dr. Vahan Agopyan (Diretor)

Departamento de Engenharia de Transportes
Prof. Dr. Orlando Strambi (Chefe)

4.5.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta

Nome	Entidade	Status	Especialidade	Dedicação
Denizar Blitzkow	EPUSP-PTR	Prof. Titular	Geodésia física e geométrica e Posicionamento por Satélite	
Edvaldo Simões F. Junior	EPUSP-PTR	Prof. Doutor	Topografia e Posicionamento por Satélite	
Jorge Pimentel Cintra	EPUSP-PTR	Prof. Livre Docente	Cartografia e Modelo Digital do Terreno	
Nicola Paciléo Netto	EPUSP-PTR	Prof. Livre Docente	Ajustamento de Observações	
Ilce de Oliveira Campos	EPUSP	Doutorando	Geodésia física e geométrica e Posicionamento por Satélite	

4.5.3 Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis

Laboratório de Topografia e Geodésia – LTG

O **LTG** possui conjunto de equipamentos de topografia e de geodésia espacial que atende ao ensino de graduação, de pós-graduação e às atividades de pesquisa e prestação de serviço à comunidade. Neste sentido, existem no LTG estações totais, teodolitos eletrônicos.
Além disso, existem vários receptores GPS para posicionamento por satélite, tanto com precisão de poucos metros como com precisão de centímetro. Um nível eletrônico com mira de invar bem como distanciômetros eletrônicos de alta precisão atendem aos trabalhos de pesquisa na área de engenharia, locação e controle.
O LTG ainda está envolvido com o estabelecimento de redes geodésicas para fins de referência cadastral. Finalmente, o laboratório realiza a determinação de modelos das alturas geoidais para o Brasil e para a América do Sul.

4.5.4 Indicadores de desempenho

- Trabalhos de iniciação científica
- Teses de mestrado e doutorado defendidas
- Participação em workshops e reuniões científicas
- Publicações em revistas nacionais e internacionais especializadas

4.5.5 Outras informações relevantes

Existe um projeto do LTG com o IRD através do acordo CAPES/COFECUB, para o desenvolvimento de trabalhos na Amazônia com duração até 2004. Neste sentido, conseguiu-se estabelecer uma referência altimétrica em 28 estações limnimétricas ao longo dos rios Amazonas, Solimões e Madeira.

Convênios e acordos de cooperação com as seguintes instituições:
Universidade de Leeds – Inglaterra;
Universidade de Calgary - Canadá
Instituto Geográfico Militar – Argentina;
Instituto Geográfico Militar – Chile;
Instituto Geográfico Militar – Equador;
Direção do Serviço Geográfico Militar – Paraguai.
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

Através do **convênio com o IBGE** são realizados os trabalhos de observações de campo. O IBGE disponibiliza o pessoal técnico que participa do levantamento dos dados, tanto para a parte de observações GPS quanto para os nivelamentos e para os levantamentos gravimétricos.

4.6 IEPA– INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ

4.6.1 Organização e direção

Diretor Presidente:
Admilson Moreira Torres

Centro de Pesquisas Aquáticas-CPAQ:
Wagner José Pinheiro Costa, Chefe do CPAQ
Marcio Sousa da Silva, Chefe da Divisão de Dinâmica de Ecossistemas Aquáticos
Luis Roberto Takiyama, Coordenador do GERCO/AP

4.6.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta

Nome	Entidade	Status	Especialidade	Dedicação
Luis Roberto Takiyama	IEPA/GERCO	Pesquisador III	Geoquímica de águas	10%
Wagner José Pinheiro	IEPA/CPAQ	Pesquisador II	Geoquímica águas	

Costa			e sedimentos	10%
Marcio Sousa da Silva	IEPA/DDEA	Pesquisador II	Hidro e morfo dinâmica	
Odete F. Machado da Silveira	IEPA/ DDEA	Pesquisador III	Morfodinâmica e análise de sensores remotos	10%
Admilson Moreira Torres	IEPA	Pesquisador III	Sedimentologia	10%

4.6.3 -Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis

- ✓ Laboratório de Geoquímica de Águas e Sedimentos
- ✓ Laboratório de Geoprocessamento
- ✓ Laboratório de Análises Químicas
- ✓ Salas de Pesquisadores ;
- ✓ Alojamentos (04 quartos com capacidade para 4 pessoas cada)

Equipamentos :

- ✓ Ecobatímetro RAYTHEON 719DE ;
- ✓ HORIBA W23-sonda de qualidade de água para 13 parâmetros ;
- ✓ Estufas ;
- ✓ Microondas para digestão de amostras ;
- ✓ Peneirador
- ✓ Bacia de Ultrassom ;
- ✓ Freezer ;
- ✓ Chapas aquecedoras
- ✓ Sensor de nível d'água OTT modelo ORPHIMEDES ;
- ✓ PHmeter ;
- ✓ Espectômetro de Absorção Atômica Varian com forno de grafite e analisador de mercúrio ;
- ✓ Colorímetro HACH modelo DR890 ;
- ✓ Kit de purificação de água Milli-Q ;
- ✓ Refratômetro manual para medição de salinidade ;
- ✓ Trado para amostragem de sedimentos ;
- ✓ Mesa digitalizadora ;
- ✓ Plotter HP 800PS ;
- ✓ Voadeiras ;
- ✓ Motor de popa ;
- ✓ Draga Van-Vem para coleta de sedimentos ;
- ✓ Gerador de energia elétrica ;
- ✓ Molinete para medição de velocidade do fluxo de água;
- ✓ Destilador ;
- ✓ Sistema de filtragem de amostras ;
- ✓ Bomba de vácuo ;
- ✓ Laptops ;
- ✓ Filmadora VHS ;
- ✓ Filmadora digital ;
- ✓ Máquinas fotográficas digitais ;

4.6.4- Indicadores de desempenho

- ✓ Produção técnica-científica;
- ✓ Participação em eventos;
- ✓ Projetos cooperativos;
- ✓ Implementação do Programa de Bolsas de Iniciação Científica em sua primeira versão, com cota institucional inicial de 10 bolsas (muito aquém de nossa demanda).

4.6.5 - Outras informações relevantes

A pesquisa dos ecossistemas aquáticos em desenvolvimento no IEPA teve um impulso significativo a partir da realização de Concurso Público em nível nacional que permitiu ao Estado do Amapá reunir pesquisadores de diversas áreas e integrá-los de acordo com as necessidades de oferecer alternativas para a gestão dos recursos aquáticos.
Cooperações nacionais e internacionais vêm sendo desenvolvidas desde então, fortalecidas pelo ECOLAB que reúne pesquisadores do Platô das Guianas já há mais de uma década. Vários cursos de capacitação e a implementação de ferramentas importantes como a tecnologia aerotransportada da videografia e o estabelecimento de Estação Virtual para o recebimento e validação de dados do satélite oceanográfico NOAA são iniciativas importantes diante das necessidades da pesquisa básica e aplicada no Amapá, bem como o trabalho conjunto com a University of Kansas desenvolvido através do CNPq. O MCT, através do PMCTRH e CPTEC/INPE está apoiando a criação de uma unidade de Clima, Meteorologia e Recursos Hídricos ligado ao Centro de Pesquisas Aquáticas/IEPA, através de treinamentos e disponibilização de equipamentos (pcd's, servidor e microcomputadores), a primeira no Estado do Amapá, melhorando desta forma a confiabilidade das informações hidrometereológicas da Região Norte. O IEPA é uma instituição jovem que ainda busca a melhoria de seu corpo técnico de pesquisa e com inúmeros desafios a enfrentar. A possibilidade de interagir com outras instituições de maior porte e tradição de pesquisa, através de mecanismos claros será, sem dúvida, de grande importância no crescimento institucional.

4.7 IBAMA– INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS

4.7.1 Organização e direção

Presidente:
Marcus Luiz Barroso Barros

Centro de Sensoriamento Remoto:
Lindalva Ferreira Cavalcanti – Chefe
Débora Campos Jansen – Chefe-substituta

4.7.2 Lista de pesquisadores e sua relação de participação e inserção dentro da proposta

Nome	Entidade	Status	Linha de atuação	% HIBAM
Maria Salete Alves	CSR/IBAMA	Analista Ambiental:	Sensoriamento	10%

		Geógrafa, MSc.	Remoto e SIG	
Débora Campos Jansen	CSR/IBAMA	Analista Ambiental: Geógrafo – Especialista em Sensoriamento Remoto voltado à Análise Ambiental.	Sensoriamento Remoto e SIG	10%
Lindalva Ferreira Cavalcanti	CSR/IBAMA	Analista Ambiental: Engenheira Florestal, MSc.	Sensoriamento Remoto e SIG	10%

4.7.3 Infra-estrutura própria e recursos externos disponíveis

- Local em Brasília (Centro de Sensoriamento Remoto/IBAMA)
- Computadores Pentium III e IV, sendo que a velocidade do processador varia de 450MHz a 1.2 GHz. HD de no mínimo 20 GB;
- Software de processamento de imagens: ERDAS versão 8.5, ENVI versão 3.6 e SPRING versão 3.6.03;
- Aparelhos de GPS;
- Software de Sistemas de Informação Geográfica: ArcInfo, ArcView versão 3.1, 3.2, 3.2a e 3.3, Spring versão 3.6.03, ArcGIS versão 8.1.2;
- Base de dados cartográficos e temáticos da região da Várzea Amazônica na escala 1:250.000, em formato vetorial;
- Base de dados cartográficos na escala 1:100.000, georreferenciados, em formato raster, com abrangência nos municípios de Parintins/AM e Santarém/PA;
- Imagens Landsat 7 da área de estudo, órbita/ponto: 228/61 e 228/62, ambas de 08/07/2002, georreferenciadas com base nas cartas topográficas 1:100.000.

4.7.4 Outras informações relevantes

O Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Norte - CEPNOR do Ibama, tem um navio de 26 metros, com capacidade para 15 pessoas (07 tripulantes e 08 pesquisadores). Esse navio pode ser utilizados a fim de pesquisas, tem, inclusive ar condicionado. A equipe do projeto poderá usar o navio do CEPNOR. Para tanto, é necessário que seja enviado, com antecedência, ao CEPNOR um cronograma detalhado, com os locais pré estabelecidos, para que seja feito o plano de cruzeiro. As despesas correrão por conta do IRD e/ou da ANA.

