



NÚMERO: 176/2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**VINICIUS DE AMORIM SILVA**

**GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA: MUDANÇAS NO PADRÃO DE  
DRENAGEM DO CANAL PRINCIPAL E DELTA, NO BAIXO CURSO DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JEQUITINHONHA/BA.**

TESE APRESENTADA AO INSTITUTO DE  
GEOCIÊNCIAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
DOUTOR EM GEOGRAFIA, NA ÁREA DE  
ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA  
TERRITORIAL.

**ORIENTADOR: DR. ARCHIMEDES PEREZ FILHO**

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE  
DEFENDIDA PELO ALUNO, E ORIENTADO PELO PROF, DR.

---

CAMPINAS/SP - 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR  
HELENA FLIPSEN - CRB8/5283 - BIBLIOTECA CENTRAL "CESAR LATTES" DA  
UNICAMP

Si38g	<p>Silva, Vinicius de Amorim. Geomorfologia antropogênica : mudanças no padrão de drenagem do canal principal e delta, no baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha/BA / Vinicius de Amorim Silva. -- Campinas, SP : [s.n.], 2012.</p> <p>Orientador: Archimedes Perez Filho. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.</p> <p>1. Geomorfologia. 2. Canais fluviais. 3. Jequitinhonha, Rio (MG e BA) - Deltas. I. Perez Filho, Archimedes, 1947- II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.</p>
-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Informações para Biblioteca Digital

**Título em Inglês:** Anthropogenic geomorphology: Changes in the hydrographic basins of river Jequitinhonha/BA lower course main channel drainage pattern and delta

**Palavras-chave em Inglês:**

Geomorphology

River channels

Jequitinhonha, River (MG e BA) - Deltas

**Área de concentração:** Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

**Titulação:** Doutor em Geografia

**Banca examinadora:**

Archimedes Perez Filho [Orientador]

Francisco Sergio Bernardes Ladeira

Márcio Henrique de Campos Zancopé

Raul Reis Amorim

Sandra Baptista da Cunha

**Data da defesa:** 20-07-2012

**Programa de Pós-Graduação:** Geografia



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL**

**AUTOR:** Vinicius de Amorim Silva

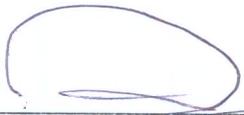
Geomorfologia Antropogênica: Mudanças no Padrão de Drenagem do Canal Principal e Delta no baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha/BA”

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

Aprovada em: 20 / 07 / 2012

**EXAMINADORES:**

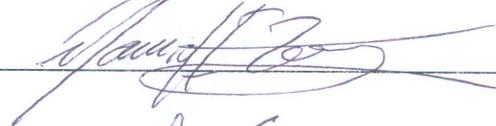
Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

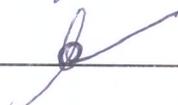
Prof. Dr. Francisco Sergio Bernardes Ladeira

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Márcio Henrique de Campos Zancopé

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Raul Reis Amorim

  
\_\_\_\_\_

Profa. Dra. Sandra Baptista da Cunha

  
\_\_\_\_\_

Campinas, 20 de julho de 2012.



## **DEDICATÓRIA**

A D. Angelina, minha mãe, pelo amor dedicado, por ser a responsável direta nas realizações alcançadas no meu plano de vida pessoal, profissional e acadêmico.

A Cid Ribeiro da Silva, meu pai, pelos ensinamentos relativos à fidelidade para com a razão e perseverança com o trabalho.

Aos meus irmãos Sydney, Margareth, Jean e, em especial, Camila. Essa última muito presente, não só como entusiasta, mas, sobretudo, como pessoa ativa nas etapas mais difíceis e desafiadoras deste trabalho.

A Manoel Acácio, meu segundo pai, por me incentivar com sua força de espírito, discreta, porém não menos intensa, em muitas etapas da minha formação pessoal e acadêmica.

A todos esses, ofereço e dedico esse trabalho.



## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho. Entretanto, gostaria de ressaltar. Alguns que contribuíram de forma distinta.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio, em forma de bolsa de estudos, durante um período parcial do trabalho.

Ao programa de Pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, contribuindo sobremaneira, com o excelente desenvolvimento do curso de Pós-Graduação.

Aos órgãos/Institutos/Empresa ANA, IBGE, ANEEL, ONS, SEI, Grupo Neoenergia e outros pela disponibilização dos dados para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Professor Doutor Archimedes Perez Filho, grande orientador e amigo, responsável direto pelo desenvolvimento desse trabalho, por disponibilizar, tempo e dedicação.

À equipe da secretaria de Pós-graduação, em especial Valdirene Pinotti, pessoa maravilhosa, sensível às questões essenciais para o desenvolvimento da pesquisa de campo e a Gorete, mais que funcionárias da UNICAMP, verdadeiras amigas solidárias, também nos tramites burocráticos.

Aos Professores Doutores Regina Célia de Oliveira, Lindon Fonseca Matias, Carlos Roberto Espíndola, Francisco Bernardes Ladeira, Ednice Oliveira Fontes, Salvador Carpi Jr, Augusto Minervino, Ana Maria Moreau e Maurício Santana Moreau, pela participação com valiosas sugestões e direcionamentos relacionados ao desenvolvimento da pesquisa.

. Ao José Ubiratan Bezerra de Oliveira, grande professor, por sua disponibilidade e ajuda com relação ao acesso dos dados hidrometeorológicos via CEPLAC e sua filha e minha valiosa amiga, Nayara Oliveira por sempre incentivarem a nossa trajetória acadêmica. Ao Professor Doutor Arlicélio de Queiroz Paiva pelo apoio relativo ao fornecimento de material de campo pedológico.

Ao amigo oceanógrafo, Alexandre Malta e à Professora de estatística e Especialista, Maria Lúcia Leite pelo o auxílio no tratamento e refinamento dos dados estatísticos deste trabalho.

A Washington Ambrósio Leite, geógrafo e grande amigo e orientador de vida. Amigo irmão,

companheiro desde os tempos de graduação, ao qual devo valiosas discussões com relação ao desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço também sua estimada família, em especial sua esposa, D. Dilma, Anderson, Alisson, Alexandre, Adailma e Evinha, filhos e neta, por dividirem o tempo escasso do lar, e incentivarem o desenvolvimento deste trabalho durante os momentos de reunião familiar.

Aos amigos irmãos Pablo Santos e Marcelo Gigliotti, por suas contribuições valiosas relativas às técnicas de geoprocessamento e SIG, durante o percurso desse trabalho. A Maryelle que, juntamente com Marcelo Gigliotti, acolheram-me em Campinas, na reta final desta pesquisa.

Aos amigos e colegas de doutorado Maria Crizalda Ferreira, grande mãe, e Raul Reis Amorim por, desde o período de seleção, participarem como companheiros nos momentos difíceis, desde a concepção, planejamento até a execução desse trabalho. Aos também, colegas de doutorado, Fernanda Leonardi, pelas dicas com relação a trabalhos correlatos a essa pesquisa e André Celarino pela indicação e repasse das técnicas de representação digital e gráfica relativo aos perfis analisados.

Aos amigos Paulo Vila Nova, João Carlos, Alessandro Coelho, Flávio Leopoldino, Lucas Nascimento, Adeylan Santos, Juliana Bernal, José Ricardo Ferreira e Gabriel Santos, companheiros desde a época de graduação, que disponibilizaram bibliografia da área de estudo, espaço físico e material de geoprocessamento utilizados no desenvolvimento da pesquisa bibliográfica e de campo.

A os bons colegas, do colégio estadual Carneiro Ribeiro e escola municipal Manoel Malaquias Reis por incentivarem e apoiarem de forma entusiasta, traduzidas em atitude à essa longa caminhada, em especial, Sônia Valéria, D. Nivoleta Neves, Juliana Santana Moura, José Galdino, Maria da Glória e Maria da Glória Santos.

À turma do MINTER em Geografia UNICAMP/UESC. Em especial Liliane Góes e Itatiana Araújo pelo companheirismo, principalmente nos trabalhos de campo e Renata Santos com pelo auxílio na concepção dos perfis topográficos na etapa analógica dessa técnica cartográfica.

À Prof<sup>a</sup> Ms. Edeildes Sena Nunes pelas considerações relativas à revisão gramatical reforma ortográfica e estrutura do texto final deste trabalho.

Um agradecimento especial a Paty, pelo apoio e força nos momentos de conclusão desse trabalho.

"Os padrões não são eternos." -- Nakamura

"A mudança para melhor só tem início quando se enxerga, com clareza, a próxima etapa." –  
Norbert Wiener





**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
ÁREA ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL**

**Geomorfologia Antropogênica: Mudanças no Padrão de Drenagem do Canal Principal e  
Delta no baixo curso do rio Jequitinhonha/BA.**

**RESUMO**

**Tese de Doutorado**

**Vinicius de Amorim Silva**

As alterações antropogênicas da morfologia dos subsistemas canal fluvial principal e delta permitiram interpretar as diversas dinâmicas que o sistema rio Jequitinhonha, está submetido, em seu baixo curso. A caracterização, identificação e análise no padrão de drenagem no canal principal e Delta foram possíveis investigando os parâmetros: índice de sinuosidade, morfologia do canal, migração de meandros do canal, vazão, datação por luminescência opticamente estimulada, descrição granulométrica, biológica e cromática dos sedimentos no Delta. Os resultados demonstraram que se identificou o aumento da complexidade sistêmica pela intervenção antropogênica no sistema hidrográfico. Dessa forma, sugere-se que a morfologia do delta, pode estar sendo modificada para que o rio estabeleça um novo equilíbrio geomorfológico em resposta à construção da barragem e retificação do canal fluvial principal. Sugere-se que ao passar do tempo a forma do delta vai se alterar como já está acontecendo, abandonando a sua configuração bifurcada e transformando-se em canal único em direção à sua margem esquerda, desaparecendo-se o canal localizado em na sua margem direita.

**Palavras-chave:** Geomorfologia antropogênica; sistema controlado; canal fluvial; delta.





**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
ÁREA ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL**

**Anthropogenic geomorphology: Changes in the Hydrographic basins of river  
Jequitinhonha lower course main channel drainage pattern and delta.**

**VINICIUS DE AMORIM SILVA**

**ABSTRACT**

The anthropogenic changes of the morphology of the main river channel and delta allowed to interpret the diverse dynamics to which the Rio Jequitinhonha system was submitted, in its lower course. The drainage pattern characterization, identification and analysis in the main channel and Delta were possible investigating the parameters: sinuosity index, channel morphology, channel neighborhood migration, optically stimulated luminescence dating, granulometric, biological and chromatic description of the sediments in the outfall and Delta. The results showed the identification of the rising systemic complexity due to the anthropogenic intervention in the hydrographic system. So, it is suggested that the delta morphology may have been modified in order to the river to establish a new geomorphological balance, to respond to the construction of the barrage and main channel rectification. It is suggested that with time the form of the delta will be altered in the way it is happening now, abandoning its bisected configuration and transforming in a single channel directed to the left margin, with the disappearance of the channel located in its right margin.

**Keys-Words:** Anthropogenic geomorphology; controlled system, river channel; delta



## SUMÁRIO

RESUMO.....	xi
ABSTRACT .....	xiii
SUMÁRIO.....	xv
1 .INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Justificativa .....	1
1.3 Hipótese.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Geral .....	4
1.4.2 Específicos .....	4
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1 Fundamentação teórica .....	5
2.2 A bacia hidrográfica como unidade básica de análise ambiental .....	12
2.3 O Canal fluvial .....	15
2.4 Deltas .....	17
2.5 Método de datação para análise de sistemas .....	19
2.6 Erosão e problemas devidos ao depósito de sedimentos. ....	20
2.7 Vazões e problemas relacionados à regularização de barragens .....	21
2.8 A construção de barragens e seus impactos ambientais.....	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	27
3.1 Descrição da área de estudo.....	27
3.2 Aspectos históricos.....	30
3.3 Caracterização Fisiográfica .....	33
3.4 Análise Morfométrica do canal fluvial.....	50
3.5 A utilização do SIG para análise na geomorfologia fluvial.....	53
3.6 Luminescência Opticamente Estimulada (LOE).....	55
3.7. Procedimentos metodológicos .....	56
3.7.1. Trabalhos de Gabinete .....	56
3.7.2 Trabalhos de Campo .....	58

3.7.3 Trabalhos de laboratório .....	63
4 . RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	73
4.1 Dinâmica de Uso e Ocupação da Terra .....	73
4.2 Barragem da UHE de Itapebi.....	78
4.3 Análise temporal do canal principal.....	79
4.4 Análises morfométricas .....	86
4.5 Mudanças na linha de costa da planície costeira.....	98
4.6 Evolução histórica do Delta.....	101
4.7 Avaliação da correlação espacial entre as unidades do solo e sedimentos .....	104
4.8 Análise granulométrica com relação à energia no sistema controlado.....	113
4.9 Datação por luminescência opticamente estimulada .....	117
5 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	121
6 . REFERÊNCIAS .....	123
7 ANEXOS .....	145
8 APÊNDICES .....	157

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Localização da Bacia do Jequitinhonha.....	27
Figura 3.2- Mapa de Localização da Área de Estudo .....	29
Figura 3.3- Perfil longitudinal do alto e médio curso do rio Jequitinhonha.....	32
Figura 3.4 - Mapa de Unidades Geológicas. ....	35
Figura 3.5 - Mapa de Unidades geomorfológicas .....	37
Figura 3.6 - Mapa Hipsométrico .....	39
Figura 3.7 - Mapa de Declividade .....	41
Figura 3.8 - Mapa Pedológico.....	43
Figura 3.9- Transectos utilizados para coleta de dados de sedimentos na foz da BHRJ.....	56
Figura 3.10 - Obras de Engenharia na UHE de Itapebi .....	63
Figura 4.1- Mapa de Cobertura vegetal/ Uso e Ocupação da Terra 1974.....	75
Figura 4.2 - Mapa de Cobertura vegetal/Uso e Ocupação da Terra 2008.....	77
Figura 4.3 - Relação precipitação x vazão entre 1989 e 2008 .....	80
Figura 4.4 - Médias Mensais de Precipitação x vazão.....	81
Figura 4.5 - Relação da precipitação total antes e após o represamento da barragem da UHE de Itapebi .....	83
Figura 4.6 - Relação da vazão média total antes e após o represamento da.....	84
Figura 4.7 - Correlação linear da precipitação e vazão total antes e após o represamento da barragem da UHE de Itapebi .....	85
Figura 4.8- Mapa de densidade de drenagem no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha. ....	87
Figura 4.9- Mapa de comprimento do canal principal na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Jequitinhonha .....	89
Figura 4.10 _ Retificação do canal principal do Jequitinhonha. ....	91
Figura 4.11 Índice de sinuosidade antes e após a construção da barragem de Itapebi .....	94
Figura 4.12- Carta de migração de meandros no baixo curso da BHRJ.....	96
Figura 4.13 - Mapa de evolução de foz da BHRJ. ....	103

Figura 4.14 - Perfil Topográfico da Margem Esquerda da Foz da BHRJ.....	105
Figura 4.15- Perfil Topográfico do Delta da Foz da BHRJ .....	109
Figura 4.16 - Perfil Topográfico da Margem Direita da Foz da BHRJ .....	111

## LISTA DE FOTOS

Foto 3.1 - Transporte de materiais para coleta na Foz do Rio Jequitinhonha .....	59
Foto 3.2 - Coleta de Amostra de Sedimentos não deformados .....	60
Foto 3.3 - Procedimentos da Coleta para LOE .....	61
Foto 3.4 - Procedimentos de Coleta com o Trado a Jusante da barragem de Itapebi. ....	62
Foto 3.5 - Procedimentos de abertura dos canos de PVC para análise de amostras .....	69
Foto 3.6 - Procedimentos para análise da amostra dos sedimento em laboratório.....	69
Foto 3.7 - Procedimentos análise granulométrica .....	70
Foto 4.1 - Alagamento na cidade de Belmonte.....	92
Foto 4.2 - Erosão Fluvial, próxima a foz, na Margem Direita no Canal Principal da BHRJ .....	92
Foto 4.3- Desbarrancamento da margem esquerda a jusante da barragem de Itapebi .....	97
Foto 4.4 Frente deltaica do Jequitinhonha, erosão da linha de costa. ....	114
Foto 4.5 Margem direita da foz do Jequitinhonha, deposição marinha no manguezal. ....	116



## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Classes de Declividade .....	65
Quadro 4.1- Principais características da barragem UHE de Itapebi .....	79
Quadro 4.2 -Média e desvio padrão da vazão anual na estação meteorológica em Itapebi.....	82
Quadro 4.3 - Quadro da Evolução das Áreas na Foz da BHRJ.....	104
Quadro 4.4- Análise granulométrica do Ponto 1 do Delta .....	115
Quadro 4.5 - Análise granulométrica do Ponto 2 da margem direita.....	117
Quadro 4.6- Código Datação, amostra, dose anual, dose acumulada e idade. ....	118
Quadro 4.7 - Amostra, Th (Tório), U (Urânio), K (Potássio). ....	118



# 1 .INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa

As ações antropogênicas têm efeitos potencialmente capazes de produzir alterações relevantes, nos sistemas naturais, sobretudo, no sistema fluvial e nas organizações espaciais que compõem o baixo curso de bacias hidrográficas, suscitando a necessidade de análises ambientais para um planejamento ambiental eficaz em bacias hidrográficas.

Segundo Ross (1998), as Análises Ambientais visam atender as relações das sociedades humanas, em um determinado território. A natureza, neste caso, é vista como suporte para a sobrevivência humana. Nessa perspectiva, os estudos ambientais, de abordagem geográfica, têm sempre como referenciais uma sociedade (comunidade) que vive em um determinado território (município, estado, país, região, lugarejo, bacia hidrográfica etc.), onde desenvolvem suas atividades, com maior ou menor grau de complexidade.

A erosão acelerada do solo é o resultado mais perceptível na paisagem, sobretudo, em áreas nas quais ocorre assoreamento do canal fluvial, desbarrancamento no leito e margens dos rios. Lugares esses onde ocorrem processos naturais, independentemente da presença do homem.

Tais processos erosivos dos sedimentos e do solo só passam a ser um problema para a sociedade quando o homem ocupa, de modo inadequado, áreas onde esses processos estão ocorrendo, desencadeando, acelerando ou barrando a ação erosiva.

O sistema complexo bacia hidrográfica, Christofolletti (1999), Mattos e Perez Filho (2004), dispõem dos elementos fundamentais para o desenvolvimento das atividades humanas e a consequente organização espacial. Nesse contexto, merecem destacada atenção os recursos hídricos, a qualidade do solo para agricultura, a matéria-prima vegetal e, mais especificamente, o potencial energético e hidráulico.

As usinas hidrelétricas ocupam o percentual de 18% na geração de energia, a nível mundial, e 93,5 %, a nível nacional, o que denota um recurso estratégico para o crescimento econômico do país. Cabe ressaltar que as usinas hidrelétricas são consideradas fonte geradora de energia “não poluente”, frente a outras fontes, como as movidas a hidrocarbonetos e demais matrizes energéticas de recursos naturais não renováveis *International Commission on Large Dams*. (ICOLD, 2011) Na atualidade, o estudo sobre efeitos da construção de barragens em larga escala é de grande relevância, dada à quantidade de reservatórios existentes em escala global.

Segundo a ICOLD (2011), existem, em dados divulgados até 2003, cerca de 50 mil grandes barragens em operação, no planeta, sendo que 18% delas são destinadas à geração de energia hidrelétrica. Por grandes barragens se entende que devam ter altura de 15 metros ou então de 10 a 15 metros e armazenar mais de 3 milhões de metros cúbicos de água em seu reservatório.

Embora os reservatórios criados para gerar energia hidrelétrica sejam empreendimentos de grande importância estratégica para a sociedade contemporânea, no entanto, tais empreendimentos produzem uma série de interferências no padrão da rede de drenagem nas bacias hidrográficas.

Nesse sentido, Cunha (1995) afirma que, em obras de represamento e retificação de canal, a jusante de barragens, objeto de estudo desse trabalho, revela efeitos perceptíveis nos impactos hidrológicos como: redução da carga sólida; salinização da água; alteração nas taxas de infiltração; menor disponibilidade de água subterrânea, ao passo que, os impactos geomorfológicos são destacados como: processos de erosão nas margens; modificações na dinâmica da foz e reajustamento na morfologia do canal principal pela migração dos setores de erosão e sedimentação.

No mesmo âmbito, a degradação ambiental, nas bacias hidrográficas, com a consequente degradação de seus subsistemas naturais, resulta na alteração dos componentes que constituem a bacia hidrográfica, destacando-se a água, solos agricultáveis e as mais variadas áreas de suporte às atividades humanas, culminando em alteração na qualidade de vida da população afetada.

A bacia hidrográfica é considerada como unidade básica do desenvolvimento das atividades humanas, portanto, pondera-se, nesse trabalho, a bacia hidrográfica como um sistema controlado de análise ambiental complexa, com interface e em contato direto com a morfologia costeira.

O baixo curso da Bacia Hidrográfica do rio Jequitinhonha, localizado no Extremo Sul da Bahia, se estende desde o município de Itapebi, onde se localiza a Usina hidrelétrica de mesmo nome, até o Litoral do município de Belmonte. Essa localidade constitui, sem dúvida, uma das províncias geológico-geomorfológicas mais relevantes do litoral da Bahia, não apenas pela sua extensão, mas por ser a unidade que sofre pressão antrópica, dada a sua potencialidade para atividades hidrelétricas.

O cenário acima posto em destaque justifica-se, nos aspectos físicos e ambientais, destacados por meio dos subsídios que se propõe a oferecer, como a análise de impactos ambientais por meio da hipótese de mudança no padrão de drenagem, no canal principal e Delta

do baixo curso da BHRJ, no Extremo Sul da Bahia, visando como resultados do trabalho futuras intervenções na área.

O estudo da área possibilitará um conhecimento detalhado no canal principal e Delta na BHRJ, contribuindo com programas de controle e manejo do meio ambiente, em especial na foz de bacias hidrográficas, que visem valorizá-la e integrá-la ao processo produtivo e ocupação racional de bacias hidrográficas como um todo, sob o ponto de vista da conservação dos recursos naturais e da geomorfologia antropogênica.

A justificativa acadêmica desse trabalho consiste na proposta da utilização do método sistêmico dentro da perspectiva geossistêmica, envolvendo tecnologias avançadas como o SIG Arc Gis 9.3 e métodos de datação por LOE (luminescência Opticamente Estimulada). O estudo detalhado do objeto desse trabalho propicia mudanças no padrão de drenagem no canal principal do baixo curso da BHRJ, passíveis de serem aplicadas a outras bacias hidrográficas no Brasil. Trata-se, portanto, de um estudo, que agrega conhecimentos da Geografia, na área da geomorfologia antropogênica, associados aos estudos sobre processos erosivos e problemas ambientais no Litoral do extremo Sul da Bahia.