5 – PLANO DE TRABALHO

5.1 OBJETIVOS

O principal objetivo deste projeto de pesquisa é o de estudar os processos de transferência, transformação e acumulação de matéria no âmbito da Bacia Amazônica com especial interesse nas planícies de inundação e na região estuarina, buscando responder às seguintes perguntas científicas:

1. *Qual é a dinâmica dos processos de erosão, alteração, transporte, sedimentação e exportação de elementos dissolvidos e da matéria particulada (carbono e metais traço) na Bacia Amazônica?*

2. *Qual é o papel das zonas de enchente (várzeas) nos balanços hídrico e sedimentológico, assim como nos processos de transferência e de especiação dos elementos associados às partículas finas do Rio Amazonas e seus principais tributários?*

3. *Quais são os impactos da variabilidade climática e da pressão antrópica nessas transferências (sobre a erosão, o transporte, as especiação e deposição)?*

4. *Qual é o papel da dinâmica estuarina no aporte de matéria ao oceano?*

.

5.2 METAS

Para alcançarmos os objetivos propostos, três eixos de pesquisas concentrarão nossos esforços:

5.2.1. Modelagem das transferências de matéria através dos rios amazônicos (Amazonas, Solimões, Negro e Madeira)

- Realizar uma modelagem hidrológica (chuva/vazão) sobre os principais afluentes do Amazonas
- Realizar uma modelagem hidrodinâmica do Rio Amazonas, e seus afluentes tomando em conta as zonas de enchente
- Acoplar a esse modelo os processos de transporte e deposição de sedimentos em suspensão dos Rios Solimões, Amazonas, e Madeira
- Realizar uma modelagem hidrodinâmica visando auxiliar o estudo da resistência das dunas ao escoamento
- Comparar os resultados das simulações numéricas com as estimativas de balanço realizadas a partir das observações *in situ*, das redes de referência HIBAM e da ANA, para uma melhor compreensão dos processos implicados nos balanços e para propor cenários alternativos
- Identificar as estructuras atmosféricas que generam vazões estremas e sus relações com as bacias do Pacifico e do Atlantico
- Identificar, para diferentes escalas de tempo, desde a escala sazonal até a escala decadal e pluri-decadal, as eventuais relações entre temperaturas de superficie dos Océanos Pacifico

e Atlantico e as vazões nas diferentes sub-bacias. O objetivo é desenvolver modelos de previsão sazonal e a largo prazo das vazões

- Desenvolver técnicas da hidrologia espacial através da altimetria radar no acompanhamento do estudo da dinâmica hidrológica dos rios e da modelagem
- Comparar as diferentes métodos de altimetria, nivelamento direito GPS diferencial e altimetria radar, para otimizar o referenciamento do zero das réguas da ANA na Bacia Amazônica
- Propor scenarios das repostas da bacia Amazônica, em termos de vazão liquido, transporte de sedimentos e dos elementos associados, como o carbono e os metais pesados, à cambios climaticos ou a algumas ações antropogénicas
- Quantificar a capacidade de transporte ou sedimentação medindo os paràmetros de forma dos principais tributarios do Amazonas, como determinando a variação spatio-temporal da extensão das zonas alagadas.
- Definir o papel das formas de fundo na resistência ao escoamento e no transporte de sedimentos.

5.2.2. Estudo do papel das várzeas nas transferências e na acumulação de sedimentos, da matéria orgânica, dos nutrientes e dos outros elementos químicos

- Estimar a extensão total e a distribuição das áreas alagadas ao longo dos Rios Solimões, Madeira, Negro e Amazonas
- Estimar os volumes de água e sedimentos que transitam nessas várzeas à escala do ano hidrológico
- Estimar o tempo de residência médio dos sedimentos que transitam nas várzeas
- Estimar as taxas de deposição dos sedimentos na época atual (escala de centenas de anos)
- Estudar a histórica de deposição da matéria orgânica e dos metais pesados nos lagos de várzeas e relacionar a com as possíveis origens
- Estudar o ciclo dos elementos químicos tais como os maiores, os nutrientes, os elementos de transição, o carbono e nitrogênio. De fato, as reações químicas dos ciclos geoquímicos devem ser particularmente ativas nessas regiões onde a biomassa se desenvolve e se degrada a cada ciclo hidrológico segundo o fluxo das inundações
- Estabelecer um balanço dos fluxos de entrada e saída em uma região de inundação do leito maior: fluxo líquido, fluxo de sedimentos em suspensão, fluxo de matérias dissolvidas
- Caracterizar a matéria orgânica transportada, produzida e depositada nas várzeas a partir de analises de traçadores específicos (C/N, ^{13}C, ^{15}N, lignina) das fontes de material orgânico (vegetal de origem terrigena e aquática)
- Utilizar o carbono grafitico e as partículas de carvão como traçadores de eventos climáticos e de atividades antrópicas
- Avaliar a importância das macrófitas na qualidade da matéria orgânica produzida, exportada e acumulada nas várzeas e suas variações durante um ciclo hidrológico
- Inventariar a ficoflórula de alguns lagos de várzea e averiguar os atributos da comunidade fitoplanctônica com base na densidade, biomassa, diversidade, estrutura de tamanho e dominância das espécies que estão associadas a determinadas variáveis climáticas, físicas e químicas da água dos diferentes lagos marginais. A influência de alternância das estações chuvosa e de estiagem sobre o fitoplâncton do sistema será também investigada
- Utilizar imagens de sensoriamento remoto de alta e/ou média resolução para o mapeamento da ocupação do solo e da dinâmica da cobertura vegetal e para o

desenvolvimento de base cartográfica vetorial na escala 1:100.000 nas várzeas de Santarém/PA e Parintins/AM

- Coletar e sistematizar, dentro de um SIG, dados e informações sobre o uso dos recursos sócio-ambientais da várzea, dando ênfase às duas áreas piloto do Projeto ProVárzea (municípios de Santarém/PA e Parintins/AM). Esses dados e informações incluem, entre outros, cobertura vegetal, produção pesqueira, nível de exploração das principais espécies de peixes comerciais, desmatamento, criação de gado, etc...

5.2.3. Estudo da influência da dinâmica estuarina nos aportes de sólidos ao Oceano Atlântico

- Estimar a variabilidade granulométrica dos materiais em suspensão na coluna de água entre Obidos e a foz
- Estudar os processos de floculação em ambientes fluviais e estuarinos
- Fechar o balanço dos fluxos de sedimentos e estabelecer a quantidade de sedimentos que são exportados ao Oceano
- Realizar o levantamento altimétrico das estações de medição de propagação da maré
- Desenvolver um modelo numérico hidrodinâmico a ser configurado desde Óbidos até a plataforma continental, que tentará explicar a complexidade do comportamento da propagação da maré visando o estudo de diferentes cenários relativos ao transporte de sedimentos
- Determinar a descarga líquida e sólida, marés e correntes na região dos canais Norte e Sul do rio Amazonas
- Estudar o comportamento da salinidade/condutividade nos canais do Norte e Sul do rio Amazonas
- Espacialização da cunha salina no rio Amazonas e seus principais afluentes
- Determinar a produtividade primária, plânctons e bentos na área de mistura das águas do rio Amazonas (canais do Norte e Sul) com as águas do Oceano Atlântico;
- Determinação de parâmetros físico-químicos (temperatura, SS, CE, TDS, OD, pH, turbidez, nitrato, amônia, fosfato, cloreto, sólidos totais) desde Manaus até a foz do rio Amazonas (canais do Norte e Sul)
- Determinação de Metais Pesados (Mn, Zn, W, Pb, Cd, Hg, Ni) e Metalóides (As) na biota, nas águas e nos sedimentos desde Manaus até a foz do rio Amazonas (canais do Norte e Sul)
- Estudar o comportamento do mercúrio e dos processos de especiação associados na zona estuarina
- Estudar o comportamento da matéria orgânica dissolvida/particulada no sistema estuarino, com enfoque nos processos de adsorsão sobre partículas minerais.

5.4 METODOLOGIAS

5.4.1 Modelagem das transferências de matéria através dos rios amazônicos

- Aportes da hidrologia espacial através da altimetria radar no acompanhamento da dinâmica hidrológica dos rios - ANA, USP, LMTG, LEGOS, CESBIO.

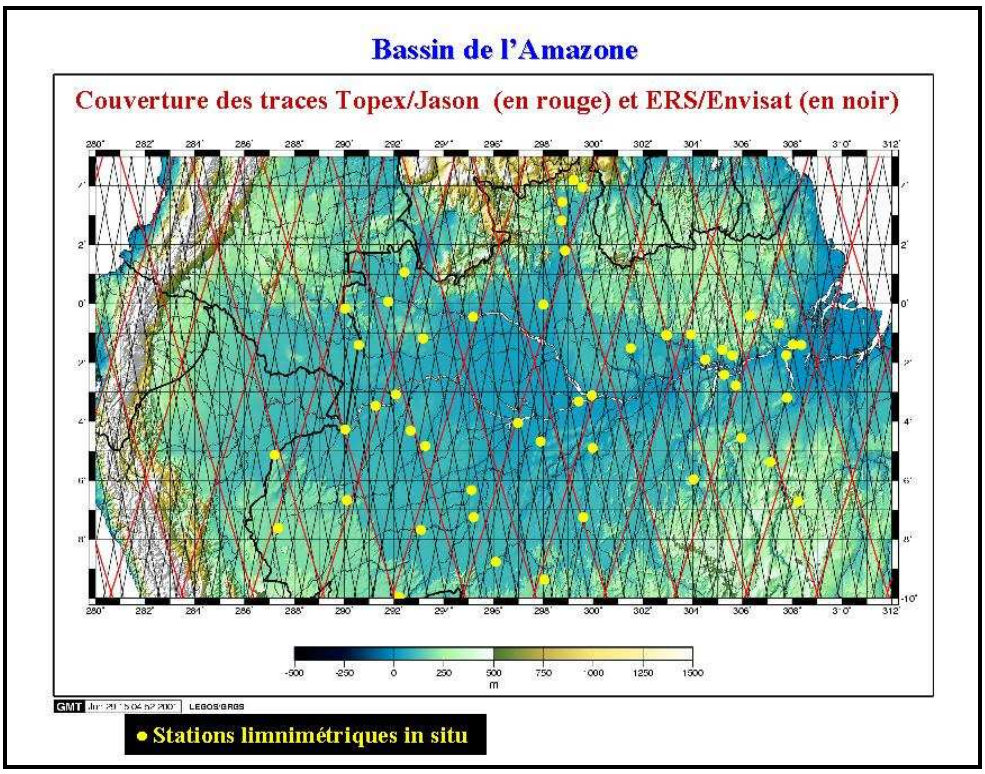
O recente avanço obtido na aquisição e no tratamento dos dados espaciais possibilita a realização de um grande numero de medidas necessárias para a quantificação da capacidade de transporte ou sedimentação dos rios utilizando os dados de diversos satélites e outras medidas complementares.

A originalidade da metodologia aqui proposta consiste na calibração das medidas espaciais globais complementadas por medidas in situ. Os três principais pontos desta metodologia são:

1. aumento dos pontos de medida das séries temporais de altura d´água niveladas entre elas.
2. A obtenção de medidas das características geométricas dos rios (declividade, largura, profundidade, sinuosidade, superfície das áreas erodidas e áreas de sedimentação).
3. A caracterização espacial e temporal da extensão das áreas inundadas.

1. O aumento dos pontos de medida das séries temporais de altura d´água:

Para realizar este aumento da densidade dos pontos, nós propomos a utilização da altimetria radar. A cobertura global obtida pelos satélites permite atualmente multiplicar os pontos de medida a cada intersecção do rio com os traços no solo, alem da diversidade de satélites (Topex/Poseidon, Jason 1, ERS2 e ENVISAT) em operação utilizando diferentes órbitas. Por exemplo, o satélite Topex permite a definição de em média 250 “estações virtuais”, ou seja isto representa o dobro dos pontos de medidas sobre a Bacia inteira. Entretanto, é importante salientar que as séries temporais tem uma amostragem temporal muito fraca (Figura seguinte) e devem ser complementadas pela rede limnimétrica que proporciona o acesso as mais altas freqüências.



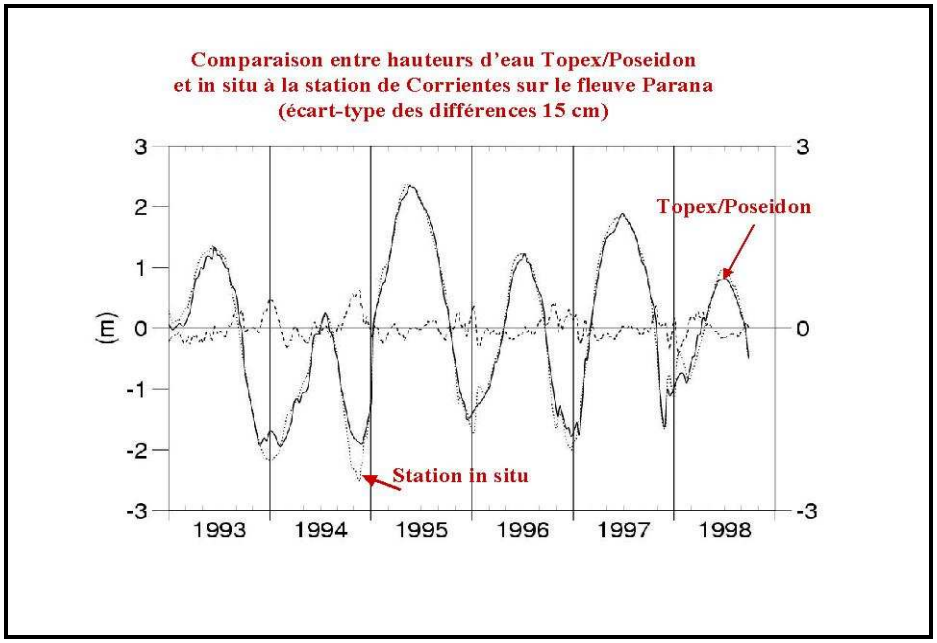
A altimetria de satélite foi concebida e desenvolvida no começo dos anos 70 para possibilitar o estudo da variação espaço-temporal do nível dos oceanos. Atualmente, os radares altimétricos medem com grande precisão (de alguns centímetros) a altura instantânea das superfícies oceânicas. Esta grande precisão, associada com a repetição regular das medidas e a

uma cobertura global, possibilitou a obtenção de resultados revolucionários sobre a dinâmica dos oceanos e a evolução do nível médio dos mares.

	Começo da campanha	Final da campanha	Intervalo de medida	Distancias entre os traços no equador
TOPEX/POSEIDON	Agosto 1992		10 dias	315 km
JASON	Dezembro 2001		10 dias	315 km
ERS-1	Julho 1991	Junho1996	35 dias	80 km
ERS-2	Abril 1995		35 dias	80 km
ENVISAT	Março 2002		35 dias	80 km

Tabela 1: Características das campanhas de altimetria por satélite.

A pesar de ainda não estarem completamente adaptadas para o estudo das superfícies continentais, as campanhas altimétricas (Tabela 1) tem demonstrado serem úteis para medir os níveis das águas superficiais (lagos, mares e rios) em meio continental (Birkett, 1995, 1998).
O aumento de estudos nesta área permitiu a construção de séries temporais (~10 anos) dos níveis das águas de diferentes grandes rios do mundo como o Amazonas (Birkett, 1998 ; de Oliveira Campos et al., 2001 ; Kosuth et al., 2003), o Paraná e o Paraguai (Birkett, 1998, Maheu et al., 2003), o na Sibéria (Samain et al., 2003), o Gange e o Mékong (Dominh et al., 2003) à partir de dados Topex/Poseidon.
Nos raros casos onde a intersecção da trajetória do Topex/Poseidon com o rio é situada próxima a uma estação limnimétrica in situ, é possível comparar as medidas de nível d´água originárias da altimetria com as mediadas in situ. Sobre uma série de diversos anos o desvio padrão entre estas duas medidas é em torno de 20 cm.



Exemplo da comparação entre as medidas in situ e as medidas de altimetria por satélite no Rio Paraná

2. A obtenção de medidas das características geométricas dos rios (declividade, largura, profundidade, sinuosidade, superfície das áreas erodidas e áreas de sedimentação).

As características hidrodinâmica de um rio que permitem de estimar as vazões a partir da altura da água e em ausência de medidas diretas e de curvas de padronização foram conjugadas empiricamente por Dingman et Sharma (1997) :

$$Q = 4.62\ W^{1.17}\ Y^{1.57}\ S^{0.34} \text{ (unidades SI)}$$

Onde W e Y são respectivamente a largura e a profundidade do leito do rio e S é a declividade hidráulica (Bjerklie *et al*., 2003). Estas três variáveis serão estimadas para o conjunto das técnicas espaciais e calibradas pelas campanhas de campo.
As declividades instantâneas dos rios serão determinadas por perfis GPS centralizados pelos segmentos dos rios ligando as estações limnimétricas às "estações virtuais" altimétricas. Sabendo-se que os dados altimétricos são distribuídos em um referencial geodésico global, será possível recalcular a partir desta calibração inicial, as variações temporais da declividade do rio a partir das variações temporais das alturas da água na estação limnimétrica e aquelas da "estação virtual" altimétrica.

A largura do leito será determinada após analises de imagens radar e óticas. Um estudo preliminar realizado no LMTG (Laporte, 2003) sobre a medição da largura dos rios de mais de 100 m de largo na bacia Amazônica, a partir de imagens JERS mostrou que não tem diferenças significativas entre as larguras calculadas e medidas. Esse tipo de estudo será estendido a todos as sub-bacias estudadas no âmbito desse projeto.
Profundidades instantâneas (obtidas a partir dos perfis ADCP) assim como as seções dos rios nas estações limnimétricas estão já disponíveis no banco de dados HIBAM. Esse banco de dados será completado pelos perfis ADCP e de ecobatimetria medidos durante as campanhas de campo nas novas "estações virtuais" altimétricas.
A sinuosidade também será calculada. A medição da sinuosidade depende da resolução das mapas a partir das quais os comprimentos são calculados. Para definir sinuosidades coerentes sobre a bacia toda, se precisa de imagens com uma resolução homogênea. Estos cálculos serão realizados a partir da rede hidrográfica extraído da mosaica de imagens JERS.

3. Caracterizações espacial e temporal da extensão das zonas alagadas

A variação espacial e temporal da extensão das zonas alagadas será estudada a partir de imagens de satélite de varias resoluções espaciais e temporais. O calculo das profundidades obtidas a partir dos dados de altimetria combinado com a estimação das superfícies por sensoriamento remoto, permitirá forçar os volumes de águas potencialmente armazenadas no modelo hidrodinâmico das várzeas.

<u>Os dados radar</u>: tem a vantagem de ficar insensíveis às nuvens e penetram numa certa profundidade na vegetação. Observadas fora do nadir, as superfícies alagadas são caracterizadas por um baixo coeficiente de retrodifusão. Na presença da vegetação, ecos não especulares (difusões múltiplas) aumentam a retrodifusão em função do tipo da vegetação e da sua biomassa. A retrodifusão radar e sua variabilidade temporal durante um ciclo hidrológico permitiram dar informações sobre os tipos de vegetação e a duração das inundações, usando a banda C, sensível a vegetação baixa (< 50 toneladas/ha), é/ou a banda L sensível a vegetação mais densa (floresta).

<u>Os dados óticos :</u> os dados NOAA/AVHRR de 1982 até 2002 serão usados para monitorar as zonas inundadas e a suas variações temporais numa escala temporal maior. O objetivo e de estudar as anomalias causadas pelos câmbios climáticos (tipo ENSO).

Os dados microondas: os dados radar passivos SMMR é SSM/I são disponíveis desde 1979 é serão usados também para determinar a extensão das zonas inundadas nos períodos de forte cobertura nublosa em complemento dos dados NOAA/AVHRR.

- Modelagem hidrológica (chuva/vazão), hidrodinâmica (líquida e sólida) e da produção de sedimentos - ANA, LMTG, IMFT, UFRJ, IEPA.