## **1.2 Problema**

Quais os possíveis efeitos da ação antrópica no delta e canal fluvial principal do baixo curso do rio Jequitinhonha?

## **1.3 Hipótese**

O rompimento do equilíbrio dinâmico do baixo curso do rio Jequitinhonha, devido à retificação do canal principal e à construção da Usina Hidrelétrica (UHE) de Itapebi, tem provocado alterações na morfologia do mesmo – a jusante da barragem de Itapebi –, e no Delta da foz do rio Jequitinhonha.

## **1.4 Objetivos**

### 1.4.1 Geral

Analisar as alterações do subsistema, canal principal e delta, no baixo curso do rio Jequitinhonha, no Extremo Sul da Bahia, a partir da perspectiva da geomorfologia antropogênica.

### 1.4.2 Específicos

- Caracterizar o baixo curso da BHRJ: geologia, geomorfologia, pedologia, clima, hidrografia e vegetação (mapeamento temático do meio físico);
- Identificar as transformações morfológicas, no canal principal, do baixo curso da BHRJ, na foz do Rio Jequitinhonha após a sua retificação e a construção da barragem da Usina Hidrelétrica de Itapebi;
- Analisar mudanças no Delta e no padrão de drenagem no canal principal do baixo curso da Bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha (BHRJ), a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica de Itapebi.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Fundamentação teórica

A linha teórica adotada neste trabalho é o da abordagem sistêmica, com base na Teoria dos Sistemas Gerais, preconizada por Bertalanffy (1975). Essa concepção propõe um modelo analítico capaz de uniformizar logicamente os processos de conhecimento, nos mais diversos ramos da ciência. Tal teoria, adotada universalmente, reflete um *status* paradigmático no meio científico e, assim, indica problemas e soluções modelares para à comunidade científica de modo geral. (KUHN 1998)

A abordagem sistêmica alicerça a concepção geossistêmica e, por consequência, fornece subsídios ao planejamento territorial e à gestão ambiental, inerentes, ao viés metodológico e ao desenvolvimento das ciências nas mais variadas áreas do conhecimento, destacando-se a sua aplicabilidade na física, biologia, psicologia e na geografia. (BERTALANFFY, 1975)

Conforme Christofolletti (1979; 1980), a Teoria Geral dos Sistemas foi introduzida nos estudos geomorfológicos, ainda na década de 1950, por Arthur N. Straler, ganhando maior alcance com estudos de caráter ambiental, nas décadas posteriores. Christofolletti coloca ainda que os sistemas sejam classificados em: isolados, não isolados, morfológicos, sequência e processos e respostas. O sistema adotado, de acordo com o interesse desse trabalho, é o de sistema em sequência e o de processos - respostas, pois envolve o relacionamento entre vários subsistemas.

De acordo com Bertalanffy (1975), a teoria geral dos sistemas em última análise identifica as propriedades, princípios e leis características dos sistemas em geral, independentemente da sua tipologia, da ordem, da natureza de seus elementos componentes e das relações ou forças entre eles. Cabe ressaltar que um sistema se define como um conjunto de elementos em interação, sendo esta de natureza organizada.

O paradigma sistêmico é de grande relevância para a pesquisa científica na área da geografia, em especial, a geografia física. Considerando-se como objeto de estudo a conexão entre os componentes da natureza, busca-se entender, não apenas a morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas, sobretudo, as conexões, estrutura funcional, a dinâmica dos fenômenos entre outros aspectos que promovam a visão do todo sistêmico. (SOCTHAVA, 1977)

Nessa direção, Mattos e Perez Filho (2005) consideram sistema como um todo organizado e integrado por elementos que se inter-relacionam, ganhando sentido se forem considerados, conjuntamente, a partir de três conceitos: todo, partes e inter-relação. Entretanto, para os autores, apenas a interação entre os elementos não é capaz, por si só, de formar um sistema, mas para constituírem um sistema, esses elementos devem possuir a capacidade de funcionar como um todo integrado. Assim, para a compreensão total desse todo, é necessário o entendimento das suas partes e como elas se inter-relacionam.

Para Christofolletti (1980), uma das principais prerrogativas e dificuldades está em enumerar e classificar os elementos, suas ações e relações, a fim de apresentar, com clareza, a abrangência do sistema.

Portanto, se faz necessário investigar a base estrutural do sistema, constituída pelos elementos e suas relações, ambos representados por meio da organização dos seus componentes. Nesse sentido, permite-se a adoção do método geossistêmico proposto por Sotchava (1977), que integra a corrente espacial e a funcional ligada à geografia, colaborando na compreensão da paisagem como um todo.

Christofolletti (1980; 1999) define sistemas abertos como os que, permanentemente, possuem a capacidade de troca de matéria e energia, por vezes com balanço positivo, outras, com balanço negativo. Nos trabalhos anteriormente citados, Christofolletti afirma que os sistemas abertos são identificados em maior abundância, exemplificados, sobretudo, por meio de vertentes, indústrias, cidades e bacias hidrográficas.

Os geossistemas são unidades naturais integrais que se distinguem em suas transformações por meio do resultado das ações naturais, tais como a dinâmica de fluxos e matérias, tratadas aqui, as relacionadas ao relevo atingido pela erosão hídrica. Apesar de ser um processo natural, a dinâmica de fluxos e matérias sofre influência externa da ação antropogênica, com efeitos diversos no ambiente circunscrito à sobrevivência humana, devido aos diferentes tipos de uso e ocupação da terra.

Os problemas ambientais relacionados à interferência antrópica em sistemas naturais, como as bacias hidrográficas, bem como os efeitos gerados pela construção e utilização de barragens em rios, são de grande relevância para trabalhos relacionados a geomorfologia fluvial, pois tais obras de engenharia alteram a dinâmica dos fluxos de matéria e energia desses geossistemas.

O termo espacial, no contexto da abordagem geossistêmica, destaca a relevância areal/territorial que se materializa em panoramas perceptíveis, na geografia, sendo o principal objeto de estudo da geografia física. Nesse contexto, os instrumentos cartográficos, imagens orbitais e não orbitais passam a ser aliados no processo de visualização dos fenômenos inerentes à análise ambiental de bacias hidrográficas.

Perez Filho (2007) afirma que as alterações, nos subsistemas ou sistemas hidrológicos e geomorfológicos, devem contemplar a análise da escala temporal, segmentada como: escala do tempo presente, tempo histórico humano e tempo geológico ou natural.

A aplicação prática da teoria geral dos sistemas, em geografia faz necessária a retomada de Miller (1965) cujo conceito de sistema específica que essa organização deva possuir um conjunto de unidades com relações entre si. O termo ‘conjunto’ é usado para especificar unidades que possuem propriedades comuns, sendo que o estado de cada unidade é controlado, condicionado ou dependente do estado das outras unidades. O conjunto, então, é organizado em virtude das inter-relações entre as unidades, o grau de organização permite que assumam a função de um todo que é maior que a soma de suas partes (MORIN, 1977). Para o entendimento funcional, os sistemas devem ser definidos para (CHRISTOFOLETTI, 1979):

- a) Elementos ou unidades – são as suas partes componentes;
- b) Relações – os elementos integrantes dos sistemas encontram-se inter-relacionados;
- c) Atributos – são as qualidades que se atribuem aos elementos ou ao sistema, a fim de caracterizá-los. Conforme o sistema pode-se selecionar algumas qualidades para melhor descrever as suas partes. Os atributos podem se referir ao comprimento, área, volume, características da composição, densidade dos fenômenos observados e outros;
- d) Entrada (input) - é constituída por aquilo que o sistema recebe. Um rio recebe água e sedimentos fornecidos pelas vertentes; uma indústria recebe matéria-prima e energia para seu funcionamento; a terra recebe energia solar; um animal recebe alimentação. Cada sistema é alimentado por determinados tipos de entradas;
- e) Saída (output) – as entradas recebidas pelo sistema sofrem transformações em seu interior e, depois, são encaminhadas para fora. Todo produto fornecido pelo sistema representa um tipo de saída. (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 2)

Apesar da dificuldade em identificar os elementos, seus atributos e suas relações para finalidade de delimitação do sistema como objeto de estudo, a ordem classificatória do mesmo é relativamente simples os primeiros sistemas são denominados antecedentes ou controlantes, ao passo que os seguintes são denominados de sistemas subsequentes ou controlados. (CHRISTOFOLETTI, 1999)

Os sistemas, além de serem definidos por características intrínsecas ao seu funcionamento e relação, são organizados para realizar determinada finalidade no conjunto da natureza. Como exemplo as bacias hidrográficas que são organizadas para escoar a quantidade de água e de detritos fornecidos para a sua área de drenagem. (CHRISTOFOLETTI, 1979)

Nesse contexto, a decisão em dividir os diversos níveis e sistemas é sempre arbitrária, envolvendo a noção de limites com relação ao nível de abordagem. No tocante aos mecanismos e estrutura de sua composição, entretanto, quando se arbitra o sistema a ser investigado, torna-se indispensável definir os seus elementos e as suas relações. Segundo Christofolletti (1979), todo esse cuidado tem o objetivo de facilitar a delimitação espacial do sistema e diferenciar as suas unidades componentes, interligadas pelas relações internas. Desse modo estabelecendo-se o sistema natural controlante que atua sobre o sistema controlado por meio da energia livre empregada no controlado.

Os valores dos atributos obtidos em um conjunto de unidades e suas relações funcionais, associados a atributos de outras unidades, podem oferecer parâmetros, como por exemplo, os ligamentos interiores da drenagem fluvial em uma bacia hidrográfica que corroboram nas alterações dinâmicas, geométricas e funcionais no sistema bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1979; 1980; 1990; 1995; 1999).

A análise geográfica se vale para a classificação dos sistemas com diversos critérios. Entretanto, o critério funcional e o da complexidade estrutural são os mais relevantes em trabalhos de cunho geomorfológico. (CHRISTOFOLETTI, 1979). O sistema controlado por caracterizar a atuação do homem nos sistemas de processos e respostas torna-se essencial. Sobretudo a crescente intensificação tecnogênica em organizações espaciais. Nesse sentido, o sistema controlado tem notória aplicabilidade em estudos relativos à geomorfologia fluvial. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

Chorley e Kennedy (1971) assinalam a caixa branca como ferramenta de auxílio, em sistemas controlados, para identificação e análise dos estoques, fluxos e outros processos, com o

objetivo principal de obter o conhecimento minucioso do funcionamento da estrutura interna do sistema controlado, mapeando a transformação em sequência de *input* em *output*.

Christofolletti (1979; 1981) considera a relevância na identificação das relações entre os processos e as formas no sistema controlado. O resultado dessa relação é também entendido como equilíbrio dinâmico entre processos e formas.

Ross (1998) afirma que qualquer modificação do sistema em sequência será refletida por mudanças na morfologia por meio do ajuste das variáveis. O sistema de processos-respostas busca um novo equilíbrio que, conseqüentemente, apresenta uma nova morfologia.

O exemplo clássico de resposta às alterações no sistema hidrográfico pode ser evidenciado por meio da densidade de drenagem em uma bacia hidrográfica. Os aspectos são apresentados na relação capacidade da infiltração e aumento ou diminuição do escoamento superficial inerente à presença ou ausência de cobertura vegetal, angulação das vertentes, gradiente do perfil longitudinal e de equilíbrio transversal de um rio. (CHRISTOFOLETTI, 1981)

Os contextos urbanos e rurais são diferenciados pelo grau de permeabilidade do solo, refletindo diretamente no sistema processos-respostas. A circularidade de ações compreendida como mecanismo de retroalimentação (*feed-back*), pode se comportar hora de forma negativa, hora de forma positiva, de acordo com a resposta às alterações nos elementos ou unidades selecionados no sistema processos-respostas hidrográficos.

Chorley e Kennedy (1971), Christofolletti (1979), e Sothava (1977) afirmam que os sistemas controlados representam a atuação do homem nos sistemas de processos-respostas. Identifica-se o aumento da complexidade pela intervenção antropogênica que se torna cada vez maior em relação proporcional com o aumento dos impactos de intervenção antropogênica no sistema hidrográfico ou bacia hidrográfica, a exemplo de grandes obras de engenharia nesse ambiente.

As válvulas ou variáveis chaves suscetíveis a intervenção antrópica são caracterizadas pelas alterações na distribuição de matéria e energia imbuídas nos sistemas em sequência e, com a conseqüente, modificação nas formas associadas aos processos envolvidos na morfometria fluvial, na foz e adjacentes, como praias marinhas.

Sothava (1977) coloca como instrumentos de análise geográfica as representações cartográficas, gráficos, modelos matemáticos e blocos. O principal papel desses instrumentos é o de modelar e estabelecer conexões com o geossistema, sobretudo, em paisagens antropizadas,

indicando o estado variável de um geossistema em relação ao seu estado primitivo.

Chorley (1971) define que o sistema contém estado variável e invariável. No entanto, a variável é controlada por meios técnicos, ao passo que o invariável independe do meio técnico. Entretanto, ambos, alteram-se com o tempo, de acordo com o potencial natural da localidade.

Ainda (op. cit.), o geossistema episódico recebe interferência uma vez e, depois disso, se desenvolve de maneira nova, embora espontaneamente. No sistema controlado, as influências externas atuam de forma sistêmica com um determinado grau de intensidade. Os sistemas controlados são divididos em dois tipos: controle episódico ou constante. Os fatores antropogênicos e espontâneos influenciam na estrutura de um geossistema. Apesar da influência de determinados procedimentos socioeconômicos, todos os casos são tratados como categoria natural.

Sothava (1977) considera que as categorias econômicas têm pontos de contato com a noção de geossistemas, mas não se fundem ou se confundem com os geossistemas ou sistemas naturais. A classificação de sistemas totais representa, em igual medida, os sistemas geográficos, econômicos, sociais e técnicos interpretados como complexo interativo classificado em diferentes classes de sistemas. Portanto, o estudo complexo exige, sobretudo, uma setorização prévia, sem a qual sua análise efetiva torna-se impraticável. Assim, o geossistema não subdividi-se ilimitadamente, depara-se na dependência da organização geográfica, permitindo a distribuição de todos os componentes de um geossistema, assegurando dessa forma, a sua integridade funcional. (TRICART, 1979)

Os elementos sociais, econômicos e tecnogênicos, que envolvem a sociedade humana, são elementos externos da dinâmica do geossistema e não registram a noção desse ambiente geográfico, nos seus parâmetros espaciais, temporais e funcionais.

O tempo entendido no geossistema é mensurado por eras. A transição de geossistema de um estágio temporal para outro significa sua evolução, objetivo dos estudos paleogeográficos assim como do estudo dos geossistemas. O estágio de evolução constitui a essência de sua dinâmica, os processos dinâmicos e os componentes naturais independentes apresentam diferentes índices de mutabilidade. (SOCTHAVA, 1978)

Ainda segundo Sothava (op.cit.) a maior mobilidade dos geossistemas é potencializada sob a influência do homem. A observação superficial baseada apenas nos aspectos fisionômicos encontra-se próximo do estado caótico. Desse modo emerge a necessidade de se determinar

invariantes do ambiente natural.

Entretanto, Guerra (1994) destaca a relevância dos estados variantes em estudos geomorfológicos, estados que, inerentes à intervenção antrópica, podem alterar os fatores controladores da erosão, contribuindo para intensificar ou conter processos erosivos.

Correa (2007) assegura que a homogeneização da paisagem tem grande relevância, especialmente nos períodos entre rupturas causadas por fenômenos externos ou humanos em relação ao espaço geográfico.

A atividade humana ou antropogênica cria condições favoráveis ao desenvolvimento do geossistema. Nir (1983), Rodrigues (1999; 2005), Peloggia (2005) e Perez Filho et al. (2001), analisam a evolução e interferência da ação antrópica sobre a morfogênese e morfodinâmica baseados na concepção da antropogeomorfologia. No âmbito de tais considerações, as transformações advindas da ação humana resultam na alteração das formas e desequilíbrio dos processos geomórficos em estado natural para morfologias artificiais, como canalização-retilinização de canais, barramentos, impermeabilização de planícies de inundação e vertentes, entre outros.

A geomorfologia antropogênica em sua evolução etimológica surge como termo alternativo à paisagem antropogênica (PEREZ FILHO et al. 2001; SOCTHAVA, 1977). A expressão se edifica na evolução das transformações realizadas pela ação humana e resulta na descaracterização das formas e desequilíbrio dos processos geomórficos, existentes por meio de ações e incrementos de técnicas de apropriação dos recursos naturais cada vez mais sofisticadas e dinâmicas. (SIMON e CUNHA, 2008)

Socthava (1977) considera que o produto da colaboração do homem na paisagem se apresenta, somente, como o resultado de uma ou várias atividades de origem antrópica que afetam a natureza sem necessariamente atribuir efeito nocivo ao ambiente. Nessa perspectiva devem ser observadas as peculiaridades do tempo da natureza, inerentes ao tempo da própria natureza e do tempo antrópico restrito ao tempo do *homo sapiens* quando tiveram início os sistemas tecnogênicos.

No contexto da sociedade contemporânea, o estudo geossistêmico, em muitos aspectos, é relacionado à atuação antrópica, sobretudo, aqueles referentes à dinâmica dos geossistemas, suas peculiaridades funcionais, potencial de recursos e outros problemas, especialmente, àqueles relacionados a sistemas geotecnogênicos.

A compreensão e atuação do homem no tempo natural possibilitam compreendê-lo como agente que acelera ou retarda determinados processos erosivos. O efeito desses processos faz que o homem seja interpretado como um denominador da Terra.

## **2.2 A bacia hidrográfica como unidade básica de análise ambiental**

De acordo com Silva et al. (2010), a bacia hidrográfica pode ser vista de forma simples. Para Sousa et al. (1976) não passa de uma área geográfica coletora de água de chuva que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada. Borman e Linkens (1979), de forma mais complexa, a classificam como uma unidade ecossistêmica básica, considerando todos seus elementos bióticos e abióticos, compreendidos na sua área de abrangência. De forma mais consistente, Guerra (2008) define bacia hidrográfica como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, devendo incluir também uma noção de dinamismo, devido a modificações que ocorrem nas linhas divisoras de água, sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia.

Segundo Christofolletti (1980), a drenagem fluvial é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia hidrográfica ou bacia de drenagem, definida como área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, considerando o *input* e *output* promovido pela ação da água e seus efeitos, associados aos processos erosivos.

Christofolletti (1981) considerou, ainda, estudos aprofundados, relativos às bacias hidrográficas. Dentre esses, destaca-se a dinâmica do escoamento fluvial, responsável pela ação dos sedimentos do leito fluvial, no transporte de sedimentos, nos mecanismos deposicionais e na esculturação da topografia do leito do canal.

A bacia hidrográfica passa pelo entendimento do todo sistêmico, no entanto, torna-se impraticável equalizar e mensurar um rio como um todo, mesmo com o auxílio dos mais variados modelos matemáticos e programas computacionais. Para tanto, deve-se levar em consideração seus elementos e mensurar um rio por meio de unidades do sistema como: débito, velocidade do fluxo da água, largura, estimativa da quantidade de material transportado dentre outros atributos. (CHRISTOFOLETTI, 1979)

O entendimento geográfico de sistemas abertos em bacias hidrográficas é pertinente para análise ambiental e planejamento territorial, pois se tem o conhecimento físico de

irreversibilidade inerente à lei da termodinâmica. (CHRISTOFOLETTI, 1981) Quando uma parcela da energia útil altera-se, dissipando-se de forma irreversível, devido ao fenômeno da entropia, ocorre a desorganização na bacia hidrográfica. O aumento da entropia causa um acréscimo na perturbação que rompe a estabilidade, em analogia ao estado natural de início. (SOCTHAVA, 1977; COELHO, 2001)

O sistema bacia hidrográfica pode ser classificado ainda como de processos-respostas, constituídos pela associação dos sistemas morfológicos e sistemas em sequência. Os sistemas em sequência indicam os processos, ao passo que, os morfológicos representam a forma. (CHRISTOFOLETTI, 1979)

O sistema aberto bacia hidrográfica, após a ruptura do seu equilíbrio dinâmico, passa a ser conduzido ao ponto de relativa instabilidade que tende a evoluir para uma sintropia. O sistema bacia hidrográfica é dinâmico, na escala espaço-temporal, até que, novamente, haja uma ruptura caracterizada pela quebra de simetria. Entretanto, o aumento da entropia, durante a ruptura do equilíbrio dinâmico, na prática, é assinalado por uma deterioração na sua capacidade energética/organizacional. (COELHO, 2001)

Socthava (1977) afirma que, logo após a entropia, o sistema pode entrar em processo contrário, se comportando com uma entropia negativa (sintropia ou negentropia), caracterizada por fenômenos que exercem papel construtivo no desenvolvimento organizacional do sistema hidrográfico, e cuja base é o princípio oposto ao da entropia. Apesar disso, os fenômenos da auto-organização não são necessariamente equilibrados.

O geossistema bacia hidrográfica, tanto quanto os sistemas territoriais produtivos, representam uma hierarquia de níveis de organização. Quando se faz a predição do sistema bacia hidrográfica, a influência dos fatores socioeconômicos não deve ser de modo algum, ignorada. Entretanto, prevalece como objeto de estudo, o sistema natural bacia hidrográfica, em detrimento ao *input* antropogênico nesse sistema. (SOCTHAVA, 1977)

A escala temporal tem grande relevância na representação dos processos hidrológicos e geomorfológicos em bacias hidrográficas. No tempo presente, podem-se identificar variações espaciais na profundidade e velocidade em calhas condicionadas pela morfologia dos canais fluviais. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

De acordo com Perez Filho (2006), oscilações nas áreas dos fluxos fluviais são dependentes do ajuste da vazão, em determinada seção transversal ou curso do canal principal.

Notoriamente, na escala de tempo do presente, a morfologia do canal é independente e determinada.

Cruciani (1980) afirma que o regime das vazões ou débito de um curso d'água, durante certo período, é o único termo do balanço hidrológico de uma bacia hidrográfica que pode ser determinado com precisão. Os outros elementos do balanço hídrico, como as precipitações, evaporações e evapotranspiração, só podem ser estimadas a partir de medidas em alguns pontos da bacia, ou deduzidas a partir de fórmulas hidrológicas estimadas.