Conhecendo, a partir dos dados da rede das estações de referencia do projeto HIBAM, os aportes líquidos e sólidos aos formadores do Rio Amazonas, o objetivo da modelagem é obter os valores certos de fluxos na saída do sistema.
O desenvolvimento do modelo de transporte sedimentar será baseado sobre :

1. Um modelo hidrodinâmico adequadamente calibrado e validado
2. Uma « lei de capacidade de transporte », que corresponde ao caso teórico de um transporte ao equilíbrio, sem deposição nem erosão
3. Uma « lei de carregamento » que traduz a evolução das diferenças entre a vazão observada e a vazão ao equilíbrio na qual a calibração de um parâmetro permitirá modelizar a erosão ou a deposição

Estes modelos precisam de condições de contorno para a hidrodinâmica assim como para os fluxos de sedimentos a montante.
Sobre a base de um modelo hidrodinâmico calibrado, seria possível desenvolver varias modelagens do transporte sólido em função das leis de transporte e de carregamento selecionadas.
O modelo hidrosedimentologico tentará representar as zonas de enchente por uma banda única ao inicio, e nas etapas seguintes de forma mais complexa para validar o modelo com os valores de fluxos liquido e solido calculados a partir da rede de observação da ANA e do projeto HIBAM.

No trecho fluvial será também realizada uma modelagem hidrodinâmica visando auxiliar o estudo da resistência das dunas ao escoamento (Strasser *et al.* 2002, Strasser *et al.* 2003). Os dados utilizados já estão disponíveis, e consistem basicamente em níveis d'água, referenciados altimétricamente, vazões e distribuição de vazões nas seções transversais, perfis longitudinais de registro de dunas e batimetrias. Esta modelagem visa quantificar o efeito do aumento da rugosidade relativa devido às variações no nível d'água, sobre a hidrodinâmica (Neto, 2000, Vinzon, *et al.*, 2002). O modelo utilizado será do tipo bidimensional, configurando uma aplicação inédita para este curso d'água.

O desenvolvimento desses modelos e suas calibrações e validações serão realizadas a partir de 3 tipos de dados:

1. Dados de medições nas estações de referencia da ANA e do projeto HIBAM. São dados diários de cotas de água e decenais de MES (materiais em suspensão)
2. Dados pontuais de medições de vazão, de MES (discretizadas sobre 3 até 5 verticais em função das estações de medição), das seções batimétricas, etc.... Coletados durante as campanhas de medições HIBAM (3 por ano em media)
3. Dados de altimetria: dados hidrométricos das estações da ANA localizadas na Bacia Amazônica, num mesmo referencial altimétrico, ou seja, a origem das réguas (zeros) das estações de medidas em um referencial único.

Através da utilização do sistema GPS é possível determinar coordenadas geodésicas de pontos sobre a superfície da Terra com precisão da ordem do centímetro. Isto pode ser conduzido no modo estático e no modo cinemático, porém, em todos os casos, na aplicação do método diferencial. Para isso é necessário dispor de uma rede de pontos de referência cujas coordenadas tenham sido previamente determinadas com uma precisão compatível. No caso da Amazônia, existe uma estação GPS fixa em Manaus, a qual faz parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do sistema GPS (RBMC). Além disso, foram estabelecidas ao longo dos últimos anos estações GPS em diversos locais, tais como: pistas de pouso, pequenas vilas e cidades, comunidades indígenas, etc em apoio a projetos diversos. Este pontos são sempre materializados por um marco de concreto.
A partir das observações GPS são obtidas as coordenadas geodésicas (Φ, λ, h) referidas ao sistema WGS-84, compatível com as efemérides dos satélites. A coordenada h, denominada altitude geométrica ou elipsoidal, pode ser transformada em altitude ortométrica através da subtração da altura geoidal, separação entre o elipsóide de referência e o geóide.
Visando esta aplicação do sistema GPS, um esforço tem sido dirigido de uma maneira constante nos últimos anos visando a melhoria das alturas geoidais na região Amazônica.
Os modelos do geopotencial ganharam um grande desenvolvimento na era espacial. O mais recente foi desenvolvido no âmbito de cooperação do NIMA/NASA-GSFC é conhecido pela sigla EGM96 (Earth Gravity Model 1996) e compreende coeficientes até grau e ordem 360. A associação de um modelo do geopotencial com dados gravimétricos de superfície permite obter as alturas geoidais através da conhecida integral de Stokes. A partir daí a equação (1) permite obter a altitude ortométrica.

5.4.2 Estudo do papel das várzeas nas transferências de sedimentos e de elementos químicos

O estudo do papel das várzeas na dinâmica hidrológica, sedimentar e biogeoquímica passa, em uma etapa inicial, por um conhecimento aprofundado do funcionamento de uma **várzea piloto**. Numa segunda etapa, uma **transferência de escala** será realizada tentando extrapolar os principais resultados as outras zonas alagadas dos rios Solimões, Madeira e Amazonas. E em uma segunda fase do projeto, a busca de várzeas representativas dos principais afluentes (Negro, Solimões e Madeira) será feita.
Para responder aos objetivos específicos, a várzea “piloto” estudada em detalhes será a várzea do Lago Grande de Curuai. Esta várzea é localizada próxima a cidade de Óbidos na margem direita do Rio Amazonas. A superfície inundada dessa várzea, localizada entre 56,1°W-55,0°W e 1,9 °S-2,3°S, varia entre 700 km² e 2300 km² (Martinez *et al.*, 2003).

A metodologia desenvolvida sobre esta zona piloto pode-se resumir em 3 pontos:
1. Seguimento de uma rede de monitoramento hidrológico, sedimentológico e geoquímico, instalada em 1999 no âmbito do projeto HIBAM
2. Realização de campanhas pontuais de medições em varias épocas hidrológicas
3. Desenvolvimento de um modelo hidrosedimentologico acoplado com um modelo biogeoquímico

A cada ano, 3 campanhas de medições e amostragens de águas e sedimentos serão organizadas nessa zona. Medições de vazão de entrada e saída das águas do rio Amazonas e análises geoquímicas das águas dos lagos são realizadas nos pontos de amostragem (figura seguinte) cujos alguns não estão sempre acessíveis (na época seca).
A hidrologia dessa várzea está controlada desde 1999 por três réguas e é complementada pela régua de Obidos. A dinâmica sedimentar dessa área está controlada por uma rede de

amostragem decenal em 11 estações de referência distribuídas nos lagos e nos igarapés principais.
Um modelo hidrológico também esta em desenvolvimento e em fase de calibração (Kosuth, 2002). Alguns fluxos não podem ser medidos diretamente, como a evapotranspiração, o escoamento das sub-bacias de terra firme, a inundação das margens, o projeto prevê alem dos métodos apresentados, completar por métodos indiretos de geoquímica isotópica, como por exemplo o estudo dos isótopos estáveis da água. Estos estudos já foram iniciados em 2002 em colaboração com pesquisadores do CENA, Piracicaba (Maurice-Bourgoin *et al.*, 2003).

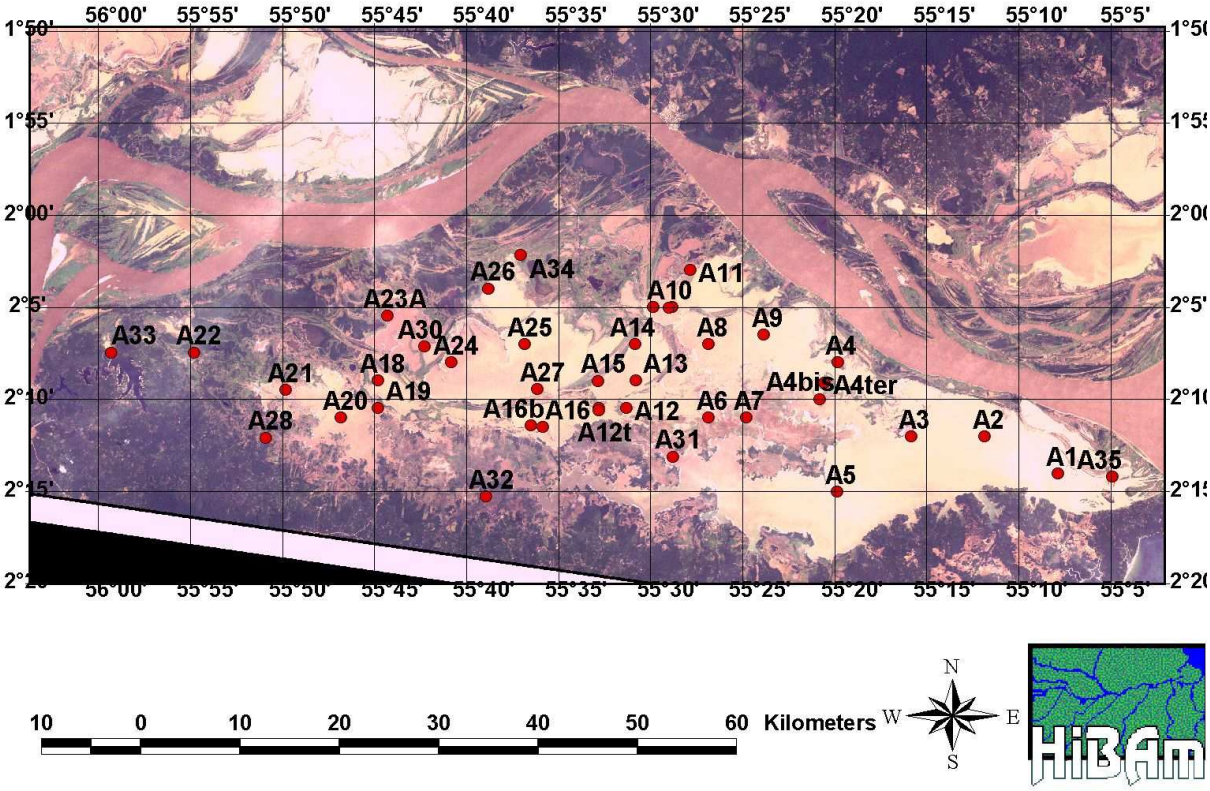


Figure 5.4.2: Várzea do Lago Grande de Curuai : localização dos pontos de amostragem.

- Quantificação e compreensão dos processos de armazenamento sedimentar nas várzeas - UFF, UnB, LMTG

A quantificação e compreensão dos processos de sedimentação recente (centenas de anos) nos lagos de várzea será baseado no estudo de testemunhos curto realizados manualmente durante a época de estiagem e a utilização de armadilhas de sedimentos durante um ciclo hidrológico completo. Este estudo envolve a caracterização sedimentológica e mineralógica, a caracterização e quantificação da matéria orgânica, a geocronologia do processo sedimentar e as determinações das taxas de sedimentação da matéria orgânica e inorgânica da coluna de água para a interface água-sedimento, e a histórica de deposição de metais pesados nos lagos de várzea.

Metodologias a serem empregadas:

- Geocronologia da sedimentação → o estudo da sedimentação atual das várzeas será realizado através da determinação e perfis de decaimento de um radionuclídeo de meia-vida curta em testemunhos pequenos. O nuclídeo a ser considerado será o ^{210}Pb. As amostras serão preferencialmente analisadas por espectrometria gama, utilizando um detetor de Germânio hiper-puro em laboratório da Universidade de Bordeaux, França. Algumas amostras servirão para uma inter-calibração entre a Universidade Francesa e o Programa de Geoquímica que recentemente adquiriu um aparelho similar. Sobre estos testemunhos serão analisados a matéria orgânica, os metais de transição e traço, a fim de estabelecer um histórico da deposição dos metais na Bacia Amazônica.

- Taxas de sedimentação da coluna de água para a interface água-sedimento → este estudo será baseado no uso de armadilhas para sedimento posicionadas em duas profundidades, quando o regime hidrológico permitir, por um período de 30 dias, sendo as garrafinhas trocadas automaticamente à cada quatro dias. Estas armadilhas serão instaladas nos mesmos lagos onde os testemunhos forem retirados e durante os dois principais períodos do ciclo hidrológico, isto é, subida das águas, pico da cheia, descida das águas e durante o nível mais baixo das águas. As taxas de sedimentação são obtidas através de um cálculo baseado na área da armadilha, no período de tempo no qual a armadilha foi instalada e na massa de material capturado. A metodologia segue as recomendações de Gundersen (1990).

A quantificação e caracterização do material capturado pelas armadilhas e pelos testemunhos incluem:

- Composição elementar da matéria orgânica → determinação do carbono e nitrogênio orgânico (Analisador CHN, Perkin Elmer).
- Determinação da composição isotópica → do carbono 12C/13C ($\delta^{13}C$) e do nitrogênio 14N/15N ($\delta^{15}N$), serão realizadas na Universidade de Waterloo (Canadá) através do uso de um espectrômetro de massa.
- Analise microscópica do material → Para as análises microscópicas os sedimentos e o material em suspensão serão previamente atacados e filtrados. A determinação do tipo e concentração dos diferentes elementos (carvões, espiculas, fitolitos,...) serão avaliados sobre os filtros, assim como será medida a forma e tamanho destas partículas através de programa de análise de imagem acoplada a microscópio ótico de imagem refletida e transmitida.
- Determinação do carbono grafítico → serão aplicadas duas metodologias já desenvolvidas no Departamento de Geoquímica de determinação de carbono grafítico em amostras de sedimento, material em suspensão e água de chuva. O primeiro método empregado é derivado do método de Lim & Cachier (1996). Este método tem como princípio o isolamento do carbono grafítico através de sucessivos ataques químicos onde a matéria orgânica lábil é eliminada. O segundo método a ser utilizado consiste em uma oxidação térmica realizada em um forno com circulação permanente de ar. A temperatura do forno é fixada a 375°C. Esta metodologia é baseada no método de Gustafsson e Gschwend (1998). Em ambos os métodos as amostras são passadas antes e após a oxidação (química e/ou térmica) em um analisador automático CHN.

- Fenois da lignina → a metodologia adotada para caracterização dos fenóis oriundos da oxidação da lignina é o da degradação oxidativa com CuO sob

condições alcalinas segundo Hedges & Ertel (1982) e modificado por Goñi & Hedges (1990, 1995). Devido a sua larga labilidade hidrolítica, a oxidação por CuO pode quebrar uma grande variedade de derivados do éter e do carbono retidos na macromolécula da lignina, liberando pequenos produtos, os fenóis, sensíveis ao cromatógrafo a gás. A identificação dos fenóis é realizada através dos padrões adicionados na amostra. A média da precisão analítica é de ± 10% para os produtos de lignina oriundos da oxidação de CuO.

- Caracterização sedimentológica e mineralógica → A identificação e a quantificação das frações minerais serão realizadas por difratometria de RX e/ou por espectrometria infra-vermelha à transformada de Fourier. Ao mesmo tempo a granulometria dos sedimentos será também determinada.
- Caracterização geoquímica dos sedimentos depositados nos lagos da várzea de Curuai → analises dos elementos maiores (ICP-AES), traço (ICP-MS) e do mercúrio (AFS)

➢ Quantificação e caracterização da matéria orgânica importada, produzida, exportada e armazenada pelas várzeas – UFF, UnB (+U. Goias), LMTG

A caracterização e quantificação do material produzido/decomposto e transportado para e pelas várzeas será determinada utilizando os mesmos métodos acima citados (composição elementar e isotópica da matéria orgânica, identificação e quantificação microscópica dos carvões, determinação do carbono grafítico e dos fenóis da lignina), e a determinação da atividade e da biomassa fotossintéticamente ativa (fitoplâncton e macrófitas). Ao mesmo tempo os fluxos de importação/exportação de carbono orgânico serão determinados. Os métodos utilizados serão :

- Estudo das macrófitas aquáticas → A determinação da biomassa das macrófitas aquáticas é baseada no peso do material vegetal contido acima e abaixo da lâmina d'água, inclusive do material presente no interior do sedimento, expresso por unidade de area. Por intermedio de um amostrador de area conhecida, um quadro ou parcela é introduzido no local selecionado do banco de macrofitas, o material vivo ou morto contido no interior desta area é então coletado em sacos plasticos. A representatividade das amostras esta intimamente associada à seleção do banco de macrofitas, à area do quadro e ao numero de unidades amostrais utilizadas. Estatisticamente, quanto maior o numero de unidades amostrais, mais a media amostral se aproxima da media real, com tendencia ao menor desvio padrão. Posteriormente, o material é seco (60°C durante 96 horas) e pesado e o resultado expresso por unidade. A area do amostrador (quadrado) a ser utilizado varia de 0,5 à 1m^2 que são os mais utilizados para estes estudos (Junk e Piedade, 1993). A determinação da area de cobertura das macrofitas será avaliadas por meio de tecnicas utilizando imagens de satélites obtidas "simultaneamente" as amostragens (mais detalhes no parágrafo "Papel da vegetação e dos ciclos de inundação"). Esta estimativa permitira a avaliação dos estoques de biomassa. A periodicidade da coleta deve obedecer aos diferentes periodos do ciclo hidrologico. O material seco é depois utilizado para analises quimicas (C, N, ^{13}C,^{15}N e lignina). Estas analises nos permitira caracterizar esta fração da materia orgânica produzida na varzea e facilitara a determinação da origem da materia organica sedimentar.

- O estudo da comunidade fitoplanctônica → será baseado em amostras coletadas na superfície do lago com garrafa de Van Dorn nas estações chuvosa e seca, em 25

pontos para as análises quantitativa e qualitativa do fitoplâncton. As populações serão identificadas sempre que possível em nível de espécie a partir de amostras coletadas com rede de malha de 25µm e fixadas em solução de Transeau, examinadas em microscópio através da análise de características morfológicas e morfométricas das fases vegetativas e reprodutivas. A densidade fitoplanctônica (ind./ml) será estimada segundo Utermöhl (1958). A biodiversidade será avaliada 1) a partir da composição florística; 2) mediante a riqueza específica (n° de táxons) será medida pelos táxons presentes em cada amostra; 3) a partir da diversidade específica que expressa a quantidade de informação oferecida por cada espécie para a comunidade como o todo e 4) através da equitabilidade, que expressa como a biomassa está distribuída entre as espécies. A equitabilidade (Js) será expressa em percentual enquanto a diversidade específica (H') será estimada pelo Índice de Shannon & Wienner (Shannon and Weaver, 1963).

- Os fluxos de carbono orgânico (particulado e dissolvido) → serão determinados a partir de analises realizadas sobre o material particulado e dissolvido obtido após filtração sobre filtros GF/F utilizados para este tipo de determinação. Após a filtração os filtros são secos durante 24 horas à 50°C. O carbono orgânico particulado será analisado em um analisador elementar CHN Perkin Elmer. E o carbono orgânico dissolvido será determinado em um analisador de carbono total Shimadzu modelo 5000.

- Distribuição e especiação geoquímica de metais traços nas várzeas – UnB, LMTG.

Na várzea piloto, a realização de perfis longitudinais e verticais dos parâmetros físicos e químicos das águas de superfície e dos sedimentos de fundo, durante cada campanha de medição em várias épocas hidrológicas permitirá estudar a distribuição espacial dos elementos químicos nas águas de superfície e nos sedimentos assim como sua variabilidade sazonal.

Estudo das águas
As análises geoquímicas das águas têm como objetivo caracterizar e quantificar as diferentes fontes: 1) o Rio Amazonas, 2) as águas de escorrimento das bacias de terra firme, 3) as águas subterrâneas, e 4) as chuvas direitas.
No Rio Amazonas, nos igarapés de águas pretas, nas chuvas e nos lagos principais, serão medidos os parâmetros físico-químicos clássicos *in situ* (pH, T, condutividade e alcalinidade) e a concentração de matérias em suspensão assim como as concentrações em elementos maiores (Ca, Mg, K, Na, Cl, NO_3, H_3PO_4, SO_4) e traço (Ba, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Mo, Cd, Sb, U, V, Hg).

Estudo dos sedimentos
Em amostras de sedimentos coletadas uniformemente nos vários lagos da várzea piloto e em varias épocas hidrológicas, serão determinados a teor em água, a granulometria (global, por granulômetro laser, e das argilas em particular, por difratometria X), os cátions maiores e alguns metais (Ca, Mg, Fe, Al, P, Ti, Sr, Cu, Cr, Mn, Co, Zn e o Hg) assim como a percentagem de matéria orgânica (COT, NOT).