A bacia hidrográfica está sujeita a alterações na sua geometria como um todo, além da mudança da dinâmica de matéria e energia que a compõe. Assim, Drew (1996) considera o sistema aberto bacia hidrográfica, caracterizado, especificamente, pela sua capacidade de receber energia e devolvê-la ao exterior.

Chorley e Kennedy (1971) e Christofolletti (1980; 1981) conceituam algumas bacias hidrográficas como sistemas controlados, sobretudo, as que utilizam os sistemas tecnogênicos (obras de engenharia), potencialmente modificadores da forma e funcionamento da morfologia fluvial. Ainda de acordo com os autores anteriormente citados, os sistemas controlados bacia hidrográfica trabalham com processos-respostas às intervenções oriundas das obras de engenharia eminentemente antropogênicas.

Segundo Christofolletti (1980), os subsistemas têm algumas qualidades a partir das quais o autor os classifica de acordo com quatro atributos. Primeiro: a declividade, que exerce o trabalho de direcionar e intensificar os fluxos de matéria e energia. Segundo: o lençol freático, que exerce a capacidade de armazenamento e/ou fornecimento de água. Terceiro, a precipitação: o volume de água, que entra no sistema, se estabelece como agente de erosão, transporte e deposição de detritos. E, por último, a morfologia: a influência no volume de precipitação condiciona a direção dos fluxos de matéria e energia.

Ainda de acordo com o autor, tomando por base os subsistemas que compõem a bacia hidrográfica, o subsistema litologia atua na estrutura, no modelado, porosidade e capacidade de armazenamento de água. Explica-se: no subsistema maré, funciona como agente de erosão, transporte e deposição de sedimentos regulando a entrada e/ou saída de água do oceano; para o subsistema vegetação, exerce a estabilidade do material e/ou fornecer matéria orgânica e alimento à fauna; em relação ao subsistema canal fluvial, atua como receptor ou local onde a matéria água e sedimentos são drenados, sendo responsável também pelo escoamento das águas fluviais.

As análises de sistemas controlados e de subsistemas naturais servem de subsídio para tomada de decisões envolvendo problemas conservacionistas, principalmente no sistema aberto bacia hidrográfica, haja vista esse sofrer o impacto de atividades antropogênicas e as mais variadas intervenções de caráter tecnogênico.

### **2.3 O Canal fluvial**

De acordo com Guerra e Guerra (2008), o canal principal é definido como local onde se escoam as águas fluviais, apresentando-se nas mais variadas formas geomórficas, tais como meandranes, anastomosados, ramificados, irregulares, reticulados, retos e deltaicos.

Leopold et al. (1964) destacam a relevância, no entendimento dos processos inerentes aos canais fluviais, para trabalhos relativos à geomorfologia. Os autores enfatizam, sobretudo, a circulação da água em superfície e subsuperfície, e os sistemas de alimentação dos cursos d'água. Além desse entendimento os autores sinalizam para o entendimento da erosão provocada pela migração dos canais, ou sepultados por diferentes processos sedimentares.

Segundo Richards (1982), Zancopé e Perez Filho (2006), os padrões de canal fluvial permitem compreender as diversas dinâmicas fluviais às quais o rio está submetido. A investigação dos parâmetros morfométricos admite identificar e caracterizar os padrões de canais por meio de: índice de sinuosidade, morfologia do canal, relevo das planícies, largura da planície fluvial, largura do canal, profundidade do canal, velocidade do fluxo e vazão.

Nanson e Croke (1992) consideram a classificação genética dos rios, associada à disposição geométrica dos canais fluviais, como essencial na classificação do escoamento superficial e dinâmica dos fluxos de matéria e energia na calha fluvial. Os autores enfatizam a relevância de se trabalhar com a concepção de padrões de drenagem dos tipos compostos.

Latrubesse et al. (2008) consideram os padrões de drenagem, em canais fluviais, como resposta à variação e ao tipo de sedimentos transportados ao longo de grandes rios, envolvendo, nesses padrões, análises que correlacionam vazão de margens planas, declividade e largura, esses últimos inerentes, por consequência, às taxas de transporte, de deposição e, em última análise, à forma do canal.

Christofolletti (1981) assinala como ponto fundamental os padrões de canal fluvial consistir, em um controle determinado por uma inter-relação dominada por um emaranhado de

variáveis. A inter-relação dos padrões de canal fluvial varia de modo contínuo, na natureza, tanto no tempo quanto no espaço, podendo ser encontrada uma complexa variedade de padrões de canais fluviais.

De acordo com Knighton (1984), são de grande relevância os estudos relativos ao canal fluvial inerentes a processos de erosão marginal, carga sedimentar, distribuição das velocidades de fluxo e o assoreamento.

Borges (2004) afirma que há poucos registros na produção científica brasileira a respeito do assunto. A maior parte dos estudos está concentrada no Sudeste do país, especificamente no Rio Paraná, e apenas o baixo Rio São Francisco e o alto Rio Araguaia dispõem de estudos atualizados. Nesses aspectos, cabe ressaltar os estudos de Perez Filho (2001), Perez filho, Donzelli e Lepsch (1980) e Zancopé, Perez filho e Carpi jr (2009), sobre os rios Mogi-Guaçu e Piçarrão, ambos localizados no interior de São Paulo.

Schumm (1985) tem a classificação mais usual para os padrões de canais fluviais e, por consequência, a melhor aceita entre os geomorfólogos. O estudioso reconheceu 14 padrões, tomando como referência básica o tipo de sedimentos movimentados e depositados no canal fluvial.

Apesar de haver diversas formas associadas a regimes de rios interessam, nesse trabalho, os fenômenos de aluvionamento, destino final de materiais detríticos no canal principal, ambos situados em baixos cursos de bacias hidrográficas.

Christofolletti (1981) afirma que os ambientes aluvionais são formas topográficas resultantes dos processos deposicionais e a variação dos tipos de formas é inerente às condições de sedimentação e ao arranjo estrutural do acamamento sedimentar. O autor ainda coloca que outros tipos de formas topográficas são relacionados aos processos erosivos atuantes no canal fluvial, traduzidos, por meio da força exercida pelo fluxo aquoso na litologia do leito e margens do canal principal.

Em relação aos depósitos em canais fluviais, esses são formados pelo trabalho do fluxo dos canais aluviais, que englobam a sedimentação defasada da carga detrítica, os cordões marginais convexos, os bancos detríticos centrais e os depósitos de colmatagem de canais. (CHRISTOFOLETTI, 1981)

Bridge (2003) afirma que a energia dos canais fluviais (*stream power*), a rugosidade e o tipo de grão são variáveis dependentes e básicas na identificação de um padrão de canal. A

largura integrada à taxa de sedimento transportada é proporcional à energia específica, por unidade de comprimento do canal fluvial (*specific stream Power*).

Kuerten (2006) e Santos (2008) asseguram que a análise do canal fluvial envolve uma análise que correlaciona declividade, largura e vazão de margens plenas que, por sua vez, refletem nas taxas de transporte e depósito dos sedimentos e por conseqüência na forma do canal.

Latrubesse e Stevaux (2005) e Latrubesse et al. (2009) consideram a variação das formas dos canais aluviais nos trópicos e suas repostas geomorfológicas, envolvendo desde o embasamento até o desmatamento da bacia do rio Araguaia e os reflexos oriundos de tais fatores nas alterações espacial e temporal na morfologia daquele rio.

Os depósitos oriundos do canal principal fluvial recobrem planícies de inundação, resultado da deposição detrítica. Esses processos se apresentam na justaposição vertical de sedimentos acomodados em seqüências de sedimentos.

Segundo Cavalcante (2012) destaca-se, também, como variável fundamental na determinação em um padrão de canal, o tipo de sedimento disponível ao transporte e resistência do débito, associado à rugosidade do canal.

Bridge (2003) afirma que o aumento na amplitude da vazão (Q) e declividade (S) para um tipo de sedimento terá como efeitos o aumento do transporte de sedimentos e a mudança no padrão de drenagem.

Christofoletti (1981) afirma que o emaranhado das ações erosivas e deposicionais, no tempo e no espaço, causam complexos de formas topográficas que aparecem como repostas a ambientes de sedimentação em escala de grandeza maior, caracterizando as planícies de inundação, os deltas, os cones aluviais e as formações sedimentares.

## **2.4 Deltas**

O termo Delta vem da quarta letra do alfabeto grego, criada por Heródoto há aproximadamente 2.500 anos A.P., referindo-se à forma apresentada pela feição subaérea da foz da bacia hidrográfica do rio Nilo. Nesta foz, a planície aluvial, atualmente, configura-se entre dois tributários principais e assemelha-se à letra Delta. (CHRISTOFOLETTI, 1981 e SUGUIO, 2003)

Rossetti (2008) define deltas como ambientes deposicionais, localizados na desembocadura de um rio, onde o aporte de sedimentos é mais rápido do que seu retrabalhamento por processos atuantes na bacia de deposição, bacia essa que pode ser um lago ou oceano. Rossetti considera ainda que, apesar do Delta inicialmente ser definido por geometria triangular com base no alfabeto grego, sua morfologia é mutável e abastece informações preciosas sobre os processos que condicionam sua evolução.

Segundo Guerra e Guerra (2008), o termo delta não se restringe apenas à forma apresentada nas fozes dos rios, mas é um conceito de amplitude geomorfológica que requer entendimento genético por meio dos depósitos sedimentares que surgem no local de determinadas desembocaduras de rios.

De acordo com Suguio (2003), o sistema deltaico é o conjunto de elementos e subsistemas que constituem o complexo deltaico, com litologia e gênese semelhante, porém, com temporalidade e espacialidade diferenciada e independente. A condição ideal para se formar um Delta é a de um sistema deposicional de sedimentos, alimentado por um rio que causa uma progradação irregular da linha de costa. (SCOOT; FICHER, 1969)

Para as condições brasileiras, o conceito mais adequado de Delta é o de Wright (1978) que considera o delta um sistema deposicional alimentado por um rio, dando origem a uma progradação irregular da linha de costa. Nesse sentido, os deltas são fácies sedimentares comuns pelo fato de constituírem zonas de progradação associadas a um curso fluvial, formadas a partir dos sedimentos carreados por um rio.

Os deltas, devido a sua disponibilidade de recursos naturais, em especial os hidrocarbonetos, têm demandado muitas pesquisas na área de recursos energéticos. Por conta de sua relevância econômica, a aplicação desses estudos é direcionada para prospecção, exploração de carvão mineral e petróleo. (SUGUIO, 2003)

O entendimento da sedimentação deltaica está associado ao ciclo deltaico. Esse é constituído de fases construtivas e destrutivas. A fase construtiva é formada por um período ativo e de intensa progradação de sedimentos circunscritos aos distributários da foz e cujo final é caracterizado pelo abandono desses distributários, tornando extensa a progradação dos sedimentos. Após esse período, inicia-se a fase destrutiva que é caracterizada pelo período de retrabalhamento dos depósitos por processos ativos, na bacia receptora, apresentando feições marinhas típicas. (COLEMAN; GAGLIANO, 1965; SCRUTON, 1960; SUGUIO, 2003)

Os fatores que controlam a formação de um Delta são relacionados à corrente aquosa do rio que tenha sua fluidez lançada para um corpo d'água permanente, em relativo repouso. A carga sedimentar carregada para fora tem, na energia do meio receptor, força insuficiente para dispersá-lo ao longo da costa. Assim, para que haja o surgimento do Delta, é necessário que exista um déficit de energia no meio receptor.

## **2.5 Método de datação para análise de sistemas**

A datação é concebida como a determinação da idade de um objeto, fenômeno natural ou uma série de eventos. Os tipos básicos de metodologia de datação são divididos em relativo e absoluto. (PATTERSON; SMITH; LOHMANN 1993)

A datação relativa, a ordem temporal de uma sequência de eventos, é o método mais divulgado em estudos geomorfológicos, pois permite ao pesquisador prever se um determinado elemento ou fato é mais antigo ou mais recente. Permite também determinar a cronologia da ordem do depósito dos elementos ou fatos geomorfológicos.

Baseados no estudo de matéria orgânica e organismos fossilizados, Pigati et al. (2004) e Negri (2009) ressaltam que, na datação absoluta ou cronométrica, o pesquisador estabelece a idade, elemento ou fato geomorfológico em anos, geralmente compreendidos no período holoceno.

As técnicas de datação e análises de sedimentos vêm sendo utilizadas na geomorfologia, constituindo excelentes ferramentas para se estimar, cronologicamente, períodos distintos da gênese e evolução da paisagem, inerentes a processos geomorfológicos teorizados previamente e modelados, permitindo antecipar cenários futuros.

A dinâmica da paisagem e do relevo pode ser entendida por meio da análise dos componentes naturais (geossistemas) e antropizados (socioeconômico) e unidade básica de análise ambiental e planejamento ambiental, bacia hidrográfica. (ZANCOPÉ, PEREZ FILHO; CARPI JR 2009)

Portanto, o método de datação torna-se eficaz para se discutir o entendimento da sequência de acontecimentos deposicionais de origem sedimentar. O uso de avanços tecnológicos e a confiabilidade na sua eficácia corroboram ou falseiam concepções abstratas sobre a evolução

das paisagens, mais precisamente, no sistema aberto e controlado bacia hidrográfica.

## **2.6 Erosão e problemas devidos ao depósito de sedimentos.**

De acordo com Araújo, Almeida, e Guerra (2008), a erosão hídrica, em bacias hidrográficas que se encontram na condição de sistemas controlados, se comporta, sobretudo, pela predominância de dois intemperismos: a erosividade e a erodibilidade, ambos impulsionados pela ação das águas pluviais. Conhecido como efeito *splash* e a erosividade se dá pelo golpeamento das águas pluviais em solos geralmente desprovidos de cobertura vegetal; a erodibilidade é decorrente da suscetibilidade que determinados tipos de solo tem de erodir.

Esses efeitos, que desagregam o solo e desencadeiam processos erosivos, são caracterizados por três etapas distintas: desgaste determinado por intemperismo físico, químico ou biológico; transportes desencadeados por agentes externos e internos telúricos, responsáveis pela energia potencial; cinética e deposição, resultados da acomodação do material transportado.

O depósito de sedimentos pode ocorrer tanto próximo ao local de erosão quanto distante. Esses depósitos podem ser em locais planos, em canais, planícies de inundação, reservatórios, deltas, estuários e no oceano. O sedimento pode causar danos as atividades socioeconômicas, dependendo da quantidade, qualidade e local de deposição.

Carvalho (2008) considera como danos o depósito de sedimentos em reservatórios, o que pode provocar o assoreamento, reduzindo o volume de água, a regularização do curso d'água e a vida útil do lago. Tais sedimentos podem ainda assorear obras de arte, tomadas d'água e outras estruturas fluviais, bem como as calhas dos rios prejudicando a navegação devido à redução da profundidade. Os depósitos de sedimentos podem também aumentar os riscos de enchentes pela redução da capacidade do canal. Os riachos assoreados prejudicam os animais, inclusive, o gado que vai beber água, terminando por ingerir sedimento, prejudicando a saúde do rebanho.

Brandt (2000) considera como danosos os materiais depositados em terras de fazendas, ao sopé dos declives, ou em terraços férteis, soterrando valiosos cultivos, pois podem reduzir a fertilidade dos solos se a cobertura de sedimentos não contiver nutrientes. Em algumas áreas, os sedimentos depositados reduzem a drenagem superficial, cujos efeitos danosos se refletem nos depósitos, em canais de irrigação e de drenagem, canais de navegação e de escoamento de enchentes, em reservatórios e portos, ruas, estradas, edificações, o que, não somente, cria

transtornos, mas também impõe altos custos públicos com serviços de manutenção.

Carvalho (2008) aponta que o sedimento que se deposita em áreas produtivas diminui ou paralisa, temporária ou permanentemente, o crescimento das plantas, em ocasião de enchentes, podendo cobrir rodovias, danificar seriamente propriedades, áreas urbanas, ruas, gramados e jardins. Os diques naturais que se formam pouco a pouco nas margens dos rios costumam apresentar um depósito de material fino na sua base, diminuindo a permeabilidade do solo e favorecendo a formação de área encharcada na zona da várzea, tanto devido ao dique quanto à impermeabilidade.

Carvalho et al. (2000) e Carvalho (2008) afirmam que os sedimentos que se depositam em canais são constituídos de material fino, permitindo o crescimento de vegetação e prejudicando o escoamento. Os autores consideram, ainda, o fato desse sedimento, ao se depositar em canais de irrigação, criar sérios problemas devido à elevação do nível da água, redução do volume e danos às plantações. Os autores destacam também que a obstrução de desvios e escoadouros, causada pelo acúmulo de sedimentos, reduz a quantidade de água disponível.

Carvalho (2008) aponta que a inundação com sedimento grosso, em áreas irrigadas, reduz a fertilidade dos solos, enquanto o sedimento coloidal reduz a permeabilidade, sendo que nos dois casos a fertilidade das terras irrigadas é reduzida, ao passo que o assoreamento de lagos dificulta ou impede o pouso de hidroaviões.

Diante das idéias expostas, o estudo da erosão e dos problemas relacionados ao transporte e depósito de sedimentos é de grande relevância para a geomorfologia antropogênica, com implicações positivas para a análise ambiental e para ordenamento espacial.

## **2.7 Vazões e problemas relacionados à regularização de barragens**

Segundo Sousa (1976), a vazão (débito fluvial), elemento que compõe uma bacia hidrográfica, pode ser entendida como o volume de água escoado numa determinada unidade de tempo, atribuído a uma seção do curso de água, em uma área canalizada ou curso d'água natural. A vazão total na saída da bacia de drenagem (seção considerada ou ponto de exutório) é conhecida tecnicamente como hidrógrafa. A vazão e o regime das vazões de um curso d'água é resultado do escoamento ou escoamento superficial. (CRUCIANI 1980)

Nesse sentido, a vazão acontece, em maior escala, nos terrenos argilosos ou rochosos, com declives acentuados, e nas áreas degradadas onde as coberturas vegetais não mais contribuem para maior infiltração da água. Assim, essas características fisiográficas atendem principalmente à demanda de obras de engenharia hidráulica voltadas para a construção de barragens com a finalidade, sobretudo, de irrigação agrícola e geração de energia elétrica.

O escoamento subsuperficial, considerando a maioria dos sistemas, geralmente é maior em terrenos arenosos, e o fluxo de água subterrânea ou vazão de base consiste na água acumulada no subterrâneo, que se infiltra para o curso d'água, mantendo a vazão nos períodos de estiagem. (CALASANS; LEVI; MOREAU, 2002)

A taxa de infiltração/retenção de água e a conseqüente liberação gradual para o sistema lótico decrescem em função da retirada de vegetação, incidindo na rápida variação diária das vazões após chuvas normais, ou seja, a bacia perde a sua capacidade de retenção de água, aumentando o processo de carreamento de sedimentos, o que causa a degradação de todo o sistema. (SCHIAVETTI; SCHILLING; OLIVEIRA 2002)

Segundo Tucci (1997,) por se tratar de um sistema aberto e com elementos, relações, atributos, *inputs* e *outputs* singulares e complexos, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica pode alterar-se ou produzir vazões, de acordo com condições climáticas variáveis ao longo do tempo, devido a diferentes condições, muitas delas ainda desconhecidas.

Nesse sentido, Christofolletti (1979) afirma que, além do funcionamento e relacionamento, para que o sistema aberto e controlado bacia hidrográfica seja caracterizado, deve-se entender a funcionalidade do sistema para determinada tarefa, tendo que atingir determinada finalidade ou objetivo.

Quanto à vazão ou débito, essa pode ser condicionada pela declinação do rio de acordo com as energias potencial e cinética no canal, levando-se em consideração o gradiente topográfico entre a montante e a jusante do rio. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

No caso de rios que sofrem barramentos na saída de água por escoamento superficial, também considerados do tipo sistemas controlados, têm a morfologia de perfil côncavo, com aclives maiores em direção à nascente (rios encachoeirados).

Cursos de água que apresentam tal morfologia são considerados em equilíbrio dinâmico passam pelo processo de ajuste entre a atuação da erosão nas suas etapas de desgaste, de transporte e deposição. O perfil longitudinal é estabelecido por meio dos dados da distância

acumulada e das cotas das curvas de nível.

De acordo com Bigarela e Suguio (1979), Christofolletti (1981), Tucci (1997) e Carvalho (2008), em condições naturais, da montante para jusante verificam-se, no sistema canal fluvial, os seguintes padrões: o aumento do débito, da largura e da profundidade do canal, da velocidade média das águas e do raio hidráulico. Além dos padrões elencados anteriormente, os autores destacam a diminuição do tamanho dos sedimentos, da competência do rio, da resistência ao fluxo e da declividade.

Com efeito, o perfil longitudinal surge como resposta ao controle exercido por esses elementos no sistema canal fluvial. Entretanto, obras de engenharia como barramentos e retificação do canal principal do rio alteram padrões hidromorfodinâmicos relacionados aos fluxos de matéria e energia.

Diante do exposto, as bacias hidrográficas são organizadas para escoar, via vazão ou débito, a quantidade de água e detritos para a sua área de drenagem, influenciando na alteração de energia, fluxos e matéria, com efeitos negativos, no decorrer do tempo e espaço, para rios que sofrem barramentos e retificação do sistema canal fluvial.

## **2.8 A construção de barragens e seus impactos ambientais.**

Graf (2006) afirma que obras de engenharia como grandes barragens têm a capacidade de reter os sedimentos e alterar o trabalho do fluxo no canal principal. Os rios barrados podem apresentar padrões compostos, devido à grande amplitude das vazões máximas e mínimas na operação dessas barragens, que resultam em canais entrelaçados, nos altos cursos, e meandros, nos baixos cursos dos rios.

De acordo com Cunha (1995), em obras de represamento, a jusante de barragens, objeto de estudo deste trabalho, os impactos hidrológicos são: redução da carga sólida; salinização da água; alteração na estrutura térmica; alteração nas taxas de infiltração; menor disponibilidade de água subterrânea.

Os impactos geomorfológicos causados pelo barramento de rios podem ser elencados como: entalhe no leito do rio, com a conseqüente descida do nível de base local. Com relação à erosão regressiva, observa-se a descida do nível de base dos afluentes com a retomada erosiva (entalhe) dos seus leitos. Verifica-se também a formação de novas áreas de inundação, a alteração

nos sedimentos de fundo e das margens. Na morfologia, pode ser atestado o reajustamento do canal pela migração dos setores de erosão e sedimentação. Com isso, intensificam-se os processos de erosão nas margens, os processos de deposição nas margens e fundo do leito, bem como modificações na dinâmica da foz. (CUNHA, 1995)

Segundo op cit., além dos impactos relacionados anteriormente, outros podem ser considerados no sistema, a depender do objeto de estudo de cada projeto e da área de conhecimento que o pesquisador está habilitado. Seguem alguns exemplos de impactos potenciais à jusante de barragens: impactos micro-climáticos que variam, a depender da superfície média do espelho de água do reservatório. Tais impactos podem se estender em áreas adjacentes às barragens, incluindo sua jusante, ocasionando aumento da taxa de evaporação, redução da amplitude térmica, aumento da umidade relativa e de formação de neblina e da taxa de precipitação.

Assim, a amplitude dos impactos, no rio natural, é inerente à dimensão do reservatório e à intensidade de permanência da sua operação. As plantas macrófitas e o grau de intensidade biótica aumentam da nascente em direção ao setor médio do rio, diminuindo em direção a foz. (WARD e STANFORD, 1983 e 1995)

De acordo com Buma e Day (1977), nenhuma resposta do canal pode ser identificada ou analisada, antes de cinco anos de represamento, e essas mudanças podem ocorrer por mais de 50 anos após a sua construção. Assim, o rompimento do equilíbrio dinâmico fluvial, por efeito do represamento do canal fluvial, tende a se reorganizar, no sistema fluvial, com uma modelagem temporal de caráter preditivo.

Nesse âmbito, muitos trabalhos, em escala mundial, vêm sendo desenvolvidos, buscando a análise e a conseqüente compreensão do reajustamento morfológico do canal principal do rio, com o intuito de modelar o tempo de resposta morfológica para se atingir o estado de equilíbrio fluvial. (PETTS, 1980)

Segundo Coelho (2008), os efeitos adversos para geração de energia elétrica, provocados pelos barramentos e operação dos reservatórios, são pouco abordados na geomorfologia fluvial brasileira. O entendimento acerca dos mecanismos e processos envolvidos na dinâmica fluvial de rios obstruídos por barragens requer a discussão e elaboração de novas pesquisas nacionais, como também técnicas que reduzam os efeitos negativos causados por essas obras de engenharia hidráulica.

Nesse sentido Levanteza e Perez Filho (2008), Zancopé, Perez filho e Carpi jr (2009), em trabalhos relacionados, respectivamente, ao da bacia hidrográfica do córrego da Aroeira e do barramento do rio Mogi Guaçu, ambos no estado de São Paulo, afirmam que o entendimento dos processos de erosão, transporte e deposição em sistemas fluviais variam no tempo e no espaço, são interdependentes e inerentes ao funcionamento do sistema em estudo.

Assim, fatores como vazão, natureza do solo ou dos sedimentos nas etapas de erosão, transporte e deposição refletem, de forma direta, na estabilidade do canal fluvial e de todo o sistema aberto bacia hidrográfica. As mudanças inerentes a esses fatores rompem com o equilíbrio do sistema até chegarem a uma nova condição de equilíbrio. (CHORLEY, 1971; CRISTOFOLETTI, 1999 e MATOS e PEREZ FILHO, 2004)

A corrente fluvial ou vazão, com sua velocidade alterada nos mais variados setores do canal fluvial, fenômeno ocasionado pela construção e operação de barragens, serve como exemplo do rompimento de equilíbrio do sistema controlado, conclusões essas baseadas no entendimento de caixa branca, caracterizado pela retroalimentação positiva. (CHORLEY e KENNEDY, 1971 e CRISTOFOLETTI, 1979)

Os fatores alterados podem ser elencados como: mudança na declividade do perfil longitudinal, volumes das águas, a forma da seção transversal, coeficiente de rugosidade do leito e viscosidade da água. As barragens, então, exercem a função de obstáculo, influenciando na eficiência do fluxo das águas, que pode ser turbulento ou laminar. (SUGUIO e BIGARELLA, 1979; CRISTOFOLETTI, 1980 e 1981; CUNHA, 2001a; BIGARELLA, 2003; SUGUIO, 2003)

Conforme Carvalho (2008), os efeitos à jusante da barragem estão associados a processos erosivos e mudanças substanciais no curso d água e sua morfologia, ao passo que à montante, os efeitos são perceptíveis por meio de diferentes depósitos de sedimentos.

Nesse sentido, Alvarez (1986), Morris e Fan (1997), Carvalho & Wilson (1998), e Carvalho, (1988; 2008) consideraram como efeitos mais relevantes que ocorrem à jusante de barragens, a erosão imediata na posição de descargas de vertedouro e de tomadas d águas, o rebaixamento de fundo do rio, no estirão local à jusante da barragem, as mudanças morfológicas no canal principal e o recuo da planície costeira adjacente à foz, todos esses problemas relacionados diretamente ao processo de erosão.

Em última análise, a construção de barragens produz efeitos hidrológicos que controlam a vazão líquida e sólida, resultando na regularização dessas à sua jusante, ao passo que o processo

relacionado aos sedimentos suspenso a carga s33lida, causando os mais variados efeitos na din4mica fluvial e sua morfologia.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição da área de estudo

A BHRJ (Figura 3.1) nasce na Serra do Espinhaço, ao Sul da cidade de Diamantina, Estado de Minas Gerais, a uma altitude aproximada de 1.260 m, com seu exutório no Oceano Atlântico, no município de Belmonte, na região econômica do Extremo Sul do Estado da Bahia SEI (2001) compreende uma área total de aproximadamente 70.315 km<sup>2</sup>, sendo que a porção baiana, onde se desenvolve a área de estudo desse trabalho, está contida, o baixo curso do rio Jequitinhonha que abrange, aproximadamente, 3.996 km<sup>2</sup> (IBGE, 2005).

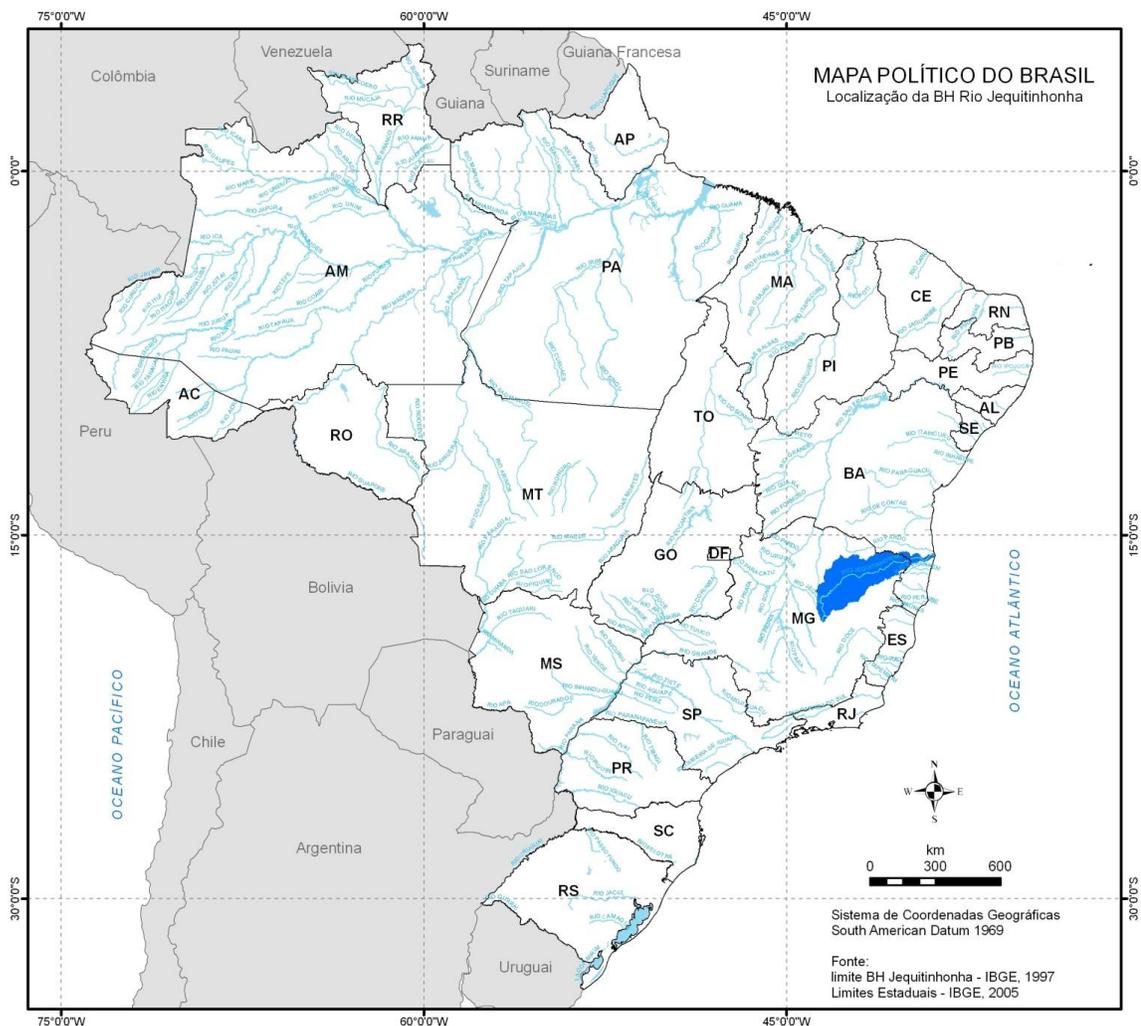


Figura 3.1 - Localização da Bacia do Jequitinhonha

A maior parcela da BHRJ situa-se no nordeste do estado de Minas Gerais, totalizando 66.319 km<sup>2</sup>, compreende 93,6% da sua área total, ao passo que a menor área que ocupa a região

econômica do Extremo Sul do estado da Bahia, compreende 6,4% da sua área total. Limita-se, ao Norte, com a bacia hidrográfica do rio Pardo; ao Sul, com a bacia hidrográfica do rio santo Antônio; a Oeste, ultrapassa o limite territorial do estado da Bahia, adentrando o estado de Minas Gerai, limita-se, fisicamente com a bacia hidrográfica do rio São Francisco, a Leste, com o oceano Atlântico, SEI (2004), (Figura 3.2).

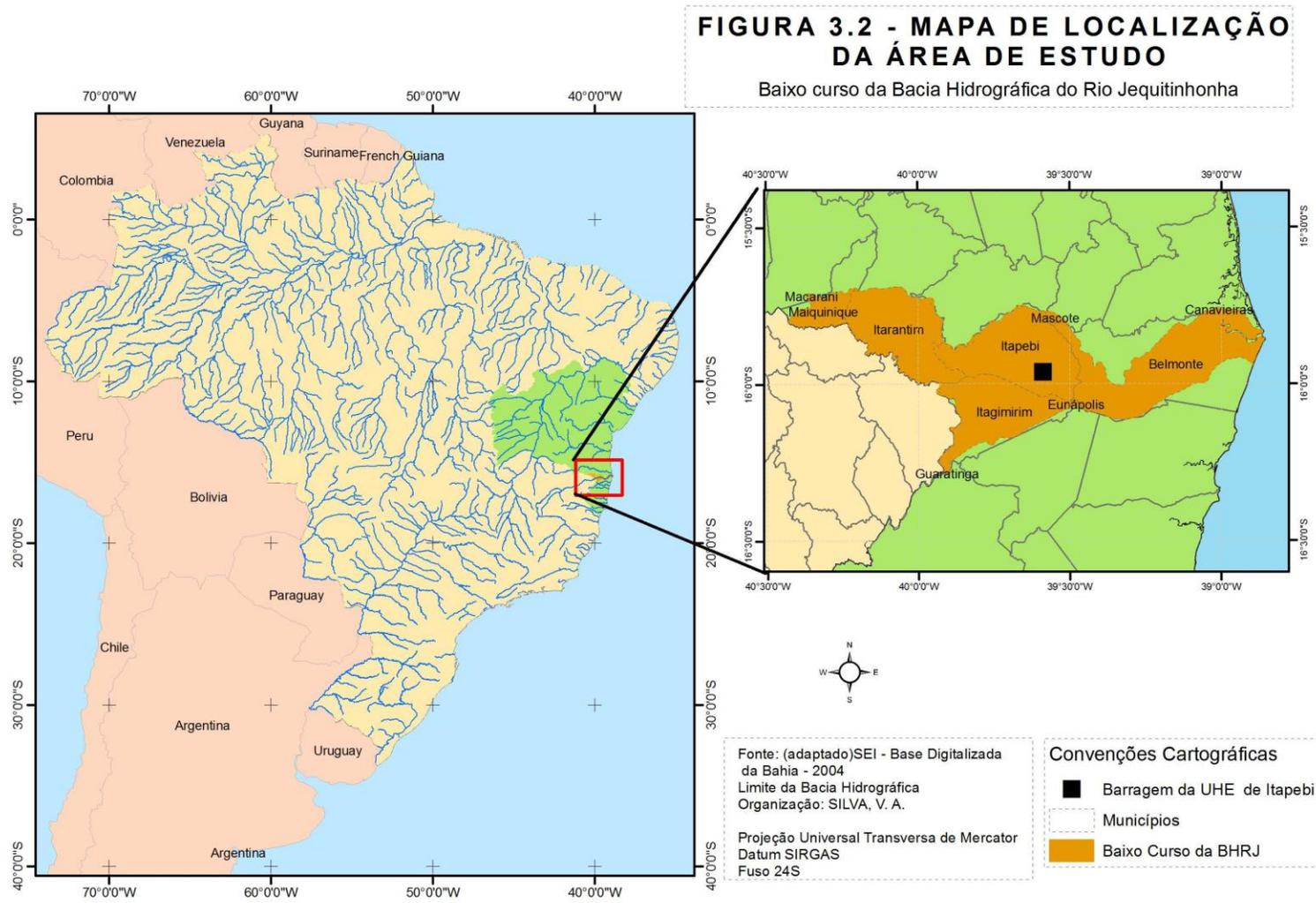


Figura 3.2- Mapa de Localização da Área de Estudo

O baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha (BHRJ) considerado, nesse trabalho, a partir da barragem de Itapebi, nível de base atual, até a foz do rio Jequitinhonha, situa-se no Extremo Sul do estado da Bahia e envolve os municípios baianos de Itapebi e Belmonte. (SEI, 2001)

A área de estudo desse trabalho, o canal principal do rio Jequitinhonha, situado entre a jusante da barragem de Itapebi, de latitude  $15^{\circ} 58' 15''$  S e  $39^{\circ} 34' 57''$  O, e a foz da bacia hidrográfica, mais precisamente ao leste, o Delta desse rio, situa-se entre  $15^{\circ} 50' 32''$  S e  $38^{\circ} 51' 17''$  O, tem os mesmos limites físicos da BHRJ, apresentados anteriormente na localização da BHRJ, com exceção do limite Oeste, que é considerado, para esse trabalho, a montante da barragem de Itapebi, compreendido pela estrutura de barramento na UHE de Itapebi.

### **3.2 Aspectos históricos**

O processo de ocupação e expansão do território brasileiro iniciou-se com a capitânia hereditária de Porto Seguro (SEI 2011), às margens do antigo rio Grande, atual rio Jequitinhonha (TAVARES, 2000). Desde esse período, o rio Jequitinhonha já sofria o efeito de grande pressão nos seus recursos naturais em decorrência da supressão da Mata Atlântica e com a exploração do pau brasil (*Caesalpinia echinata*) e outras madeiras nobres para o abastecimento de Portugal.

No entanto, toda região da antiga capitânia sofreu estagnação econômica durante o ciclo econômico da cana de açúcar que, por razões desconhecidas, pouco se desenvolveu na foz da BHRJ, uma vez que os índios botocudos, habitantes da região, receberam amistosamente os portugueses e jesuítas pioneiros. (SPIX, 1981)

O papel dos rios baianos na ocupação do interior brasileiro é caracterizado, sobretudo, também pelas missões religiosas:

As missões religiosas e as expedições também tiveram papel importante na penetração do interior baiano e formação do território do Estado. As expedições, buscando ouro, prata e pedras preciosas, partiram de Salvador, Porto Seguro e Ilhéus, nos séculos XVI, XVII e XVIII, percorrendo os principais rios do interior das capitânicas, alcançando terras da atual Chapada Diamantina, Minas Gerais, Piauí e Maranhão. (MIDDLEJ, 2004 p. 66)

Em relação ao rio Jequitinhonha, Chaves e Chambel (2004) afirmam que o principal papel desse rio no processo de expansão do território brasileiro se deu por conta da exploração de metais preciosos. Assim, os depósitos aluvionares largos, localizados no médio e alto curso da BHRJ, esses formados por *canyons* entalhados sobre as rochas quartzíticas da serra do Espinhaço, constituíram a fonte da maior parte dos diamantes produzidos no Brasil desde 1714 até meados da década de 1980.

No período que compreendeu a segunda metade do século XVIII, surgiu a produção de cacau (*Theobroma cacao*), na planície e planalto costeiro do baixo curso da BHRJ, porção Bahia.

Na porção baiana da BHRJ, o dinamismo econômico só foi possível devido ao desenvolvimento da cacauicultura, que teve seu início por volta da segunda metade do século XVIII, na foz da bacia hidrográfica do rio Pardo, circunvizinha da foz da BHRJ, só alcançando o seu apogeu entre o final do séc. XIX e início do séc. X. Tal desenvolvimento fez com que a região Sul da Bahia tivesse representatividade econômica no cenário baiano e nacional.

Frente pioneira de trabalhadores, a cultura cacauera foi capaz de trazê-los para região, oriundos de outros estados, a exemplo de Minas Gerais e Sergipe, impulsionando a ocupação da terra, dinâmica demográfica e ampliação da expansão da atividade cacauera. No entanto, essa atividade encontrou limites naturais (clima, relevo e solo) e sócio-econômicos, no sentido Leste – Oeste, o que proporcionou o estabelecimento da atividade pecuária até meados do século XX.

A partir da década de 1970, as sucessivas inovações tecnológicas promoveram a instalação de dragas de grande porte no curso médio e superior do rio Jequitinhonha, substituindo a atividade mineradora artesanal por outra com efeitos mais perceptíveis na dinâmica da BHRJ. (CHAVES e CHAMBEL, 2004)

Ainda de acordo com Chaves e Chambel (2004), a exploração desses aluviões de até 1000 m de largura e com gradiente longitudinal, no seu médio e alto curso, correspondendo respectivamente a 1.200 – 1500 m no espigão serrano, para 700 – 600 m na área onde se localiza a jazida, condicionada pela mudança abrupta de gradiente, proporciona a exploração atual dos diamantes e do ouro como subproduto. (Figura 06)

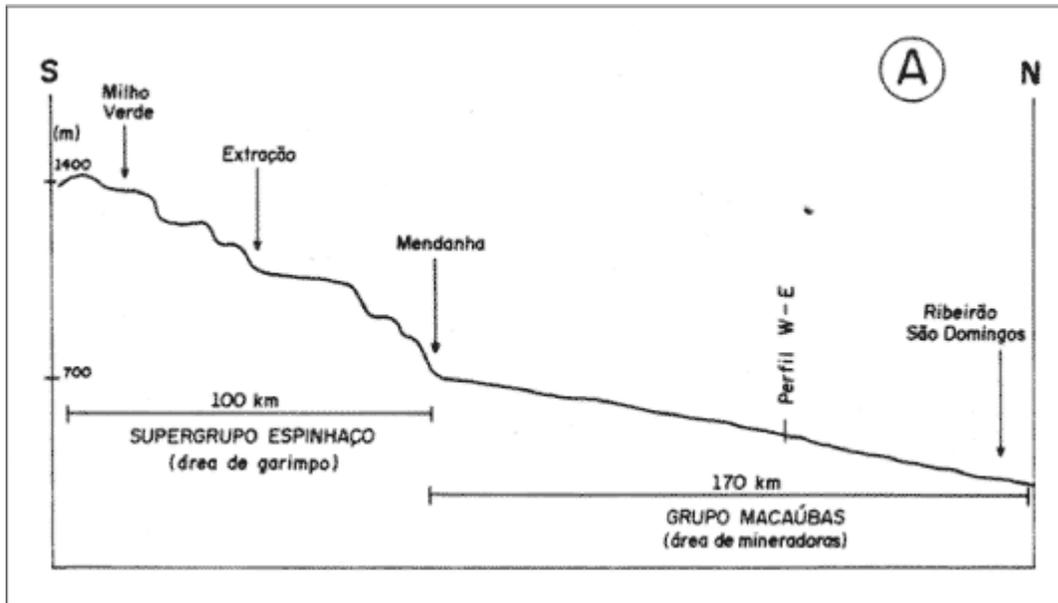


Figura 3.3- Perfil longitudinal do alto e médio curso do rio Jequitinhonha.  
 Fonte: Chaves e Chambel, (2004)

A condição apresentada pressupõe que o revolvimento do caapeamento arenoso e do cascalho basal do depósito sedimentar pelas dragas de grande porte, provavelmente altera, de forma substancial, a dinâmica hidrológica e sedimentar, com efeitos no baixo curso do Jequitinhonha.

Os prováveis efeitos geomorfológicos no baixo curso da BHRJ, porção Bahia, podem ser identificados no local onde foi instalada, em 2003, a UHE de Itapebi-Bahia, no antigo povoado de Cachoeirinha, que foi utilizado por muito tempo como entreposto comercial entre os estados da Bahia e Minas, com atividade portuária intensa. (NASCIMENTO, 2011)

Nesse sentido, são necessárias pesquisas de caráter sistêmico para identificar os efeitos da geomorfologia antropogênica no baixo curso da BHRJ, a jusante da UHE de Itapebi-Bahia, para o entendimento da dinâmica dos elementos, a relação dos elementos integrantes do sistema, os atributos com suas qualidades e *Input* e *output* que o sistema processa.

### 3.3 Caracterização Fisiográfica

A área de estudo desse trabalho é caracterizada por três tipos de estrutura de relevo. A mais antiga relacionada ao escudo cristalino. O relevo estrutural de idade geológica intermediária é o Grupo Barreiras inerente ao terciário, por último o relevo estrutural mais recente é relacionado aos depósitos quaternários localizadas na foz do Jequitinhonha.

Conforme Moreira (1994), areias silicosas ocorrem na forma de um depósito superficial inconsolidado e espesso, que ocupam uma área da ordem de doze quilômetros quadrados. A areia provém da concentração secundária da sílica acumulada em consequência da dissolução e lixiviação do conteúdo carbonático de calcários dolomíticos silicificados da Formação Santa Maria Eterna, que faz parte da Bacia Metassedimentar do rio Pardo. Além de silicificados, os calcários dolomíticos desta formação contêm intercalações de quartzito.