A análise dos ânions é feita por cromatografia iônica e dos cátions maiores por ICP-AES (Espectrômetro de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado) no Laboratório de Geoquímica e Recursos Minerais da Universidade de Brasília - LAGEQ (UnB/IG).
Os elementos-traço serão analisados por espectrometria ICP/MS [Seyler & Elbaz-Poulichet, 1996] no LAGEQ (UnB) e no LMTG em Toulouse para completar a intercalibração dos laboratórios.
O mercúrio nos sedimentos será analisado por Espectrofotômetro de Absorção Atômica por vapor frio (UnB, Inst. De Química), e nas águas por Espectrometria de Fluorescência Atômica (UQAM, Québec).

- Papel da vegetação e dos ciclos de inundação na geoquímica dos metais – UnB, IBAMA, LMTG.

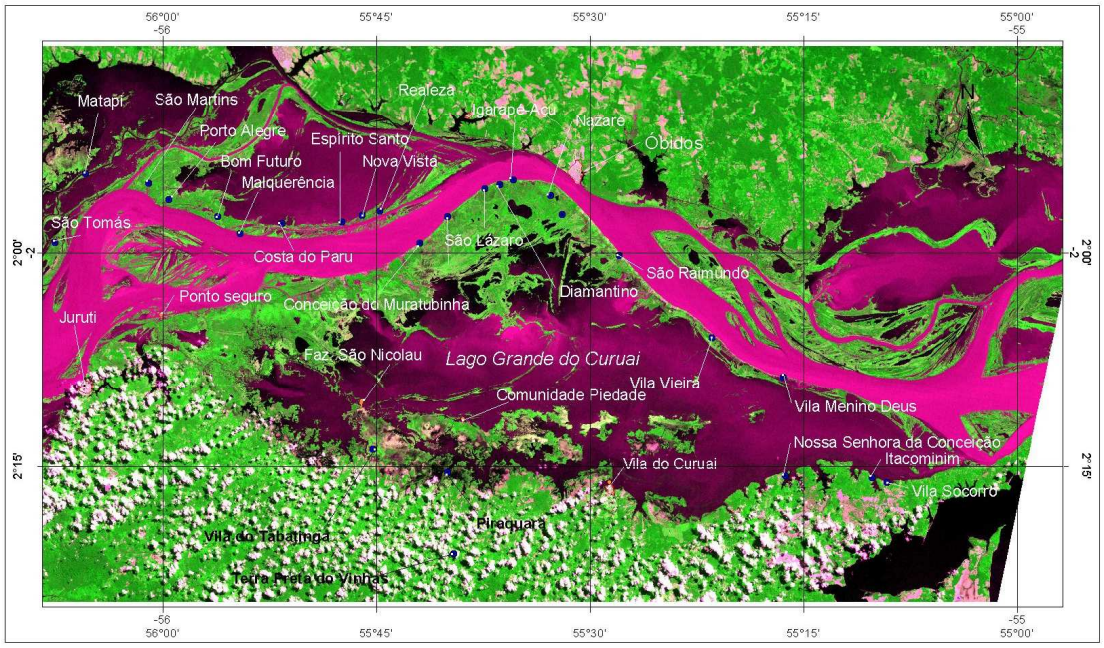
O mapeamento da vegetação perene e sazonal (natural ou cultivada) na várzea, a ser realizado em estudos de cooperação entre o CSR/Ibama e o IRD, tomando por base que:
- Para a dinâmica temporal da vegetação sazonal natural, nos próximos 03 anos, faz-se necessário o uso de imagens de fonte regular e livres de nuvens. Para tanto, serão usadas séries de dados radar multipolarimétricas do sensor ASAR do satélite ENVISAT. As 48 imagens necessárias serão cedidas por meio de um projeto do IRD com a Agência Espacial Européia. O estudo da vegetação sazonal natural terá como objeto a vegetação herbácea e a macrófita que apresentam forte produtividade primária, até 100 ton/ha/ano durante o período da enchente (janeiro-julho). A vegetação sazonal além de participar ativamente nas emissões de carbono na várzea, participa, também, do ciclo de transformação do mercúrio e pode ser contaminada por elementos traços, como o Arsênico. Espera-se, com isso, mapear a extensão da vegetação sazonal durante o ano e obter estimativas de produção vegetal no mesmo intervalo de tempo, favorecendo assim, a diferenciação da vegetação herbácea da macrófita, bem como monitorando o nível de biomassa da vegetação emergida. Estos resultados serão usados pela UFF para determinar os fluxos de matéria orgânica;
- Para o mapeamento da vegetação perene e cultivada deverão ser empregadas técnicas de classificação supervisionada, segmentação de imagens e/ou modelos de mistura espectral, aplicadas em imagens Landsat, ASTER, MSS, HSS do SIVAM, bem como em imagens de resolução moderada como é o caso do sensor MODIS. Com isso, espera-se obter mapa de uso e ocupação do solo, mapa de vegetação e base cartográfica, em formato vetorial, na escala 1:100.000 ou maior;

Deverão ser realizadas campanhas de coleta de dados (tipo de vegetação e biomassa) nos períodos de seca e de inundação, permitindo assim, que esses dados possam ser usados como amostras de treinamento para a classificação das imagens de satélites. Salienta-se que, os pontos de medição na várzea do Lago Grande Curuai, em Santarém/PA, obtidos durante a campanha de coleta de dados em junho de 2003, mostra a necessidade da obtenção desses dados.

Centro de Sensoriamento Remoto

Carta Imagem
Várzea do Curuái - PA

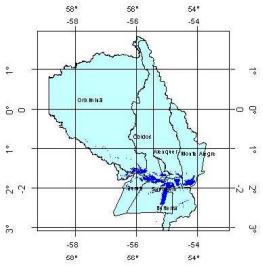
Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
e dos Recursos Naturais Renováveis



Legenda

- Localidades (pontos GPS)
- Localidades
- Limite área urbana
- Hidrografia
- Antropismo
- Vegetação
- Nuvens

Localização da área de estudo



Escala 1:500.000

10 0 10 km

Sistema de Coordenadas Geográficas
DATUM SAD-69

N

Fonte:

Imagem Landsat-7/ETM+ ano: 2002;
Data : 08/07/2002 órbita ponto - 228-61
08/07/2002 órbita ponto -228-62
Georeferenciada no Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA;
Imagem: Convênio IBAMA/CCSIVAM/INPE;
Base cartográfica SIVAM/SIPAM/ 1:250.000
Limite Municipal IBGE 1996.

Localização dos municípios

O papel da vegetação nas transferências dos elementos traços e maiores entre os solos e as águas também será também estudado na Bacia Amazônica. O estudo consiste na quantificação dos estoques destes elementos no reservatório biológico e também na avaliação da importância da vegetação sobre a geoquímica do Amazonas ao longo de um ciclo hidrológico. Para a realização deste trabalho é necessário uma estreita colaboração entre ecólogos e geoquímicos.

Estes estudos serão desenvolvidos em duas várzeas Amazônicas : Marchantaria , em frente a Manaus e na várzea Grande de Curuai. As espécies vegetais a serem selecionadas deverão serem já conhecidas e estudadas (tipo de desenvolvimento, produção primaria liquida, e biomassa total). As coletas (raízes, caules e folhas) serão efetuadas sobre as espécies pré-selecionadas durante os quatro principais períodos do ciclo hidrológico do Rio Amazonas. Serão amostradas: *Pseudobombax munguba*, *Salix humboldtiana*, *Echinochloa polystachya*, and *Eichhornia crassipes*. *Pseudobombax munguba* and *Salix humboldtiana.* Logo após a coleta, o material é lavado, seco e pesado e em seguida as analises para a determinação dos metais traços (i.e., Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Rb, Sr, Ba, Pb) é realizada por meio de um ICP/MS.

Paralelamente, serão realizadas determinações dos isótopos do Fe, Cu, e Zn nos vegetais, nos sedimentos e nas águas. A preparação das amostras será feita em Brasília na UnB-LAGEQ

(maceração, e ataque ácido (HF-HNO3)), assim como as determinações dos elementos maiores e traços. As analises isotópicas (Fe, Zn, Cu) serão realizadas em Toulouse (LMTG).

5.4.3 Estudo da influência da dinâmica estuarina nos aportes sólidos ao Oceano Atlântico

- Papel do processo de floculação na deposição de partículas finas – UFRJ, UFF, UnB

Uma das metodologias a serem utilizadas para o estudo dos processos de sedimentação no estuário consiste na coleta de uma amostra do material em suspensão e incubação em uma coluna de sedimentação. A determinação ótica da evolução do perfil de sedimentação (C(z,t)), permite estimar a variação espacial e temporal da velocidade de queda dos flocos (ws(z,t)). Um estudo realizado na Guyana Francesa mostrou que para concentrações abaixo de 3 g/L a variabilidade da velocidade de queda dos flocos é grande (Gratiot e Lefebvre, 2002). Entretanto, para concentrações acima de 20 g/L a velocidade de queda é razoavelmente homogênea, demonstrando que a velocidade de queda diminui com o aumento da concentração. Experimentos realizados no laboratório servirão de base para o trabalho de campo e para a interpretação das medidas.

Serão realizados experimentos com medições *in situ* da granulometria do material em suspensão e da turbulência, visando estabelecer as características dos flocos na suspensão, assim como a sua dinâmica em função de fatores ambientais (concentração de sedimentos em suspensão, turbulência, conteúdo de matéria orgânica).

É previsto realizar a caracterização da superfície do material particulado e propriedades eletrocinéticas, tais como o potencial zeta (em função do pH e salinidade) ou através da composição mineralógica (a partir de dados já existentes).

A determinação dos principais processos de transformação da matéria orgânica e dos metais da sua fase dissolvida para a particulada também será estudada.

- Modelagem hidrodinâmica da zona estuarina (Óbidos – Plataforma Continental) – UFRJ, IEPA, IMFT.

O trecho do rio Amazonas sob influência da maré (Óbidos – plataforma continental) será estudado utilizando um modelo hidrodinâmico bidimensional em planta (2DH), desenvolvido pela COPPE (Gallo e Vinzon, 2003). O modelo hidrodinâmico será calibrado utilizando dados de vazão, níveis d'água com referencia altimétrica e batimetrias. Os levantamentos de dados necessários a serem realizados na região correspondem a:

- Nível d'água. Serão instalados aproximadamente 10 marégrafos no trecho, visando uma medição contínua nestes postos num período mínimo de 1 ano. Os marégrafos serão referenciados altimétricamente utilizando GPS.
- Medições de vazão. Serão realizados num período de 13 horas em seções a serem determinadas, na enchente e na estiagem do rio Amazonas e durante marés de sizígias e quadraturas.

- Dinâmica das dunas na zona estuarina – UFRJ, IEPA

O escoamento oscilatório do trecho estuarino impõe um comportamento diferenciado das dunas neste trecho (Kostaschuk e Villard, 1996, Kostaschuk, 2000). Perfis longitudinais (utilizando ADCP e Ecobatímetro com posicionamento DGPS) serão realizados em diversos trechos onde o efeito da maré é significativo. Estes levantamentos serão repetidos após de transcorridos alguns dias para a determinação do deslocamento das mesmas. Um estudo semelhante ao proposto no trecho fluvial será realizado sobre a dinâmica das dunas no trecho estuarino, ou seja, avaliando a resistência ao escoamento e o transporte de fundo.

5.5 EQUIPES ENVOLVIDAS

5.5.1 Equipes brasileiras

Nome	Entidade	Status
Eurides de OLIVEIRA	ANA	Engenheiro(PósGrad)
Marcos Aurélio Vasconcelos de FREITAS	ANA	Doutor (PhD)
Valdemar GUIMARÃES	ANA	Engenheiro(PósGrad)
Naziano FILIZOLA Jr.	ANA/OMM	Geólogo (MSc.)
Geraldo BOAVENTURA	IG/UnB	Professor
Maria do Socorro RODRIGUES	IE/UnB	Professora
Ina de Souza NOGUEIRA	ICB/UFG	Professora (Dra.)
Marcelo C. BERNARDES	UFF	Professor
Renato C. CORDEIRO	UFF	Pesquisador II
Luis DRUDE DE LACERDA	UFF	Profesor Titular
Jorge João ABRÃO	UFF	Professor
Susana VINZON	UFRJ	Professor
Afonso M. PAIVA	UFRJ	Professor
Rui Carlos Vieira da SILVA	UFRJ	Professor
Maximiliano STRASSER	UFRJ	Doutorando
Marcos GALLO	UFRJ	Mestrando
Alfredo TRENTO	UFRJ	Doutorando
Alfredo RIBEIRO NETO	UFRJ	Doutorando
Felipe de OLIVEIRA	UFRJ	PIBIC
Marcio Sousa da SILVA	IEPA	Pesquisador II
Luis Roberto TAKYIMA	IEPA	Pesquisador III
Wagner José Pinheiro COSTA	IEPA	Pesquisador II
Odete F. M. da SILVEIRA	IEPA	Pesquisador III
Admilson Moreira TORRES	IEPA	Pesquisador III
Denizar BLITZKOW	EPUSP-PTR	Prof. Titular
Edvaldo SIMÕES F. Jr	EPUSP-PTR	Prof. Doutor
Jorge Pimentel CINTRA	EPUSP-PTR	Prof. Livre Docente
Nicola Paciléo NETTO	EPUSP-PTR	Prof. Livre Docente
Ilce de Oliveira CAMPOS	EPSUSP	Doutorando
Maria Cristina BARBOSA LOBIANCO	EPUSP	Doutorando
Maria Salete ALVES	CSR/IBAMA	Geógrafa, MSc.
Lindalva Ferreira Cavalcanti	CSR/IBAMA	Engenheira Florestal, MSc.
Débora Campos Jansen	CSR/IBAMA	Geógrafa, Especialista em Sensoriamento Remoto

As atividades propostas poderão ser desenvolvidas por vários estudantes de iniciação cientifica, mestrado e doutorado das universidades parceiras (UnB, UFF, UFRJ). E também sob forma de capacitação de técnicos da ANA e da CPRM, especialmente durante a realização das campanhas de amostragens e medições.

5.5.2 Equipes francesas

5.5.2.1 Equipe francesa permanente no Brasil

Por ordem alfabética :

Nome	**Entidade**	**'Status'**
Francis SONDAG	IRD	IR0
Laurence MAURICE-BOURGOIN	IRD	CR1
Patricia MOREIRA-TURCQ	IRD	CR1

5.5.2.2. Previsão de chegada ao Brasil de pesquisadores franceses

Nome	**Entidade**	**'Status'**
Benoit LE GUENNEC (Outubro 2003)	INPT(ENSEEIHT)-IRD	MC
Marie-Paule BONNET (Agosto 2004)	IRD	CR2

5.5.2.3 Equipe francesa fora do Brasil

Alain LARAQUE	IRD	CR1
Christelle LAGANNE	IRD	TER
Frédéric CRISTOPHOUL	LMTG	MC
Gerard COCHONEAU	IRD	IR1
Jean Loup GUYOT	IRD	DR2
Jean Michel MARTINEZ	Ministerio Affaires Etrangères - IRD	CSN
Josyane RONCHAIL	IRD	CR1
Juan Gabriel LEON	IRD	
Frédéric FRAPPART	CNES – IRD	
Frédérique SEYLER	IRD	CR1
Jérôme VIERS	LMTG	MC
Luc BOURREL	IRD	CR2
Marc ROULET	IRD	CR2
Nicolas GRATIOT	IRD	CR2
Patrick SEYLER	IRD	CR1
Philippe MAGAT	IRD	ITA
Philippe VAUCHEL	IRD	IR1
Pascal FRAIZY	IRD	ASIN
Stéphane CALMENT	IRD	DR

Siglas:

ASIN	'Assistant Ingénieur'
CR1 (2)	'Chargé de Recherches 1ère (2ème) classe'

DR1 (2)	‘Directeur de Recherches 1ère (2ème) classe’
IR1 (2)	‘Ingénieur de Recherches 1ère (2ème) classe’
MC	‘Maitre de Conférences’
TER	‘Technicien de Recherche’

5.6 CRONOGRAMA DE TRABALHO

Ano 2004

Atividade	Período JFMA	Período MJJA	Período SOND
Estudos hidrológicos Estudos geoquímicos SIG e Sensor. Remoto Estudos de modelagem	x x x x	x x x x	x x x x
Campanhas de Campo Várzea/Amazonas	Março	Junho	Dez.
Campanha Rio Negro		Junho	
Campanhas Estuário /Foz		Julho	
Reunião científica			Nov.

Ano 2005

Atividade	Período JFMA	Período MJJA	Período SOND
Estudos hidrológicos Estudos geoquímicos SIG e Sensor. Remoto Estudos de modelização	x x x x	x x x x	x x x x
Campanhas de Campo Várzea/Amazonas	Abril	Julho	Nov.
Campanhas Estuário/Foz			Nov.
Campanha Rio Madeira			Nov.
Reunião científica			Dez.

Ano 2006

Atividade	Período JFMA	Período MJJA	Período SOND
Estudos hidrológicos Estudos geoquímicos SIG e Sensor. Remoto Estudos de modelização	x x x x	x x x x	x x x x
Campanhas de Campo Várzea/Amazonas	Fev.	Março	Out.
Campanha Estuário /Foz	Fev.		
Campanha Rio Solimões	Fev.		
Reunião científica			Nov.

5.7 CRONOGRAMA FINANCEIRO (EM ANEXO)

5.8 FORMAS DE ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA

O acompanhamento das atividades previstas será norteado através de:

- Relatórios de missões
- Orientação de trabalhos de inciação científica, dissertações de mestrado e teses de doutorado
- Publicação de trabalhos em revistas nacionais e internacionais
- Seminários anuais de avaliação (reuniões cientificas)
- Relatórios de progresso.
- Participação em seminários técnico-científicos nacionais e internacionais
- Realização de cursos e treinamentos técnico-científicos para transferência dos conhecimentos adquiridos

5.9 FORMAS DE VALORIZAÇÃO DA PESQUISA

5.9.1 Publicações

A interpretação dos dados deverá ser realizada conjuntamente pelos pesquisadores das diferentes entidades envolvidas. Todas as publicações produzidas e seminários realizados deverão fazer referência ao Projeto. As publicações serão de quatro tipos:

- Documentos de síntese (em português): Relatórios de campanhas ou missões e relatórios de progresso;
- Artigos em revistas científicas especializadas e/ou de divulgação popular
- Anais ou resumos extendidos de seminários, congresso ou workshops realizados
- Site internet com ilustração dos principais resultados listas de publicações e distribuição dos dados

5.9.2 Banco de dados

Os dados de hidrologia gerados serão repassados á Agência Nacional de Águas - ANA, de acordo com o prazo estipulado previsto pela legislação brasileira, para que possam ser inseridos dentro da sua base de dados e disponibilizados através de seu sistema regular.

5.9.3 Instrumentos de modelagem e regionalização de dados

Os modelos e demais instrumentos tecnológicos gerados serão disponibilizados para a Agência Nacional de Águas – ANA a qual será responsável pela sua divulgação e possível incorporação em seu sistema de tomada de decisões.

5.9.3 Formação técnica

Cursos e seminários de formação serão programados para atender às necessidades tanto das entidades envolvidas no projeto quanto também às demandas da sociedade civil organizada e interessada nos temas desenvolvidos pelo projeto. Os temas inicialmente propostos são:

- Hidrologia espacial
- Modelagem ambiental acoplada a Sistemas de Informações Geográficas
- Monitoramento ambiental de zonas inundadas
- Metodologia de medição de vazões com o uso de Perfiladores Doppler – Acústicos de Corrente (ADCP)

Estão previstas duas viagens à França, por ano, sendo uma de longa duração (> 1 mês), para a formação de pesquisadores brasileiros confirmados em laboratórios franceses associados ao Projeto.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amoros C. and Petts G.E., 1993. Hydrosystèmes fluviaux. Mason Ed., Collection d'Ecologie 24, pp300.

Araújo-Lima, C.R.M.,Forsberg, B.R.,Victoria, R. and Martinelli, L.1986. Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. *Science*, **234**:1256-1258.

Barbosa A.C., Silva, S.R.L., and Dórea, J.G., 1998. Concentration of mercury in hair of indigenous mothers and infants from the Amazon basin. *Environ. Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **34**: 100-105.