Os depósitos areno-silicosos ocupam um platô de duzentos metros de altitude, topografia suave e vegetação rala e esparsa. Constituem uma reserva total (medida, indicada e inferida) da ordem de cem milhões de toneladas, com teor médio de 99,74% de SiO<sub>2</sub>. As principais jazidas são conhecidas como Principal e Delson Araújo, ocupando uma área superior a 10,5 Km<sup>2</sup>. A reserva medida nas duas ocorrências juntas é da ordem de 21 milhões de toneladas de areia silicosa de alta pureza, homogênea, com espessuras que ultrapassam os oito metros, e que constituem um depósito plano sob cobertura detrítica de espessura mínima. (SAMPAIO et. al., 2004)

À margem esquerda foz da BHRJ, situa-se o Complexo Jequitinhonha (op. cit.), que engloba três conjuntos faciológicos nos quais predominam gnaisses kinzigíticos migmatizados; foi afetado por várias gerações de granitóides intrusivos dos tipos I e S: sintectônicos (S), sin a tarditectônicos (S), tardi a pós-tectônicos (I e S) e pós-tectônicos (I). Grande parte da área, principalmente no sul, é recoberta por rochas sedimentares do Grupo Barreiras.

A localização do complexo Jequitinhonha SAMPAIO et. al. (2004) mantém contato com os metassedimentos do Grupo Macaúbas e com os ortognaisses da infra-estrutura tectônica e, na parte sul da área, é recoberto pelo Grupo Barreiras. As rochas sedimentares apresentam-se submetidas à deformação e metamorfismo nas fácies anfíbolito e granulito, passando por estágios de migmatização.

De acordo com CBPM (2000) e Bahia (2004), o baixo curso da BHRJ, porção Bahia, apresenta 11 unidades geológicas. A maior representação é a unidade Itapetinga com aproximadamente 1981,9 Km<sup>2</sup>, seguida dos depósitos marinhos e continentais costeiros com aproximadamente 594,29 Km<sup>2</sup>. Com representatividade próxima à foz, destaca-se ainda a unidade barreiras com aproximadamente 393,3 Km<sup>2</sup>, ao passo que o granitóide tipo I, pós-orogênico do orógeno Araçuaí apresenta-se com valores aproximados de 323,40 Km<sup>2</sup> completando as unidades com maior representatividade no canal principal baixo curso da BHRJ. (Figura 08).

O Macaúbas, unidade de sillimanita-xistos, apresenta-se com valores aproximados de 304,19 Km<sup>2</sup> ; unidade Itabuna / Itarantim, com 209,03 Km<sup>2</sup>; a unidade Itabuna – tonalitos apresenta-se com valores aproximados de 145,1 Km<sup>2</sup>; a unidade Jequitinhonha contém valores aproximados de 138,13 Km<sup>2</sup>. Serra do Paraíso – Panelinha, unidade que abrange o Norte da margem esquerda do limite físico da BHRJ, apresenta 59,28 Km<sup>2</sup>; a unidade Macaúbas de diamictitos, com aproximadamente 38,99 Km<sup>2</sup>; e, na margem esquerda do baixo curso da foz da BHRJ, apresenta-se a unidade Santa Maria Eterna com, aproximadamente 3,24 Km<sup>2</sup>, localizada no distrito de mesmo nome, pertencente ao município de Belmonte. (Figura 3.4)

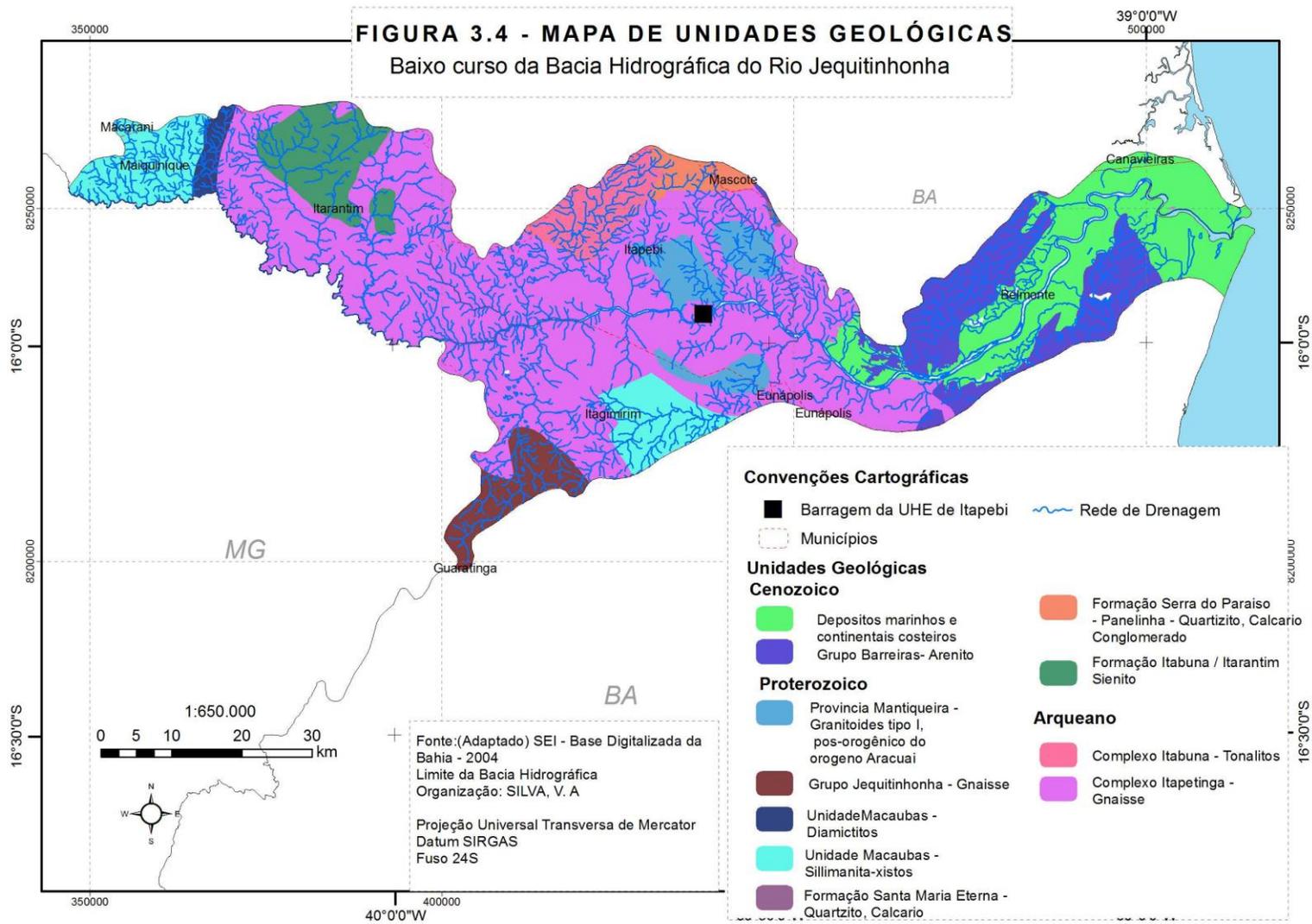


Figura 3.4 - Mapa de Unidades Geológicas.

A área de estudo desse trabalho está compreendida em três tipos de estrutura do relevo. 1) Unidade das formações do quaternário ou planície costeira: caracterizada por gênese de acumulação fluvio-marinha, marinha e fluvial, com ausência quase que total de elevações em sua forma, a não ser pela presença de algumas suaves elevações devido à presença de dunas ativas. Apresenta planície resultante da combinação das ações marinhas e fluviais nas embocaduras de rios sujeitos às penetrações das marés, podendo alternar a presença de mangues e terraços. A região de acumulação marinha resulta das ações de gênese marinha, contendo restingas, cordões e flechas arenosas, canais de maré, terraços e dunas fossilizadas recobertas pela vegetação associada a, manguezais e mata Atlântica. 2) Unidade de bacia sedimentar do terciário, denominada também de planalto costeiro. com morfologia de tabuleiros e mergulho suave em direção ao litoral. Relacionado ao Grupo Barreiras, o relevo apresenta topos tabulares, capeados por sedimentos, Barreiras que, localmente, recobrem rochas cratonizadas do Escudo Oriental, lateritizados em superfície e entalhados por drenagem dendrítica ou paralelo-ramificada. 3) Unidade do embasamento cristalino ou planalto pré- litorâneo. Este é do tipo colinoso a serrano, com alguns morros do tipo pão de açúcar. É também esculpido pelas rochas pré-cambrianas com embasamento cristalino, apresenta relevos de topos planos e encostas predominantemente convexas e convexa-côncavas, serras e maciços montanhosos, refletindo os alinhamentos estruturais das rochas intensamente metamorfizadas, cortadas por gargantas do tipo apalacheano. . (CBPM 2000 e BAHIA 2004)

O relevo se apresenta em quatro unidades morfoesculturais, no baixo curso da BHRJ, a Oeste, em direção à sua montante, com a disposição do seu planalto pré- litorâneo ocupando a maior parte, com cerca de 3120 km<sup>2</sup> do total da área compreendida, composta por afloramentos rochosos descritos anteriormente. Merece destaque o planalto costeiro circunscrito ao planalto Pré-litorâneo, esse com aproximadamente 381 km<sup>2</sup>. A área do planalto costeiro inerente ao Grupo Barreiras, com topos aplainados e seus vales encaixados. Por último, a planície costeira, com regiões de acumulação fluviomarinha, marinha e fluvial, com cerca de 615 km<sup>2</sup>, disposta à margem esquerda, delta e margem direita da foz do canal principal do rio Jequitinhonha, esse tendo como limite a leste, a plataforma continental, imersa pelo Oceano Atlântico. (Figura 3.5)

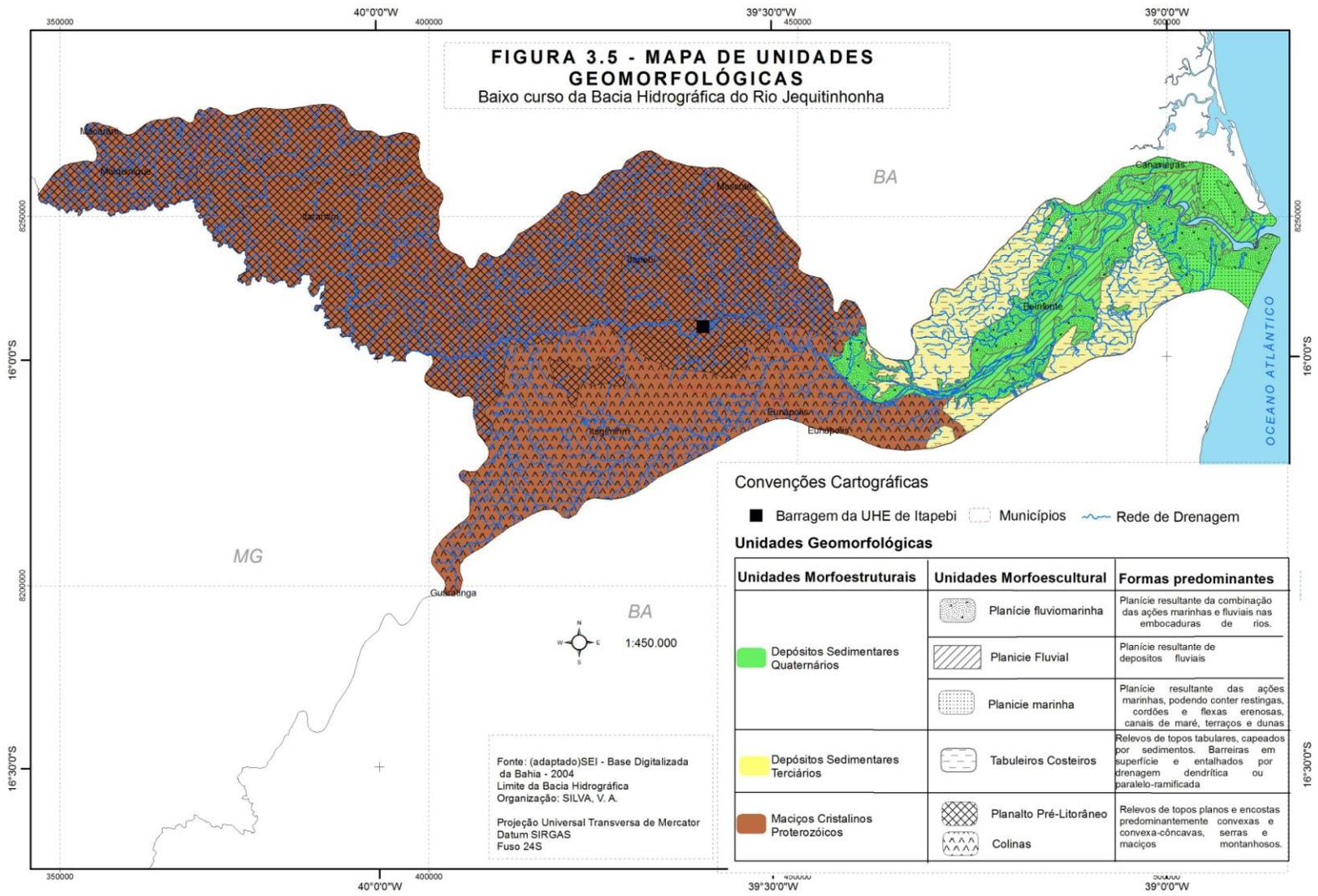


Figura 3.5 - Mapa de Unidades geomorfológicas

A disposição das unidades do relevo no baixo curso da bacia do rio Jequitinhonha é evidenciada por meio da Unidade de bacia sedimentar do terciário, denominado de planalto costeiro, ou ainda, de relevo de tabuleiros sobrepostos pelos sedimentos típico do Grupo Barreiras, com contato de limite na planície costeira por meio de escarpas e falésias que variam de 20 à 70 metros de altura. Essa mudança topográfica também é evidenciada por meio do contato abrupto entre os vales profundos identificados na margem direita do rio Jequitinhonha. (CBPM, 2000)

O baixo curso da BHRJ apresenta altitude baixa na maioria da área, por se tratar de uma bacia sedimentar. No entanto, em alguns pontos entre a linha de divisor topográfico e locais isolados da área de estudo, essa altitude aumenta substancialmente, sendo que o decréscimo de valores altimétricos está disposto preferencialmente do sentido Oeste para leste em direção ao ponto de exutório da BHRJ

As altitudes mais elevadas se apresentam em direção à montante, com valores que chegam a 880 m de altitude. Entretanto, em alguns pontos da linha de cumeeira do baixo curso do Jequitinhonha, são identificadas outras altitudes mais elevadas, localizadas à margem direita e esquerda do rio Jequitinhonha, tendo como referência a barragem da UHE de Itapebi, onde a disposição geológica exerce o controle com rochas de embasamento cristalino, mais resistentes aos processos erosivos. (Figura 3.6)

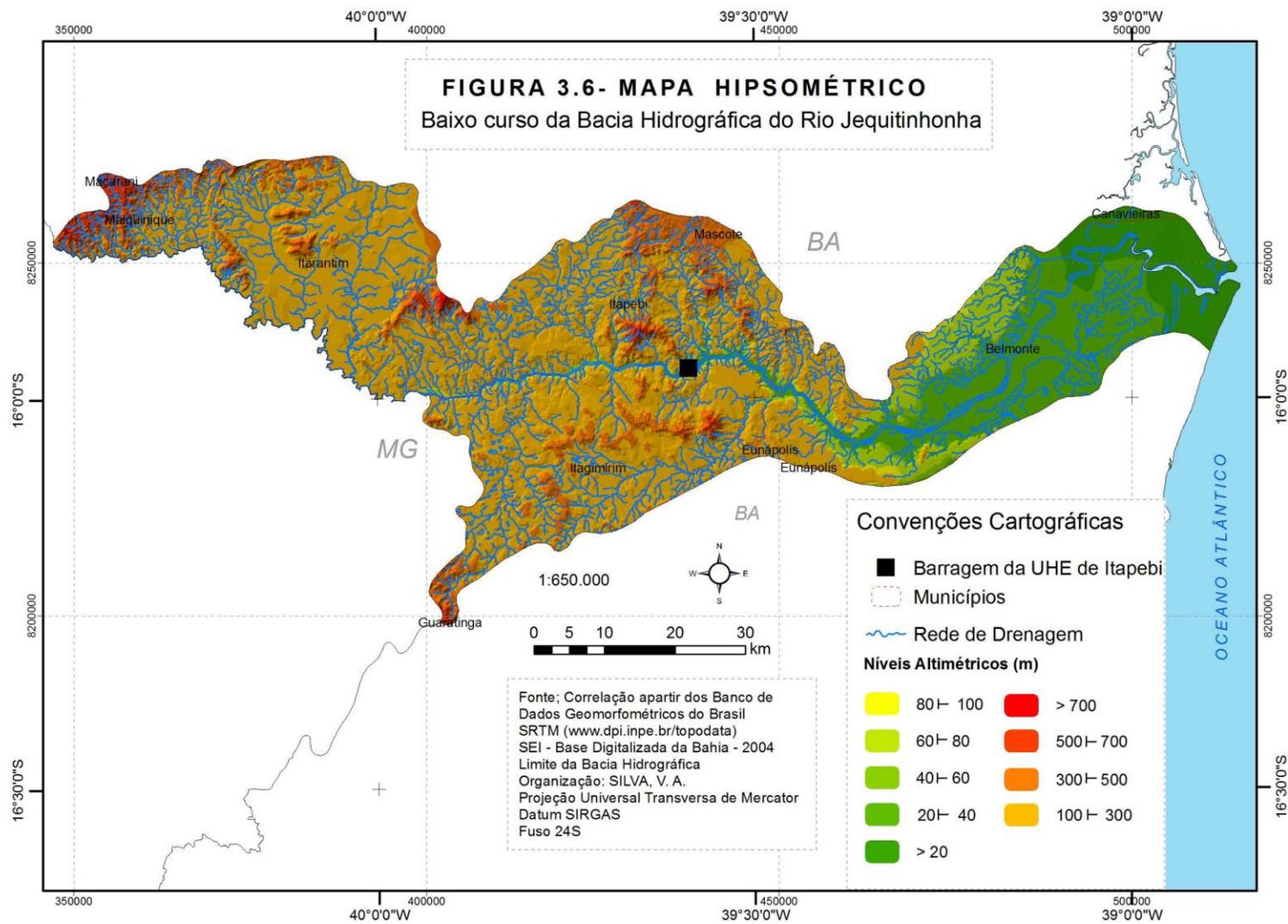


Figura 3.6 - Mapa Hipsométrico

A topografia da área de estudo é suave e com pouca variação em seu percentual de declive, que raramente ultrapassa o valor 30%. À exemplo do que ocorre na hipsometria, o sentido preferencial do declive varia, de maneira decrescente, da montante para a jusante do baixo curso do rio Jequitinhonha. (Figura 3.7)

Os solos principais são os Latossolos, Argissolos, Neossolos (Flúvico e Quartzarênico), Organossolos, Gleissolos e os Espodossolos, tendo como cobertura original a vegetação nativa da Mata Atlântica e ecossistemas associados (Floresta Ombrófila, Manguezais e Restinga). De acordo com Moreau (2001), ocorre um Geossistema singular nos Tabuleiros Costeiros, onde se desenvolve uma vegetação rasteira conhecida regionalmente como “Mussunungas”. (AMORIM, 2011)

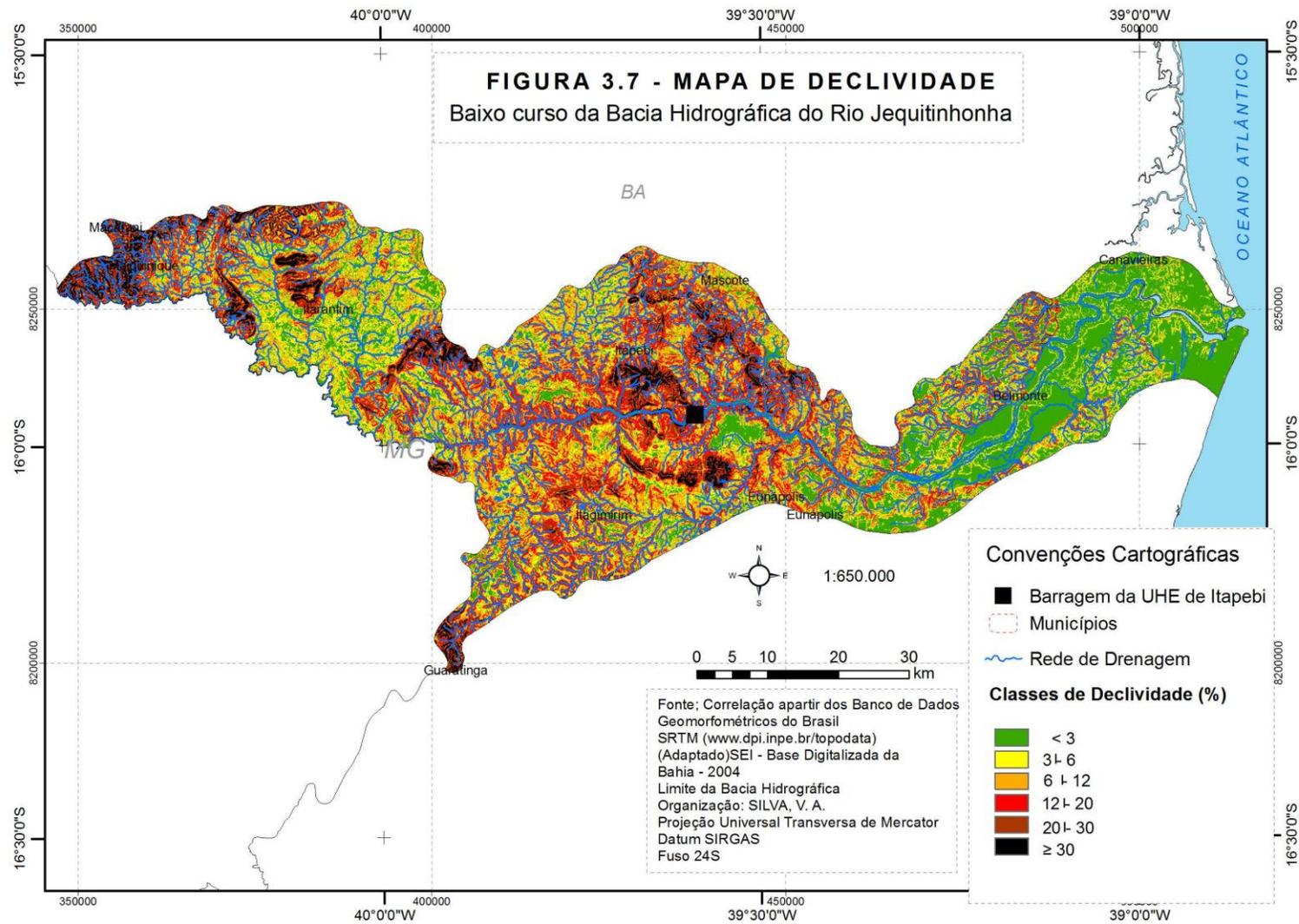


Figura 3.7 - Mapa de Declividade

Na porção baiana da BHRJ, as classes de solo são totalizadas em 12, bem distribuídas ao longo do seu perfil longitudinal, destacando-se o Argissolo Vermelho – Pve, associado ao Grupo Barreiras e à unidade do relevo denominada de Planalto pré-litorâneo. (Figura 3.8)

O clima da porção baiana do rio Jequitinhonha, porção que corresponde à parte oriental da BHRJ, compreende, aproximadamente, 4% da área total da BHRJ. De acordo com a classificação de Köppen, essa área está representada pela nomenclatura do tipo Af, sendo associada à faixa litorânea que apresenta clima tipicamente oceânico, ou clima tropical úmido, com índices pluviométricos anuais que oscilam entre 1.000 mm a 1.600 mm, e correspondem ao valor médio anual de 1176 mm. (SEI 2004)

A pluviosidade tende a diminuir gradativamente à medida que se distancia da foz em direção à montante, na parte ocidental da BHRJ. A partir de então, passa a atuar um clima tropical típico, caracterizado por duas estações anuais bem definidas: uma chuvosa, correspondente a primavera/verão, com umidade relativa que corresponde a 80% e com evapotranspiração anual de 1.400 mm. A outra estação é seca, correspondendo ao outono/inverno, com uma variação de 0 a 200 mm de déficit hídrico. No entanto, a pluviosidade raramente é inferior a 1.000 mm anuais. (GEOTÉCNICA 1994)

A temperatura média da porção baiana do rio Jequitinhonha corresponde a 24°C, com médias anuais das máximas e mínimas variando de 26 a 31°C, com exceção da pequena faixa litorânea a leste de Itapebi, onde pode atingir até 83%. Os maiores valores ocorrem entre novembro e maio e os mais baixos entre agosto e outubro. O máximo normalmente ocorre em dezembro e o mínimo em setembro ou outubro. (CBPM, 2000; SEI, 2004)

No baixo curso da BHRJ (CBPM, 2000; SEI, 2004) inexistem fenômenos ciclônicos de grande intensidade. O regime de ventos varia de moderado a fraco. No entanto, podem ocorrer rajadas fortes de até 80 km/h, com duração máxima de 2 horas, associadas a frentes frias bem definidas, linhas de instabilidade ou a trovoadas convectivas, com predominância das direções dos quadrantes Leste e Norte.