Bayley, P. B., 1995. Understanding Large Rivers - Floodplain Ecosystems. *BioScience*. 45 (3): 153-158.

Birkett, C.M., 1998. Contribution of the TOPEX NASA radar altimeter to the global monitoring of large rivers and wetlands. *Water Resour. Res*., 34 (5), 1223-1239.

Bjerklie, D.M., Dingman, S.L., Vorosmarty, C.J., Bolster, C.H., Congalton, R.G., 2003. Evaluating the potential for measuring river discharge from space. *J. of Hydrology*, 278, 17-38.

Dingman, S.L., Sharma, K.P., 1997. Statistical development and validation of discharge equations for natural channels. *J. of Hydrology*, 199, 13-35.

Dolbec J., Mergler D., Larribe F., Roulet M., Lebel J. and Lucotte M., 2001. Sequential analysis of hair mercury levels in relation to fish diet of an Amazonian population, Brazil. *Sci. Total Environ*., **271**: 87-97.

Gallo, M.N. e Vinzon, S.B., 'Estudo simplificado da propagação da mare em rios e estuários. Caso de estudo: rio Amazonas', XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, 2003

Gundersen, K. 1990. Sampling precision and preservation of sediment trap material. 6-35pp. In: Wassman, P. *et al.* (eds), Sediment Trap Studies in the Nordic Countries. Vol. 2.

Grace J. and Malhi Y., 2002. Carbone dioxide goes with the flow. *Nature*, **416**:594-595.

Guimarães J.R.D., Meili M., Malm O. and Sousa Brito, 1998. Mercury methylation in sediments and floating meadows of a tropical lake in Pantanal, Brazil. *Sci. Tot. Environ*., 213: 165-176.

Guimarães J.R.D., Malm O. and Pfeiffer W.C., 1995. A simplified radiochemical technique for measurements of net mercury methylation rates in aquatic systems near gold-mining areas, Amazon, Brazil. *The Sci. of Total Environ*., 175 :151-162.

Gustafsson, O., Gschwend, P.M., 1998. The flux of black carbon to the surface sediments on the New England continental shelf. *Geochem. Cosmochem. Acta*, 62(3): 465-472.

Junk WJ. 1985. The Amazon floodplain: a sink or source for organic carbon? In Transport of Carbon and Minerals in Major World Rivers, Pt3. SCOPE/UNEP (Ed), 267-283.

Junk W.J., Bayley P.B. and Sparks R.E., 1989. The Flood pulse concept in river-floodplain systems. *In* D.P. Dodge (Ed), Proceedings of the International Large River Symposium. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci*., 106 :110-127.

Junk, W.J., Piedade, M.T.F. 1993. Biomass and primary production of herbaceous plant communities in the Amazon floodplain. *Hydrobiologia*, 263:155-162.

Junk W.J., 1997. The central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system, Springer Berlin (Junk WJ, Ed), Heidelberg, New York.

Kosuth, P., Cochonneau, G., Seyler, F., Guyot, J.-L., Campos de Oliveira, I., Maheu, C., Cazenave, A., 2003. Premiers résultats et perspectives de l'altimétrie pour le bassin amazonien. Rapport quadriennal CNFGG.

Kosuth P., Hydrological dynamics of the varzea of Lago Grande de Curuai. In *2nd LBA (Large Scale Biosphere Atmosphere) Scientific Conference*, Manaus July 2002, Brazil.

Kostaschuk R., e Villard, P., Flow and sediment transport over large subaqueous dunes: Fraser River, Canadá, Sedimentology, 43, 849-863, 1996.

Kostaschuk, R., A field study of turbulence and sediment dynamics over subaqueous dunes with flow separation, Sedimentology, 47, 519-531, 2000

Lebel, J., Mergler, D., Branches, F., Lucotte, M., Amorim, M., Larribe, F. and Dolbec, J., 1998. Neurotoxic effects of low-level mercury contamination in the Amazonian basin. *Environmental Research*, A79:20-32.

Lund, J.W.G., Kipling C. and Lecren, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. *Hydrobiologia*, 11: 143-170.

Mackereth, F.J.H., Heron, J.R. and Talling, J.F. 1978. Water analysis some revised methods for limnologists. Cumbria, Freshwater Biological Association. 120 p. (Scientific Publication, 36).

Maheu C., Cazenave A. and Mechoso R., 2003. Water level fluctuations in the La Plata basin South America) from Topex/Poseidon altimetry, *Geophys. Res. Lett.*, in press.

Margalef, R. 1983. Limnología. Barcelona, Ed. Omega. 1010 p.

Martinez J.M., Kosuth P., Cochonneau G., Maurice-Bourgoin L., Seyler F., Bourrel L. and Guyot J.L, 2003. Application of remote sensing data for the quantification of an Amazon floodplain extension, dynamics and water storage. EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April, 2003, France.

Maurice-Bourgoin L., Quiroga I., Chincherros J. and Courau P., 2000. Mercury distribution in waters and fishes of the Upper Madeira rivers and mercury exposure in riparian Amazonian populations. *The Science of the Total Environment*, 260: 73-86.

Maurice-Bourgoin L., Aalto R. and Guyot J.L., 2002. Sediment-Associated Mercury Distribution within a Major Amazon Tributary: Century-Scale Contamination History and Importance of the flood plain accumulation, in "The structure, Function and management Implications of Fluvial Sedimentary systems" (Dyer F., Thoms M.C. and Olley J.M., Eds), *IAHS Publ*. No 276, 161-168.

Maurice Bourgoin L., Kosuth, P., Chaffaut I., Martinelli L.A. and Ometto .J.P., 2003. Isotope tracing of the hydrological dynamics of an Amazonian floodplain. In : *IV South American Symposium on Isotope Geology* , Vol.II: 453-456.

Mellack, J.M., 1984. Amazon floodplain lakes: shape, fetch and stratification. *Ver. Internat. Verein. Limnol*., **22**:1278-1282.

Mertes LAK, Dunne T, Martinelli LA, 1996. Channel-floodplain geomorphology along the Solimões-Amazon River, Brazil. *Geol. Soc. of America Bull*., **108**:1089-1107.

Milliman J.D., Meade R.H. 1983. World wide delivery of river sediment to the ocean. *Journal of Geology*, 91(1): 1-21.

Moreira-Turcq, P.F., Seyler, P., Guyot, J.L., Etcheber, H. 2003a . Exportation of organic carbon from the Amazon River and its main tributaries. *Hydrological Processes*, 17 : 1329-1344.

Moreira-Turcq, P.F., Seyler, P., Guyot, J.L., Etcheber, H. 2003 b. Characteristics of organic matter in the mixing zone of the Rio Negro and Rio Solimões of the Amazon River. *Hydrological Processes*, 17: 1393-1404.

Neiff, J.J., 1990. Aspects of primary productivity in the lower Paraná and Paraguai riverine system. *Acta Limnol*. Brasil.

Neto, A.R. 2001. Modelação hidrodinâmica da bacia do Rio Amazonas. Universidade de Brasilia, MSc. Tese.

Oliveira Campos I., Mercier, F., Maheu, C., Cochonneau, G., Kosuth, P., Blitzkow, D. and Cazenave, A., 2001.Temporal variations of river basin waters from Topex-¨Poseidon satellite altimetry. Application to the Amazon basin. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Serie II, Sciences de la Terre et des planètes*, 333, 1-11.

Pitelli, R.A.1984. Simpósio nacional sobre aproveitamento de várzeas, 1] Jaboticabal, 24 a 28 de setembro. Anais Jaboticabal, FCAV, 311p.

Quay, P.D., Wilbur, D.O., Richey, J.E., Hedges, J.I., Devol, A.H., Victoria, R., 1992. Carbon cycling in the Amazon river: implication from the 13C compositions of particles and solutes. *Limnol. and Oceanogr.*, **37**(4): 857-871.

Richey J.E., Devol A.H., Wosfy S.C., Victoria R., and Ribeiro M.N.G., 1988. Biogenic gases and the oxidation and reduction of carbon in Amazon River and floodplain waters. *Limnol. Oceanogr*., **33**:551-561.

Richey, JE, Mertes, LAK, Dunne, T., Victoria, R., Forsberg, BR, Tancredi, ACFNS, Oliveira, E. 1989. Source and routing of the Amazon river flood wave. *Global biogeochemical cycles*, **3**:191-204.

Richey J.E., Melack J.M., Aufdenkampe A.K., Ballester V.M. and Hess L., 2002. Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO_2. *Nature*, **416**:617-620.

Rodrigues Ibañez M.S., Souza Nogueira I., and Maurice Bourgoin L., 2003. Composição da comunidade fitoplanctônica da varzea de Curuaí, Amazonas. *IX Congresso Brasileiro de Limnologia*, 20-25 de Julho de 2003, Juiz de Fora, Brazil.

Samain O., Mognard-Campbell N. and Cazenave A., 2003. Surface water balance in the Ob basin (Russia) from Topex/Poseidon altimetry and SSMI radiometry, *Int. J. Remote Sensing*, in press.

Shannon C.E. and Weaver, W. 1963. The mathematical theory of communication. Urbana, Univ. Illinois Press. 173p.

Sippel, S.J., Hamilton, S.K. and melak, J.M. 1992. Inundation area and morphometry of lakes on the Amazon River floodplain, Brazil. *Arch. Hydrobiol*. 123:385-400.

Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton metodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9:1-38.

Schumm, 1977.

Strasser, M., Vinzon, S. B. e Mascarenhas, F., 'Estimação preliminar do transporte de sedimentos de arraste no rio Amazonas' ENES V, 2002, São Paulo. 5o Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, v. 1, p. 209-218, 2002.

Strasser, M.A., Vinzon, S. B., Mascarenhas, F.C.B., 'Análise dos perfis de velocidades ao longo de dunas no rio Amazonas', XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, 2003

Victoria RL, Martinelli LA, Forsberg BR, Richey JE, Devol AH. 1989. Spatial and Temporal Variations in the Chemistry of Várzea Sediments of the Amazon Basin. *GeoJournal*, 19(1): 45-52.

Vinzon, S.B.; Oliveira, M.B. e Strasser, 'Efeito das dunas na resistência ao escoamento no rio Amazonas'. M., ENES V, 2002, São Paulo. 5o Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. v. 1, p. 201-209, 2002.