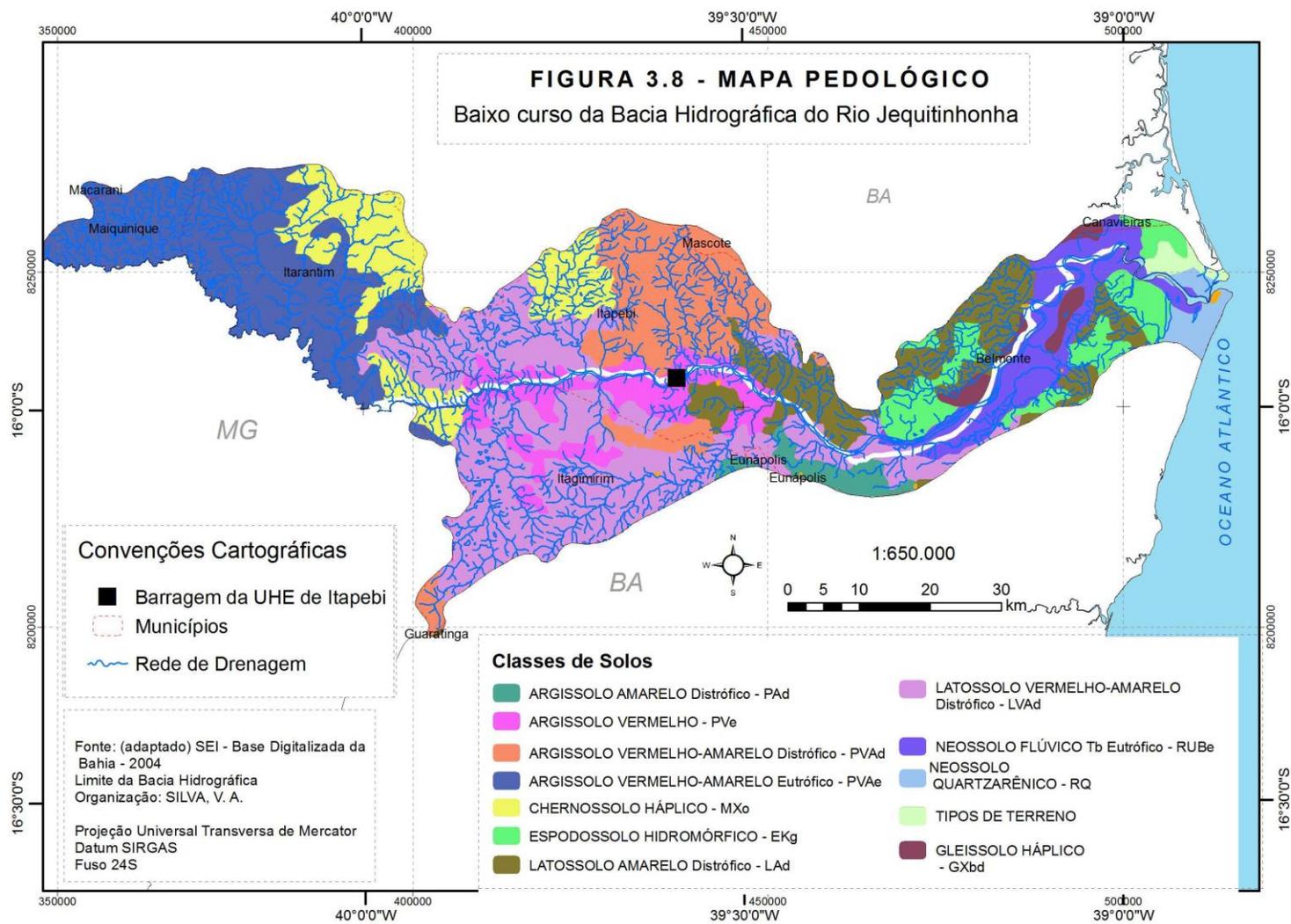


Figura 3.8 - Mapa Pedológico

A circulação predominante de NE se processa com maior intensidade no litoral. Isso se deve à força atuante do anticiclone do Atlântico Sul, diminuindo de intensidade para o interior e oscilando entre NE e SE. Há ocorrências esporádicas do quadrante SW, associadas às frentes frias. A incidência de trovoadas é grande no Verão, notadamente de novembro a janeiro, e se torna nula em outros períodos do ano. (SEI 2004)

Na configuração da sua rede drenagem, o baixo curso da BHRJ é fortemente controlado por sua litologia, sendo geneticamente composta por rios obsequentes que descem pelas encostas do Grupo Barreiras, ao longo do curso do rio consequente. A sua rede de drenagem também é composta por rios insequentes, que se desenvolvem sobre sedimentos de depósitos Quaternários Pleistocênicos e Holocênicos e sobre rochas ígneas homogêneas.

Sob o ponto de vista geométrico, a distribuição da rede de drenagem apresenta-se espalhada em de forma de esgalhamento, com padrão identificado, no alto e médio curso da porção baiana da BHRJ, como dendrítico. Essa rede está condicionada à estrutura geológica de substrato heterogêneo, com rochas de resistência uniforme e outras estratificadas horizontalmente, inerentes ao relevo pré-litorâneo, planalto costeiro, região de acumulação, com gênese fluvial e marinha pouco acidentada.

O padrão de drenagem pinada, caracterizado por alteração da drenagem dendrítica, situa-se na jusante do baixo curso da BHRJ. Apresenta-se dessa forma porque se sugere que o canal do rio principal é controlado pelo declive regional. Geralmente, os rios dessa natureza se apresentam de forma dendrítica sem ser geneticamente insequentes. (SUGUIO e BIGARELLA, 1979)

A porção baiana da BHRJ apresenta o padrão de escoamento exorreico, com a organização de sua rede de drenagem composta por rios de hierarquização fluvial que atingem até a sexta ordem hierárquica, segundo a classificação de Strahler (1952). A apresentação do total desse número de ordem tem reflexo em outros parâmetros morfométricos tais como gradientes, áreas, relevo da bacia e comprimento dos canais, sobretudo o principal. (SUGUIO e BIGARELLA, 1979; CRISTOFOLETTI, 1980)

A cobertura vegetal do baixo curso da BHRJ encontra-se bastante modificada devido às alterações promovidas pela dinâmica no Uso e ocupação da terra, desde o período de colonização até a atualidade.

A seguir, são descritas as diferentes formações vegetais e padrões de uso inseridos no Mapa de Vegetação e Uso Atual das Terras SUDENE (1974), Brasil (1981), Brasil (1982),

ENGEVIX (1995a), ENGEVIX (1995b) e SEI (2008).

- a) As florestas “cabrucadas”, por sua vez, apresentam fisionomia aberta, constituída de árvores espaçadas, que têm por finalidade sombrear a cultura do cacau (*Theobroma cacao*). Um aspecto peculiar dessas florestas é a abundância de epífitas que, encontrando condições favoráveis, se estabelecem nos troncos e galhos das árvores, sobretudo nas de casca corticosa.
- b) As áreas de Vegetação Secundária (capoeira) ocupam, geralmente, os solos “cansados” e de baixa fertilidade, onde são frequentes a embaúba e a corindiba, que formam uma vegetação densa e baixa, sem as características da floresta primitiva. Nessas áreas, é bastante significativa a presença do *Didymopanax morototoni* (matataúba). No entanto, a fisionomia dominante dentro do ambiente dessas áreas é marcada pela presença de pastagens, que ocupam as partes do relevo com aclives mais acentuados. As culturas permanentes de cacau, sombreadas com mulungu, seringueira, pimenta-do-reino e cravo-da-índia são muito expressivas nessa região. BRASIL (1981)
- c) Floresta Pluvial de Encosta ou Floresta Ombrófila Densa Submontana bastante distinta da formação capoeira, possui como um fator limitante o clima, que apresenta um período seco bastante acentuado, concorrendo para que a porcentagem de decidualidade dos indivíduos arbóreos dominantes passe a ser de 50% ou mais na época desfavorável. Essa fisionomia, entretanto, como pode ser visto, encontra-se, hoje, quase que totalmente extinta na região, substituída pelas pastagens plantadas, restando apenas pequenas ilhas bastante fragmentadas, em sua maior parte já exploradas seletivamente, com a retirada dos indivíduos de maior valor comercial. A submata dessa formação apresenta pouca regeneração, muitas epífitas e trepadeiras das famílias *Araceae* e *Cyclanthaceae*. Nas áreas onde a exploração seletiva provocou a abertura da floresta, verifica-se um adensamento de submata, que apresenta grande abundância de embaúbas (*Cecropiasp.*), corindibas e regeneração intensa de espécies de melastomatáceas. Nessas áreas, os indivíduos remanescentes representam espécies de baixo valor comercial, tanto pela qualidade do fuste como da madeira; são matrizes que, em muitos locais, dão origem às matas secundárias.

d) No uso da terra (pastagem) desenvolve-se a atividade pastoril. Esse tipo de uso da terra e de atividade constituem importante fator econômico regional, dispersos por toda extensão do baixo curso do rio Jequitinhonha. A predominância de pastos artificiais decorre do fato de que, não obstante a exuberância florística da região, sua pobreza em gramíneas gregárias forrageiras é flagrante. Todos os bons capins práticos têm sido importados do continente africano para servirem de suporte à pecuária brasileira; os pastos guiné ou coloniã (*Panicum maximum*), angola ou bengô (*Panicum purpurascens*), Jaraguá (*Hypparrhenia rufa*), gordura (*Melinis minutiflora*), elefante ou njapier (*Pennisetum purpureum*); kikuio (*Pennisetum clandestinum*), pangolas (*Digitaria decumbens*; *Brachiaria humidicola*, *B. ruziziensis*, *B. radicans*), buffel-grass (*Cenchrus ciliaris*) são alguns exemplos dessas importações valiosas..

A mata nativa do baixo curso da BHRJ, porção Bahia, em direção a montante, é quase inexistente, graças às práticas seculares de exploração da matéria prima vegetal, em detrimento de atividades que envolviam a supressão do pau Brasil (*Caesalpinia echinata*) e outras madeiras consideradas nobres, para atender a demanda das metrópoles européias do século XVI ao XIX, sobretudo Portugal. Outras atividades que contribuíram para a supressão das matas nativas foram a agropecuária e mineração. Os registros bibliográficos serviram de base para identificação e classificação dessas espécies. No entanto, restaram poucas áreas que guardam uns poucos testemunhos da formação primária, são as reservas legais, reserva do patrimônio particular, as áreas de proteção ambientais e reservas biológicas. (BRASIL, 1981)

As informações referentes à vegetação original foram baseadas na organização hierárquica das paisagens e compiladas dos registros bibliográficos de expedições do século XIX, AVÉ-LALLEMANT (1961), SPIX (1981) e trabalhos como Brasil (1981), Brasil (1982) contribuíram para a compilação e registro dessas vegetações.

A classificação utilizou, sobretudo, critérios pluviométricos e geomorfopedológicos. A escolha desses critérios consiste na visita a campo identificando ausência de cobertura vegetal original e poucos registros documentais referente ao baixo curso da BHRJ, porção Bahia.

Brasil (1981), Brasil (1982), ENGEVIX (1995a) e ENGEVIX (1995b) classificaram a vegetação original na Área Diretamente Afetada (ADA) da UHE de Itapebi em: 1) Floresta Pluvial de Encosta ou Floresta Ombrófila Densa Submontana; 2) Floresta Caducifólia ou Floresta

Estacional Decidual; 3) Vegetação Ciliar e Campo Higrófilo de Várzea; 4) Macega.

1) Floresta Pluvial de Encosta ou Floresta Ombrófila Densa Submontana, recobrando extensas áreas pediplanadas, identificou-se presença de uma formação tipicamente decidual, os agrupamentos naturais remanescentes geralmente são encontrados revestindo os relevos fortemente dissecados, ou em locais protegidos pela legislação ambiental vigente nas propriedades, mantidas como reserva legal. A formação apresenta indivíduos de grande porte que chegam até a 40 m de altura e 8 m de circunferência; a média das alturas situa-se em torno de 25 m, o que significa que nessa formação ocorrem árvores emergentes.

Encontram-se ainda as matas de “grotas” e de “cumiada”, denominadas assim pela topomínia geomorfológica local. São florestas do relevo do tipo dissecado que revestem as colinas e os vales. As florestas das colinas possuem porte inferior às dos vales, e também menor ocorrência de madeiras potencialmente comerciáveis.

As florestas de vales, mais imponentes e ricas em madeiras comerciáveis, por se localizarem em ambiente mais acessível, foram quase que totalmente retiradas para a implantação de culturas econômicas associadas a esses ambientes se encontra epífitas e trepadeiras das famílias *Araceae* e *Cyclanthaceae*.

Apresenta-se também grande disponibilidade de embaúbas (*Cecropia* sp.), corindibas e regeneração intensa de espécies de melastomatáceas, essas sem valor comercial o que provavelmente explica a abundância dessas espécies.

Dentre as espécies dessa fisionomia, se destacam a juerana (*Parkia* sp.), o jequitibá (*Cariniana* sp.) e o ingá (*Inga* sp.).

As áreas com relativo grau de antrópização, são ocupadas pela Vegetação Secundária, ocorrendo em diversas associações, sendo as mais características aquelas compostas por paraíba (*Symaruba* sp.), matataúba (*Didymopanax* sp.) janaúba (*Hymathanthus* sp.), buracica (*Vochysia* sp.), capianga (*Vismia compta*) e a piaçaba (*Atallea* sp.). Identificou-se também a presença das palmeiras indaiá (*Atallea compta*), juçara (*Euterpe edulis*) e da taquara (*Merostachys* sp.).

## 2) Floresta Caducifólia ou Floresta Estacional Decidual

Atualmente, a formação encontra-se substituídas por pastagens. Esses agrupamentos residuais mostram-se bastante degradados, apresentando estrutura e composição florística homogêneas, independente da sua localização. A composição fisionômica conta principalmente

presença de *Goniorrachis marginata* (itapicuru), espécie heliófita, provida de meios de proteção resistentes à luminosidade e ausência de água, com gemas protegidas por brácteas e caducifólia.

Nos locais onde se encontram essas matas, a estrutura permite identificação de uma estratificação vertical nítida, apesar de se apresentarem bastante degradadas, onde são bem distintos dois estratos. O superior, pouco denso, é composto por árvores altas, de aproximadamente 30 metros. Possuem copas pequenas, cuja folhagem ocupa parte terminal dos ramos, os quais geralmente hospedam um grande número de epífitas, mais notadamente a barba-de-velho (*Tillandsia usneoides*).

. O estrato imediatamente inferior é denso, composto por árvores com altura variando nos 20 metros, com folhagem abundante e copas entrelaçadas, proporcionando um sub-bosque umbrófilo e úmido. No solo, identifica-se pouco espessa de serrapilheira, apresentando, em sua maior parte, intensa decomposição das Folhagens. A grande quantidade de troncos caídos e mortos, como arbustos em decomposição, oferece um bom número de nichos para a ocupação da fauna, apesar do elevado grau de degradação das formações locais. Além do itapicuru, o estrato superior é composto por espécies como o pau-d'alho (*Gallesia gorazema*), a aroeira (*Astronium urundeuva*), a pitomba (*Talisia esculenta*), a fava-branca (*Piptadenia* sp.) e o mulungu (*Erythrina velutina*), dentre outras. No estrato intermediário, observa-se a presença de diversas palmeiras, tais como o buri (*Polyandrococos caudescens*) e a pupunha (*Bactris gasipaes*).

Na maioria dos remanescentes dessa formação, em muitos dos seus trechos internos, identifica-se um elevado grau de degradação. Além da retirada dos produtos florestais e do uso pouco racional do solo, o intemperismo, aliado ao emprego desordenado e uso de aceiro sem manejo adequado, degradou o ambiente, resultando no desenvolvimento de capoeira baixa, densa, constituída de indivíduos com fuste, esgalhado desde a base, e de ramos armados com acúleos ou espinhos. A predominância das dicotiledôneas é muito alta sobre as monocotiledôneas, e mesmo as gramíneas implantadas pelo homem para constituir pastagens desaparecem progressivamente, sobrevivendo apenas céspedes esparsas, em geral protegidas por uma comunidade armada (*Encholirion, Hohenbergia, Mimosa*) que as defende dos animais.

### 3) Vegetação Ciliar e Campo Higrófilo de Várzea

As formações ciliares às margens do rio Jequitinhonha, devido à intensa ação antrópica a que foram submetidas, no trecho que compreende o baixo curso da BHRJ, porção Bahia,

encontram-se quase que completamente degradadas. A exceção é a área que compreende a foz da BHRJ, por conta da presença do cultivo agroflorestal cabruca. Sobretudo, nos vales de alguns de seus tributários localizados, mormente, no setor nordeste da bacia, observou-se, em algumas dessas formações, um raleamento do sub-bosque para criar condições ombrófilas propícias ao desenvolvimento da cacauicultura.

Nas áreas mais expressivas dessa formação, observa-se uma vegetação densa, onde as espécies arbóreas mais comuns são mulungus (*Erythrina* spp.), candirana (*Symphonia globulifera*), ingás (*Inga* spp.) e vinhático (*Plathymenia foliosa*). A submata é densa, apresenta grande número de plantas herbáceas e uma regeneração abundante, onde se destacam *Montrichardia* sp., *Hipolytrum* sp. e *Heliconia* sp. Algumas palmeiras espinhosas do gênero *Desmoncus* sp., conhecidas como “titaras”, também aparecem nessa formação. Um padrão de cobertura vegetal freqüente na BHRJ é o das vegetações hidrófilas e higrófilas associadas aos açudes artificiais, abundantes na área de estudo, represando um grande número de tributários do baixo curso da BHRJ Jequitinhonha em diferentes setores. Nesses ambientes, a espécie *Montrichardia linifera* (aninga) forma a comunidade homóclita mais significativa. No entanto, são encontradas outras, formadas por taboa (*Typha* sp.), junco (*Cyperus* sp.), tiririca (*Hypolytrum* sp.) e baronesa (*Eichhornia* sp.).

#### 4) Macega

Formação considerada como sucessão natural, em fase inicial de recuperação, na qual o denso emaranhado de arbustos e lianas cobre totalmente o solo. Os principais elementos componentes dessa formação são espécies pioneiras, com grande capacidade de reprodução e dispersão, heliófilas em todas as etapas de seu ciclo vital. Considerada de grande relevância para proteção do solo, desprovido de cobertura vegetal, no sentido de sua fixação, pelas raízes, e cobertura, pelas Folhas, evitando a instalação ou progressão dos processos erosivos.

A macega é caracterizada por seu dossel superior não ultrapassar os 5 m de altura, destacando-se, como famílias mais evidentes, a Leguminosae - gêneros *Mimosa*, *Cassia*, *Piptadenia* e *Macherium* – e a Sapindaceae - gêneros *Serjania*, *Urvillea* e *Sapindus*.

### 3.4 Análise Morfométrica do canal fluvial

As análises morfométricas são inerentes às técnicas de estatísticas destacando-se, neste trabalho, o Índice de Sinuosidade expresso por: ( $I_s = \frac{L}{dv}$ ). De acordo com Schumm (1963), o L representa o comprimento do canal principal o  $dv$  é determinado como a distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal. O comprimento do canal, levando-se em consideração a sua sinuosidade, é entendido como sua projeção ortogonal. A distância vetorial é o comprimento em linha reta ou do eixo principal.

Desse modo, o índice consiste na relação entre a montante e a jusante de um rio, considerado aqui como o canal principal do baixo curso da BHRJ. Valores próximos a 1 metro indicam que o canal tende a ser retilíneo, ou rios simuladamente retos, devido a sua rara ocorrência, por conta das condições litológicas. Isso acontece quando o rio é controlado por linhas tectônicas, acompanhado de linhas de falha, exigindo, além dessas condições, a existência de rochas homogêneas no leito do rio. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

Os valores superiores d 2,0 metros indicam canais tortuosos e os valores intermediários indicam formas de transição entre os padrões regulares e irregulares de drenagem. No entanto, a sinuosidade dos canais é influenciada pelo conjunto de ocorrências tais como: estruturação geológica, carga de sedimentos, pela declividade dos canais e compartimentação litológica.

O exemplo que se destaca como trabalho típico de mudança de índice de sinuosidade foi o desenvolvido Zancopé (2008) identificando, no canal principal do rio Mogi Guaçu, a grande presença de meandros abandonados e de elevada sinuosidade. Os processos deposicionais encontrados nesse rio demonstraram, via modelagem cartográfica, a retomada de canais abandonados, sugerindo também a substancial migração lateral do canal. Na mesma direção, Schumm (1986) afirma que os padrões de canais são alterados substancialmente, variando de acordo com a alteração da vazão e da carga sedimentar, ambas inerentes à sua relativa estabilidade. Nesse sentido, o canal, ao migrar de forma lateral, ocorre por consequência do encontro dos meandros circunvizinhos, resultando na formação de meandros abandonados, denominados geometricamente de lagos semicirculares, de captura de drenagens e paleocanais.

A mudança do padrão retilíneo para o meandrante é, na maioria das vezes, ocasionada pelo aumento do gradiente, estabelecido na relação de razão entre a altitude e o comprimento do

canal a ser considerado, do que resulta o decréscimo da estabilidade relativa do rio, aumentando a sinuosidade dos cursos meandantes e comprimento do canal fluvial se expande.

O oposto pode ocorrer com a diminuição da mudança do padrão meandrante para retilíneo, como resultado no decréscimo da carga sedimentar pela ação do barramento do canal principal do rio. Isso acarreta diminuição do gradiente do nível de base em direção à jusante, ocasionando a diminuição do comprimento do canal fluvial. (CHRISTOFOLETTI, 1980; 1981) A alteração pode ser identificada na granulometria e tipo de carga sedimentar transportada, transformando a carga em suspensão para carga mista, conduzindo também a carga de fundo.

A mudança do tipo de carga sedimentar é proporcional à razão inclinação x sinuosidade do tipo de canal, da quantidade e da taxa de deformação do canal considerado para análise hidrológica. (SCHUMM, 1986) As deformações resultam em substanciais alterações no gradiente e na morfologia do canal fluvial.

As deformações desencadeadas por processos relacionados a soerguimento provocam anomalias côncavas em perfis longitudinais, ao passo que deformações relacionadas a processos de subsidência provocam anomalias convexas.

De acordo com Ouchi (1985), as consequências isostáticas relacionadas à subsidência e soerguimento para canais meandantes com carga mista e com carga em suspensão, demonstram as prováveis mudanças no canal a ser considerado, em estudos relativos à geomorfologia fluvial.

A análise do perfil longitudinal da bacia hidrográfica é um instrumento de grande relevância em relação ao entendimento da geomorfologia fluvial e das modificações ocorridas na escala de tempo natural.

Conforme Zancopé e Perez Filho (2005), a alteração do nível de base que geralmente ocorre devido a obras de engenharia, como a construção de barragens, por exemplo, causa modificações na dinâmica do escoamento superficial dos fluxos, provocando o truncamento da dinâmica fluvial, modificando a disponibilidade de energia e a eficácia no transporte sedimentar. Disso resulta a transformação do padrão morfológico do canal do rio com a consequente reestruturação de toda sua rede de drenagem.

As alterações no nível de base, tanto em escala regional quanto local, resultam em modificações no padrão de drenagem do canal principal do rio, o que geralmente, ocorre na jusante de barragens, no canal principal do rio e, posteriormente, em seus tributários.

A resistência e disposição das rochas à erosão fluvial determinam a intensidade e o tipo de alteração dessa modificação no canal considerado. (RODRIGUES, 2007)

No que se refere à carga sedimentar, Christofolletti (1980; 1981) e Schumm (1986) afirmam que a mudança do tipo de carga dependerá da razão inclinação X sinuosidade, do tipo de canal e da quantidade e taxa de deformação relacionados ao canal principal do rio considerado.

Dessa orientação, tem-se o entendimento de que o tipo de carga sedimentar transportada, depositada e alterada de estritamente em suspensão para carga mista, traduzida também no transporte da carga de fundo, é uma análise confiável para se determinar os efeitos do barramento de rios na mudança no padrão de drenagem do seu canal principal. A depender do tempo de instalação e operacionalização dessas obras de engenharia, as mudanças podem variar no tempo e no espaço.

Outra análise relativa à forma da bacia, pertinente a trabalhos geomorfológicos, é a densidade de drenagem, expressa por ( $Dd = \frac{C}{A}$ ), onde C é o comprimento total dos canais e A é a área total da bacia hidrográfica considerada. Esse índice relaciona o comprimento total dos canais com a área da bacia de drenagem. A variável auferida se relaciona diretamente com os processos climáticos atuantes na área estudada, ambos inerentes no aporte e no transporte de material detrítico ou indicam o grau de manipulação antrópica.

A expressão ( $Rr = \frac{\Delta a}{L}$ ) indica a relação de relevo, onde  $\Delta$  é a amplitude altimétrica e L é o comprimento do canal principal. O parâmetro estabelece a relação entre a diferença de altitudes máxima e mínima na bacia e o comprimento total do canal principal, indicando, por meio do gradiente do relevo, a classificação do sistema nas etapas de desgaste, transporte e deposição de sedimentos. (SCHUMM, 1956)

Apesar de existirem inúmeros trabalhos de pesquisa abordando o tema bacia hidrográfica, como também de monitoramento de mudanças no padrão de drenagem, há uma lacuna considerável por informações que, de forma mais ampla, integrem estes dois temas. Por isso, este trabalho tem por objetivo secundário discutir a necessidade da utilização integrada da modelagem de sistemas naturais e do geoprocessamento no estudo de bacias hidrográficas, destacando a relevância do uso de inovações tecnológicas tais como o sistema de informações geográfica (SIG) ArcGis 9.3 e o método de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE).

### 3.5 A utilização do SIG para análise na geomorfologia fluvial

A utilização do sistema de informações geográficas (SIG), associada a tratamentos estatísticos com *softwares* específicos para fins de caracterização e análise de dados, oferece uma série de possibilidades relativas ao entendimento de processos endógenos e exógenos em bacias hidrográficas. O SIG constitui-se em uma tecnologia com a capacidade de armazenar, manipular e visualizar uma série de dados ambientais por meio de um determinado sistema de coordenadas geográficas, tais como latitude e longitude ou *Universal Transverse Mercator* (UTM), de forma que a localização da área seja precisa.

Segundo Dangermond (1983), as principais vantagens do SIG são: armazenar dados espaciais de uma forma compacta e prontamente utilizável, além da atualização, recuperação e apresentação de dados de forma mais rápida. Para o autor, o SIG facilita a utilização de modelos analíticos visando o teste de diferentes cenários de manejo e estratégias, e viabiliza a análise de diferentes cenários auxiliando na tomada de decisões.

O SIG foi utilizado como ferramenta para modelagem por Hodge (Hodge et al., 1986). O modelo hidrológico foi acoplado ao SIG para prever o transporte de sedimentos e estimar a quantidade de sedimentos produzidos em uma bacia hidrográfica.

Berry e Sailor (1987) utilizaram o SIG para geração de parâmetros visando a predição da taxa e do volume de escoamento superficial em uma bacia hidrográfica. Yagow, Shanholtz e Flagg (1992) desenvolveram um banco de dados denominado *Virginia Geographic Information System* (VirGIS) composto, basicamente, por seis níveis de informação: elevação, tipo de solo, uso da terra, drenagem superficial, limites de bacias hidrográficas e limites de municípios.

O SIG produz resultados na forma de mapas, os quais podem representar diferentes camadas de dados em conjunto (visualizando-se ao mesmo tempo topografia, hidrografia, estradas de uso e ocupação da terra), mas também na forma de sumários estatísticos e conjuntos de dados derivados que podem ser utilizados para tarefas como modelagem e teste de hipóteses, com importante contribuição da ecologia de paisagem. (JONHSON, CAGE 1997; FARINA, 1998; CHRISTOFOLETTI, 1999)

A utilização do SIG também está disponível no formato de programas de domínio público como o Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada, desenvolvido pelo Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Segundo Camara et al. (1996), esse programa é eficaz para o monitoramento de bacias hidrográficas, sendo muito utilizado para investigar a dinâmica do uso da terra, nessas unidades de análise.

No meio civil, o SIG foi desenvolvido, em 1968, pela empresa norte americana *Environmental Systems Research Institute* (ESRI). (DANGERMOND, 1983) A ESRI projetou e desenvolveu as tecnologias do SIG, sendo que, em 1992, foi desenvolvido o *software* arcView 1.0 com funções bem limitadas. No ano de 1995, foi desenvolvido o Arcview 2.0, introduzindo-se ferramentas de edição e análise de pouca complexidade. Em 2002, foi desenvolvido o Arcview 3.3, com extensões para módulos hidrológicos, geomorfológicos e com linguagens de programação de interface com modelos matemáticos, dando origem ao Arcgis 9, 9.1 e 9.2.

Atualmente, foi desenvolvido e aperfeiçoado o Arcgis 10.1 com poderosos instrumentos de geoprocessamento e edição avançada de dados, ligação de base de dados de origem externa e análises espaciais com maior grau de complexidade, em relação às versões anteriores dos programas.

O SIG ARCGIS é aperfeiçoado periodicamente e permite por, meio de mapas vinculados a tabela e gráficos, a distribuição espacial dos eventos de caráter geossistêmicos, tendo suporte técnico do ESRI. (DANGERMOND, 1990)

Na atualidade, as inovações tecnológicas criam ou aperfeiçoam sistemas computacionais em curto período de tempo (mensal ou anualmente), como também modelos computacionais e ferramentas de geoprocessamento, a exemplo do *Geographic Position System* (GPS) que, concomitantemente com os SIG`s acompanham esse ritmo.

O *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), dados adquiridos por sensores remotos ativos, originalmente com resolução espacial de 90 metros, sãoa ideais para trabalhos relativos à geomorfologia fluvial. Essas aplicadas essas ferramentas podem ser aplicadas em estudos envolvendo escalas de até 1: 250.000.

Segundo Valeriano (1999; 2005), esses dados podem ser utilizados, porém existe a necessidade de pré-processamentos e de análises geoestatísticas para aproximar a modelagem do relevo, incluindo a morfologia fluvial, integrados integração a outras informações com o objetivo do refinamento dos dados sobre declividade. O uso de perfis topográficos, assim como outras representações cartográficas como as cartas e mapas relativos à organização espacial e os

geossistemas, torna-se de grande relevância para representar, modelar e avaliar a correlação espacial entre as unidades do solo e sedimento, levando em consideração suas características e interface com a forma e material de origem do relevo.

A fisionomia vegetal ou fitogeografia também oferece subsídios geomorfológicos para a interpretação dos *transectos* em análise. Nesse sentido, servem de base para estudos relativos a terraços fluviais e a planícies de inundação. (PEREZ FILHO;DONZELLI; LEPSCH;1980) e (PEREZ FILHO et al. 2001)

A integração de técnicas clássicas como o uso de papel milimetrado e caneta nanquim na produção desses perfis topográficos, associados à digitalização por meio do auxílio de máquinas de *scanners*, e o de programas como a HP (*digital photography*) e AUTO CAD (*computer aided design*) ou desenho auxiliado por computador são inovações tecnológicas que promovem e facilitam a manipulação dos dados morfopedogenéticos representados em formato 2 dimensões e 3 dimensões.

### **3.6 Luminescência Opticamente Estimulada (LOE)**

A investigação sistêmica de caráter geomorfológico, em bacias hidrográficas, é inerente à descoberta e utilização de inovações tecnológicas. Nos estudos geomorfológicos da atualidade, destacam-se os métodos de datações absolutas de sedimentos e solos, utilizando-se, portanto, o método de LOE.

A partir da década de 1980, as técnicas de datação óptica e termoluminescência que compõem o LOE foram utilizadas, de forma pioneira, para aplicação em análise de sedimentos e amostras de alguns minerais primários encontrados na fração areia, como quartzo e feldspato, devido, principalmente, às contribuições de Godfrey-Smith et al. (1988) e Huntley et al. (1985; 1988).

A inovação tecnológica mais relevante a possibilidade de mensurar o sinal de luminescência diretamente relacionado à carga da população de elétrons aprisionada no cristal, mediante estímulo luminoso. Esse conjunto de técnicas, inerentes ao processo de laboratório, entende-se como o próprio método LOE.

Segundo Corrêa, Espíndola e Mendes (2002), a principal finalidade do método LOE, que envolve um conjunto de técnicas de decaimento radioativo, é o de estimar, na escala espaço-

temporal, a pesquisa geomorfológica, promovendo a tentativa de reconstituir os eventos geomórficos a partir de um espaço restrito e de um período de tempo mais curto.

Nesse sentido, trabalhos recentes como os de Celarino (2011) e Storani (2010), foram desenvolvidos com o objetivo de reconstituir processos morfopedogenéticos e sua relação com a gênese de subsistemas em sistemas geomorfológicos, obtendo-se resultados satisfatórios, do ponto de vista de eficácia da aplicação do método da LOE para esse fim.

### 3.7. Procedimentos metodológicos

#### 3.7.1. Trabalhos de Gabinete

Os perfis topográficos, totalizando três na foz da BHRJ, foram determinados previamente no laboratório de geomorfologia do Instituto de Geociências da UNICAMP. O primeiro, na margem esquerda da desembocadura da foz; o segundo, localizado no Delta; e o terceiro e último, localizado na margem direita do trecho final do canal principal do rio Jequitinhonha. (Figura 3.9)

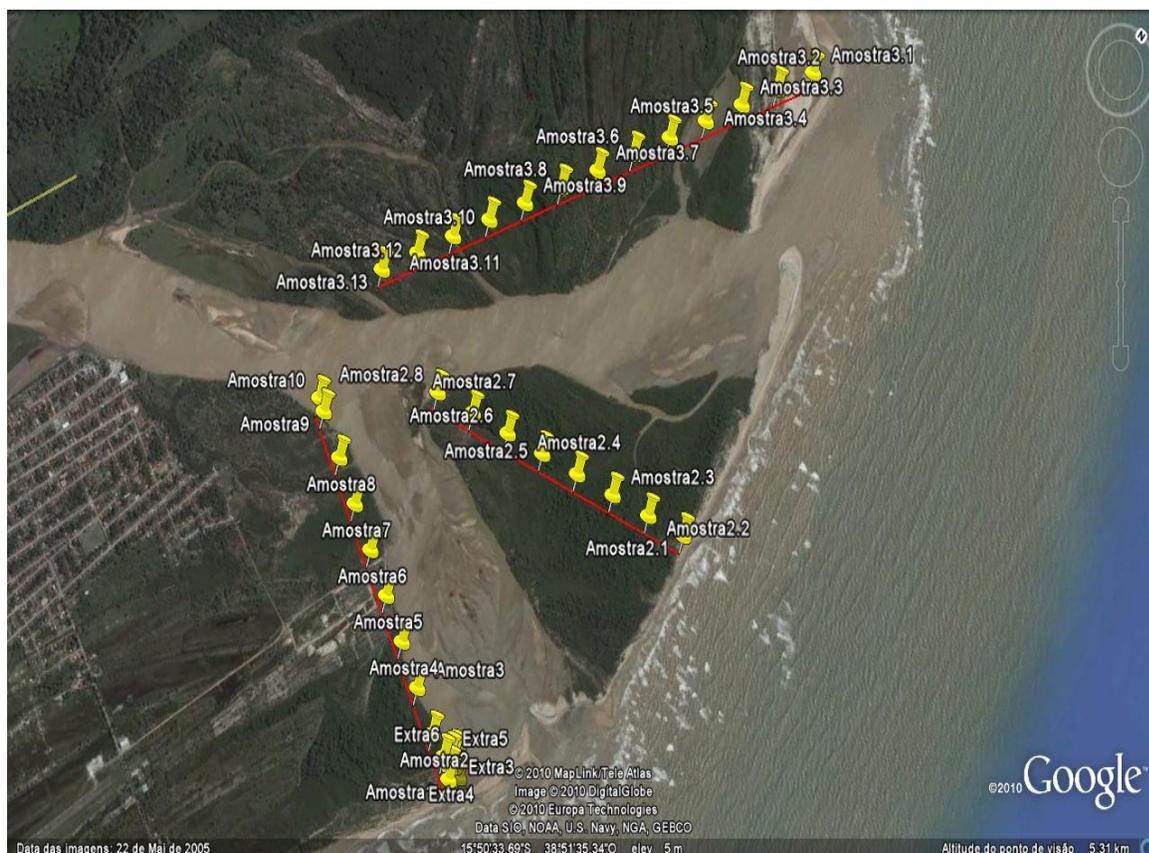


Figura 3.9- Transectos utilizados para coleta de dados de sedimentos na foz da BHRJ.  
Fonte: *Google Earth*, 2010

A escolha dos *transectos* teve como objetivo identificar uma rota prévia para a coleta das amostras de sedimentos, deformados e não deformados, no Delta e margem direita e esquerda da foz na BHRJ, a fim de se correlacionar posteriormente, no laboratório, essas camadas de sedimentos com a atual dinâmica fluvial e morfológica do Delta do rio Jequitinhonha.

Após o desenho do corte topográfico proposto, identificou-se que cada trecho tinha a seguinte extensão total: margem esquerda 2 600 metros com 12 pontos de coleta; no Delta, 800 metros com 4 pontos coletados; e margem esquerda, 1800 metros de extensão. Foi feito um planejamento de uma sondagem a cada 200m, levando-se em conta os atributos identificados no gabinete.

Na foz da BHRJ, a escolha dos dias de coleta das amostras foi feita de forma não aleatória. Considerou-se, além da estação do ano (primavera), período que ainda não se tinha uma alta pluviosidade tanto na foz quanto na sua montante, onde predomina os climas de tipo tropical úmido e tropical típico, respectivamente. (IBGE, 2002)

O calendário relativo às fases da lua foi consultado para que a coleta dos dados sedimentológicos não coincidissem com as fases cheia e nova da lua, período de ocorrência das marés de sizígia, fase que compreende a amplitude máxima dessa, ao contrário da maré de quadratura, período compreendido entre os dias 14 e 18 de outubro de 2010, e 30 e 31 do mesmo mês e ano. Para tanto, foi consultado o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Observatório Nacional do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ambas as consultas nos meses de agosto e setembro de 2010, e janeiro e fevereiro de 2011. A consulta para coleta de amostras granulométricas e para datação de sedimentos nos *transectos*, na foz da BHRJ, e de amostras de sedimentos, na jusante da barragem de Itapebi, foi realizada observando-se, criteriosamente, os dados fornecidos pelas instituições acima citadas.

A previsão do tempo também foi considerada porque os dias de coleta sem chuva são ideais para a coleta das amostras de solo e sedimentos. Para essa etapa do trabalho, foi consultado o Manual de Pedologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009) e SANTOS et al. (2005).

Os estudos hidrológicos, climáticos e meteorológicos desenvolvidos, ao longo da BHRJ, estão disponíveis de forma gratuita, devido à instalação de uma Base Nacional de Dados, em formato digital e de domínio público, disponibilizado pela Agência Nacional das Águas (ANA). Os dados são acessíveis por meio do *software Hidroweb*, intitulados Sistema Nacional de

Informações sobre Recursos Hídricos (SINRH), e também via Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), consulta essa por meio do Operador Nacional de Energia Elétrica (ONS).

A base de dados da ONS, utilizada com maior ênfase nesse trabalho, oferece uma série histórica detalhada e bastante antiga de vazão e precipitação, possibilitando, via tratamento estatístico, resultados em forma de tabelas e gráficos que servem, potencialmente, para fins de pesquisa e estratégias de intervenção em vários setores da BHRJ, inclusive no seu baixo curso.

Tucci (2005) aponta a relevância do uso das técnicas estatísticas na manipulação dos dados meteorológicos e hidrodinâmicos, aporte técnico usado neste trabalho, revelando, ainda segundo Tucci, características de fundamental importância para o fornecimento de resultados como: impactos relacionados à bacia hidrográfica, atendendo critérios correlatos às suas características físicas; representação de todos os processos hidrológicos envolvendo precipitação, escoamento superficial. Tal técnica tem sido amplamente aplicada em diversos projetos de pesquisa e intervenção em escala global.

A utilização de *softwares* de domínio público para aperfeiçoar o tratamento de dados numéricos, por meio das técnicas de estatísticas de vazão e sedimentos, é excelente para dinamizar a seleção e análise dos dados coletados e tratados previamente. Nesse processo, destaca-se o programa computacional de domínio público *Biestart 5.0*, desenvolvido pelo Instituto Marimauá, originalmente para fins de dados biológicos, também podendo ser utilizado para dados hidrológicos e geomorfológicos.

### 3.7.2 Trabalhos de Campo

O meio de transporte utilizado para coleta de amostra de solo e sedimentos, nos períodos previamente selecionados, foi uma lancha de alumínio motorizada, onde foram transportadas todas as ferramentas morfopedológicas tais como escavador manual, enxadetes, trado holandês e canos de PVC (foto 3.1). A localização exata dos pontos e registro de imagens foi realizada com auxílio do GPS. A identificação e o registro desses pontos foram feitos com o uso de fita métrica, máquinas fotográficas e filmadora digital.



Foto 3.1 - Transporte de materiais para coleta na Foz do Rio Jequitinhonha  
Liliane Góes – outubro de 2010

À medida que se alcançava o local de coleta das amostras de sedimentos, foram utilizadas outras ferramentas de campo descritas nos Manual de Pedologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009). Para cada ponto dos perfis coletados, destacou-se o uso concomitante das ferramentas pedológicas de trado holandês, do cano de PVC de 200 mm de diâmetro. (foto 3.2)



Foto 3.2 - Coleta de Amostra de Sedimentos não deformados  
Vinicius de Amorim Silva - outubro de 2010

Os procedimentos adotados tiveram como objetivo principal a posterior análise granulométrica, química, mineralógica, geoquímica, textura e de cor, graças à preservação estratigráfica do material coletado nos canos de PVC. Essas etapas foram realizadas com o intuito de caracterizar e reconstituir geomorfologicamente a área de estudo em questão. Para tanto, se seguiu os critérios de SANTOS et al. (2005).

Á exceção de três coletas (LOE), realizadas na foz da BHRJ, no período de cheias, no dia 16 de fevereiro de 2011, todas as outras foram realizadas, nesse local, durante a estiagem. Os locais de coleta foram escolhidos devido a pouca influência das cheias, levando-se, também, em consideração as variáveis meteorológicas e astronômicas descritas anteriormente. A escolha foi feita nos últimos pontos de coleta dos *transectos*, sentido preferencial Leste Oeste, o que não comprometeu a coleta dos perfis relativos à margem esquerda, Delta e margem direita da foz da BHRJ, em trincheiras abertas e amostras coletadas a 60 cm de profundidade com cano de PVC preto, código NBR 6150, de 50 mm de diâmetro, introduzido de forma horizontal e vedado com a capa do próprio cano (foto 3.3). Para proteger a amostra da luminosidade do local, a coleta de

amostras teve como finalidade análises de datação do solo e sedimento via método de Luminescência Opticamente estimulada (LOE).



Foto 3.3 - Procedimentos da Coleta para LOE  
Vinicius de Amorim Silva – Fevereiro de 2011

As amostras coletadas seguiram a classificação de solos, feitas segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (EMBRAPA, 2006)

A coleta de amostras de sedimentos na jusante da barragem de Itapebi foi realizada no dia 24 de fevereiro de 2011. O objetivo dessa coleta foi relacionar, posteriormente, no laboratório da FEAGRI na UNICAMP a análise granulométrica do material coletado anteriormente na foz com o encontrado na jusante da barragem e investigar a semelhança entre os sedimentos coletados. O intervalo preferencial de 200 metros de um ponto para outro foi mantido nessa área de coleta.

No entanto, para coleta desses dados foi dispensada a utilização de cano de PVC, de diâmetro de 50 mm, dada a característica homogênea dos sedimentos soltos e a proximidade desses sedimentos em relação ao lençol freático. Optou-se, então, pela utilização do trado holandês nos pontos de coleta a jusante da barragem (foto 3.4).



Foto 3.4 - Procedimentos de Coleta com o Trado a Jusante da barragem de Itapebi.  
Itatiana Araujo – Fevereiro de 2011

As áreas de coleta foram determinadas e feitas entre um ponto e outro, abrangendo a transição entre os sedimentos aluviais do terraço da foz da BHRJ e os sedimentos da jusante da barragem de Itapebi, originados a partir da alteração do material de origem. (Figura 3.10)

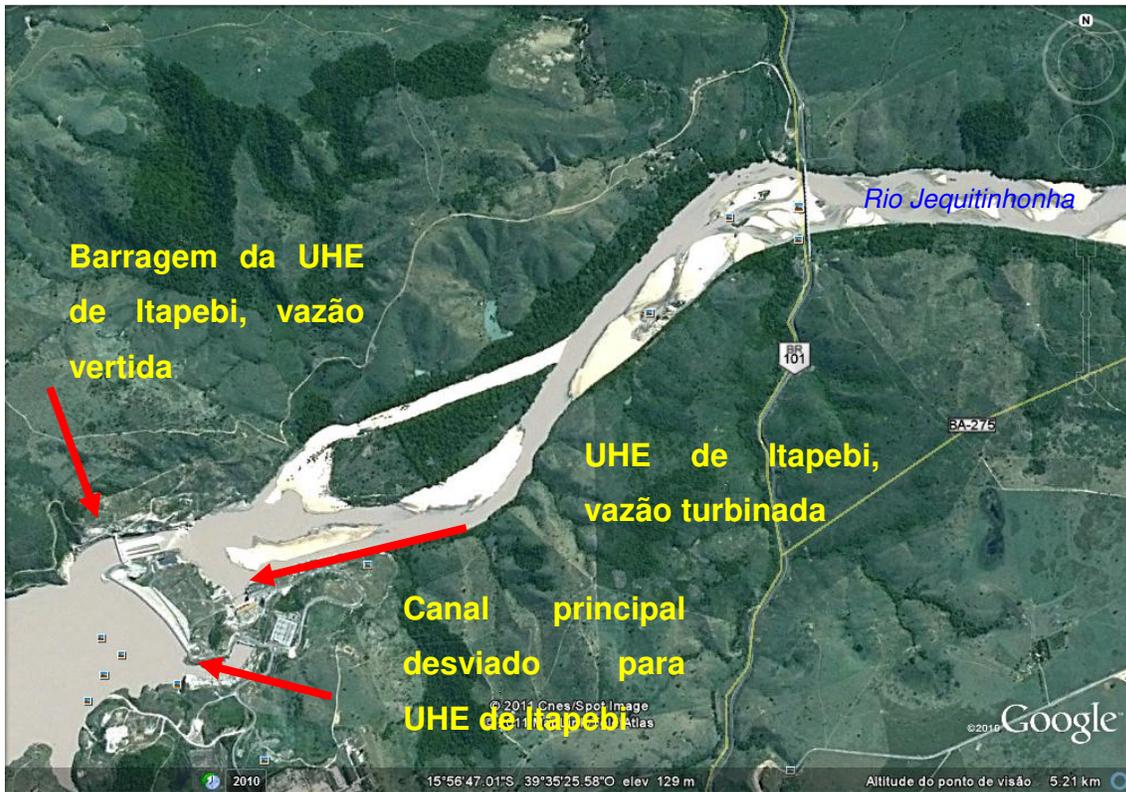


Figura 3.10 - Obras de Engenharia na UHE de Itapebi  
Fonte: *Google Earth* 2010

As coletas, em ambos os perfis, foram seguindo os critérios de Santos et al. (2005), coletadas amostras deformadas para análises granulométrica, química de rotina, mineralógica e geoquímica, além disso, foram coletadas amostras não deformadas na foz da BHRJ em canos de PVC para posterior classificação textural e cromática dos sedimentos. A classificação dos sedimentos foi feita segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (EMBRAPA, 2006)

### 3.7.3 Trabalhos de laboratório

O processo de produção Cartográfica, que teve o intuito de auxiliar as discussões e caracterização da dinâmica da Bacia do Jequitinhonha, foi dividido em duas etapas de realização.

A primeira etapa, realizada a partir dos mapas bases, obtidos junto à Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Possibilitou a construção de mapas morfométricos da área de estudo. A análise morfométrica possui grande relevância para a compreensão da dinâmica da paisagem do baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha, pois esses índices permitem a caracterização física e a análise morfodinâmica da paisagem.

A segunda etapa consiste na produção de mapas temáticos com o objetivo de agregar maior qualidade de informações sobre a formação da paisagem da área de estudo, permitindo, assim, a sua caracterização física.

A escala de trabalho adotada é de 1:100.000 mas, devido à incompatibilidade da escala de trabalho e a escala de impressão, os mapas tiveram as escalas reduzidas para as escalas 1:650.000 e 1:450.000, para que se adapta-se a folha A4 e A3 respectivamente .

Para a produção dos Mapas morfométricos, foram realizados, a partir dos mapas bases, que serviram para a construção do modelo digital de terreno, permitindo a realização dos mapas morfométricos.

Os mapas bases, em formato digital (Mapa Topográfico, Drenagem) foram obtidos junto a SEI (Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia), em escala 1:100.000 referentes a área de estudo, contendo três estruturas vetoriais:

- Elementos pontuais: são as entidades geográficas que posicionadas por um único par de coordenadas, porém deverão ser relacionados a outro dado para indicar seu atributo. Ex: pontos contados.
- Linhas: são constituídas por, pelo menos, dois pontos devendo armazenar informações que indiquem o atributo a que está associada. Exemplo: curvas de níveis, drenagem, estradas.
- Polígonos: a função da estrutura poligonal é descrever as propriedades topológicas das áreas de maneira que os atributos relacionados aos elementos areais sejam manipuláveis. Exemplo: Estuários, lagos e canais.

Sendo os mapas bases:

- Mapa de drenagem
- Mapa Topográfico
- Modelo Digital de Terreno

A partir dos dados fornecidos pela SEI, foi produzido o modelo digital de terreno, através da interpolação *TIN (Triangulated Irregular Network )* pelo comando *3D Analyst Tools > Create TIN From Features*. Compondo, desta maneira, os dados base, que, a partir de uma sobreposição em *layers* gerou os mapas base, com os dados de topográficos, drenagem e formas de relevo.

O mapa hipsométrico foi elaborado a partir do MDE, gerado no programa ArcGis 9.3,

que foi submetido a uma classificação da altimetria pelo comando *3D Analyst Tools* e converteu os vetores.

Devido à grande variação altimétrica, entre 0 e mais de 800 metros de altitude, apresentada na área de estudo e um antagonismo entre duas regiões da Bacia do Rio Jetiquinhonha, onde a região da planície litorânea possui altimetrias relativamente baixas e a região serrana uma variação superior a 1000 metros, adotou-se uma divisão de dois grupos intervalais: o primeiro possui intervalos equivalentes da classificação, variando de uma classe a outra em 20 metros, tendo seu início a partir da altitude 0 até 100 metros; e o segundo grupo, de equidistância de 200 metros, partindo do intervalo 200 até acima de 800.

Para o mapa de declividade foi produzido em meio digital, utilizando o *software* Arcgis 9.3 a partir do comando *slope* da ferramenta *3D analyst tool*, segundo o manual do ArcGis 9.3. A ferramenta *Slope* (declividade) calcula a máxima taxa de mudança entre cada célula e as suas vizinhas, por exemplo, a descida mais íngreme para a célula (a máxima mudança em elevação pela distância entre a célula e suas oito vizinhas). Cada célula no *raster* de saída tem um valor de declividade. Quanto menor o valor de declividade, mais plano o terreno; quanto maior o valor de declividade, mais íngreme o terreno. O *raster* de saída pode ser calculado como uma porcentagem da declividade ou grau de declividade. (Quadro 3.1)

Quadro 3.1 - Classes de Declividade

Classe	Declividade (%)
1	$\leq 3$
2	3 † 6
3	6 † 12
4	12 † 20
5	20 † 30
6	>30

Verificou-se que o modelo desenvolvido em SIG apresenta problemas na definição das classes de declividade, pois não considera as variações de declividade nos topos e fundos de vale, devido ao tamanho mínimo da célula do *raster (pixel)* gerado a partir do método de interpolação TIN, que considera as áreas de mesma cota topográfica (regiões de topo e vale) como um mesmo valor, desconsiderando qualquer tipo de variação altimétrica devido a este problema, adotou-se, além das feições topográficas (Curva de nível e pontos cotados), o sistema de drenagem como parâmetro de interpolação a partir do comando *3d Analyst tool>Raster Interpolation>Topo to Raster*, que permite estabelecer tipos de interpolação distintos para cada parâmetro utilizado. Nas feições topográficas pontuais (pontos cotados), utilizou-se o *Point Elevation*, considerando apenas o valor do Campo Cota e a localização para a interpolação, desconsiderando a forma da feição.

Para feições topográficas lineares, o tipo de interpolação usado foi o *Countour*, que considera o valor do Campo, a localização e a Forma da Feição. Enquanto que, com relação ao sistema de drenagem, foi considerada apenas a forma da Feição e sua localização, desconsiderando o valor do Campo, visando suavizar a discrepância da declividade apresentada nas zonas de mesmo valor de cota, a partir do estabelecimento de um novo limite em relação a zonas de mesma cota, tendo a mesma função de um ábaco complementar no método apresentado. (DE BIASE 1992)

O mapa de migração de meandros foi produzido a partir da sobreposição de Imagem de Satélites em um período de 34 anos (1973 a 2007). Devido a este período, escolheu-se o Sensor *Landsat*, por seu funcionamento constar no período desejado. As Imagens de Satélites, que foi desenvolvido pela Agência Espacial Norte Americana (NASA), composta por sete satélites, foram obtidas através do site do INPE (<http://www.dgi.inpe.br>). Na qual foram escolhidas imagens referentes às décadas de 1970, 1990 e anos 2000 tendo, como critério de seleção, o imageamento com menor quantidade de nuvens. Foram utilizadas as seguintes imagens:

- Landsat 1 MSS 14/08/1973 orbita: 232/071 e 231/071
- Landsat 5 TM 12/04/1999 orbita: 215/071 e 216/71
- Landsat 7 ETM+ 09/06/2007 orbita: 215/071 e 216/071

Após a obtenção das imagens em meio digital, foi realizado um pré-processamento destas, através do método do pixel escuro, com intuito de atenuar os efeitos atmosféricos. Após o pré-processamento, foi realizado um tratamento das imagens utilizando o programa ENVI 4.5,

processo no qual foi usado o filtro linear de 2%, buscando o realce das feições topográficas e de rugosidade do terreno. Posteriormente, foi realizado o georreferenciamento das imagens através da plotagem de pontos conhecidos. Para o georreferenciamento adotou-se a Projeção UTM e o Datum de SIRGAS 2000.

Com o tratamento das imagens, foram produzidas composições coloridas de Cor Verdadeira (R:3 G:2 B:1), com o intuito de destacar os canais de drenagem, nas imagens. A partir destas composições coloridas, foi identificado e digitalizado o canal principal de drenagem da bacia do rio Jequitinhonha, em escala um para 1:100.000, no ano de 1973, e 1:50.000 nos anos de 1999 e 2007. Os *shapes* digitalizados foram sobrepostos, formando, assim a evolução dos meandros do canal principal do rio Jequitinhonha. Devido ao Sensor *Landsat* 1 MSS possuir uma resolução espacial de 100 m, houve dificuldade na digitalização no período de 1973, na qual há problemas de representação do verdadeiro limite das margens.

Nessa direção, utilizou-se da base de dados da Companhia Baiana de Produção Mineral (CBPM), fotografias aéreas não convencionais, na escala de 1: 60 . 000 para posterior análise da evolução da foz da BHRJ, correlacionando essa fotografia com as imagens obtidas e tratadas, mencionadas anteriormente.

A técnica utilizada para identificação na mudança no padrão de drenagem do canal principal do baixo curso da BHRJ, a partir da jusante da barragem de Itapebi, foi por meio da análise areal da área em análise, à mensuração temporal do tipo de canal, por meio do índice de sinuosidade expressa pela representação da relação entre o comprimento do canal e o comprimento do eixo. Para tanto foi mensurada a distância axial ao longo da linha interrompida. O canal meândrico foi considerado, nesse trabalho, quando o índice foi igual ou superior a 1,5. O índice de sinuosidade determina as características morfométricas dos canais fluviais.

O cálculo foi considerado pela expressão (Schumm, 1963).

Onde:

$$Is = \frac{L}{dv}$$

Is = índice de sinuosidade

Dv = distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal (montante e jusante imediatamente após a barragem de Itapebi na BHRJ)

L = comprimento do canal principal

O módulo *hydrology*, do programa computacional SIG ArcGis 9.3, serviu como ferramenta facilitadora para entrada dos dados quantificados, mediante a expressão apresentada anteriormente. O ArcGis 9.3 oportunizou a manipulação desses dados de forma digital, e otimizou o processo, de forma automatiza, o que resultou em um sumário estatístico.

Produzidos os mapas morfométricos, iniciou-se a produção de mapas temáticos, referentes aos aspectos fisiográficos da área de estudo. Estes mapas foram gerados a partir da organização de material pré-existente, fornecido por diversas instituições, onde apenas foi feito a digitalização dos mapas e a adaptação das escalas originais para a escala de trabalho.

Para a produção do Mapa geológico foi utilizado o mapeamento feito pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI) em escala 1:100.000, do ano de 2004. Apresentando as principais litologias da área de estudo.

No Mapa Pedológico, foi utilizado a base fornecida, em formato digital, pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), em escala 1:100.000. Em que foram identificados na área de estudo, 12 tipos de solos predominantes, foi estabelecido uma escala de cores para a diferenciação da tipologia de solos.

Na produção do Mapa de Cobertura Vegetal, utilizou-se o mapeamento feito pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), em escala 1:100.000, do ano de 2004. Foram determinados dois tipos de ocupação. A primeira, relacionada à ocupação antrópica, com cinco usos distintos; e a segunda, no qual a variável determinante é a cobertura vegetal natural preservada, possui cinco tipos de coberturas vegetais.

Para a produção do Mapa de unidade geomorfológicas, foi utilizado o mapeamento feito pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), do ano de 2004, em escala 1:100.000, Adotou-se, como critério para a produção deste Mapa, a identificação a gênese e formas predominantes de relevo. considerando os feições e funcionamento desses. De acordo com os táxons de morfoestrutura, morfoescultura e feições predominantes, (ROSS, 1992)

A Classificação dos sedimentos levou em consideração, as informações relativas à cor e textura dos perfis topográficos, foram realizadas mais detalhadamente, durante os meses de novembro e dezembro de 2010, com os procedimentos adotados na abertura dos canos de PVC, de diâmetro de 20 mm, e de 120 cm de comprimento, no laboratório de solos da faculdade de engenharia agrônômica (FEAGRI) na UNICAMP. A abertura dos canos de PVC para coleta de amostras foi representativa para visualização e identificação da continuidade lateral das camadas de sedimentos (foto 3.5).



Foto 3.5 - Procedimentos de abertura dos canos de PVC para análise de amostras  
Vinicius de Amorim Silva – Dezembro de 2010

O auxílio da carta Munsell foi essencial para a análise estratigráfica e identificação da textura, cor do solo e sedimentos (foto 3.6). Para a classificação dos sedimentos, foi adotado critérios de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (EMBRAPA, 2006)



Foto 3.6 - Procedimentos para análise da amostra dos sedimento em laboratório  
Vinicius de Amorim Silva – dezembro de 2010

A granulometria foi desenvolvida de acordo com a metodologia da pipeta (foto 3.7) proposta por Camargo et. al. (1986), realizada seguindo critérios adotados para menos de 5% de matéria orgânica pesou-se 10g de terra fina e seca ao ar (TFSA), transferindo-a para uma garrafa de Sthomann de 500ml, e 50ml de solução dispersante, em seguida colocou-se em um agitador de Wiegner a 30rpm ,durante 16 horas. Após a transferência da suspensão para uma proveta graduada de 500 ml, passou-se por uma peneira de malha 0,053mm e completou-se o volume a 500ml, transferindo o material retido na peneira para um becker 400ml e secou-se, em estufa, com temperatura 105°C. Passou-se toda a areia em jogo de peneiras 1,00cm, 0,5cm, 0,25cm,

0,125cm e 0,053cm e colocou-se em vibrador de peneiras. Pesaram-se as frações retidas, em cada peneira, em balança de duas casas decimais.

Após a eliminação da matéria orgânica com  $H_2O_2$ , foi calculada a proporção dos minerais e suas propriedades coloidais seguindo os parâmetros: (<0,002mm), silte (0,05-0,002mm) e 5 frações de Areia: Muito Grossa (2-1mm), Grossa (1-0,5mm), Média (0,5-0,25mm), Fina (0,25-0,1mm) e Muito Fina (0,1-0,05mm). Apesar do procedimento de laboratório ter sido desenvolvido segundo a metodologia própria da FEAGRI, os solos e sedimentos foram classificados segundo grupamentos texturais Arenosa, Média, Argilosa, Muito Argilosa e Siltosa. (EMBRAPA, 2006)



Foto 3.7 - Procedimentos análise granulométrica  
Vinicius de Amorim Silva – Dezembro de 2010

As amostras foram tratadas quimicamente para se fazer suas ilações segundo os parâmetros relativos à: acidez ativa (pH, em  $CaCl_2$ ,  $H_2O$  e solução tampão), acidez potencial  $(H+Al)/($ extração por acetato de cálcio), fósforo (Método Mehlich), potássio, cálcio e magnésio (Método resina de troca iônica), matéria orgânica (Método Walkley-Black), alumínio trocável (extração através de  $KCl$ ), CTC (Capacidade de troca catiônica), soma de bases e saturação por

bases, utilizando a metodologia proposta por (CAMARGO et. al. 1986)

Para a Datação absoluta por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), as amostras de sedimentos extraídas dos tubos de PVC preto foram analisadas na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC) sofreram tratamento em ambiente de luz vermelha, com baixa incidência, em sala escura e com ausência de luz natural e artificial. Em seguida, passaram por tratamento químico com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HF (20%); Posteriormente, utilizou-se HCl (20%). Nas lavagens permeias, foi utilizada água destilada. Posteriormente ao tratamento químico, as amostras foram submetidas a procedimento semelhante aos do tratamento de amostras para análise granulométrica. A fração areia muito fina (0,1-0,05mm), seca e peneirada separando, a fração granulométrica de 100-160µm, separando-se o quartzo e feldspato com ausência metais pesados e materiais orgânicos.

O procedimento de decaimento residual (TL / OSL) foi desenvolvido mediante a submissão das amostras à radiação solar, por um período aproximado de 20 dias. As amostras foram repartidas em várias porções, posteriormente irradiadas a (fonte de <sup>60</sup>Co (455Ci), em doses variadas e pré-definidas (Gy), modeladas a dose acumulada natural para montagem da curva de calibração para a análise de TL / OSL.

Outras amostras foram utilizadas para determinar a dose acumulada de intensidade de LOE natural e as de LOE residual + irradiação. Para tanto, o método de regeneração total foi o instrumento de mensuração utilizado para se obter o sinal de LOE, por meio da excitação por luzes azuis e a medida se dá em uma temperatura de 120°C. O ajuste dos pontos experimentais da LOE foi extraído através da área da curva de decaimento. Sua extrapolação nos fornece o valor da dose acumulada (em Gy), quando comparado com os valores de doses conhecidas.

#### **Idade = Paleodose / Dose Ambiental**

As amostras, sem nenhum tratamento, foram colocadas em um recipiente plástico (dimensões: 5 cm de diâmetro e 2 cm de altura), em um espectrômetro (*Canberra Inspector Portable Spectroscopy Workstation* (detector: NaI – TI)) para coleta de dados por 24 horas. Esse equipamento fez uma varredura completa de energia e forneceu uma relação de contagem versus energia.

O término do procedimento enfim apresentou a idade da amostra com a relação:

$$Idade(anos) = \frac{DoseAcumuladaNatural(Gy)}{DoseAnual(Gy/ano)}$$

Os procedimentos apresentados foram baseados em Datação absoluta de cristais de quartzo e feldspato.

Na Caracterização do regime hidrológico o procedimento de tratamento estatístico para análise temporal de vazão ou débito fluvial, comparando 5 anos antes da implantação da barragem e 5 anos após a implantação dessa, foram utilizados dados da estação meteorológica e fluviométrica de Itapebi, localizada a jusante da atual barragem hidrelétrica de mesmo nome.

Para esse objetivo, foram armazenadas e manipuladas, por meio da utilização do programa Excel versão 2007, 120, séries históricas mensais de vazão e precipitação disponibilizadas, pelo Operador Nacional de Energia Elétrica (ONS).

O tratamento primário dos dados fluviométricos e meteorológicos continuou sendo manipulado e sumarizado, em forma de tabelas e gráficos comparativos entre os dois períodos, com o auxílio do programa computacional *Excel* versão 2007, ao passo que os gráficos e histogramas de frequência de vazão foram verificados por meio do Teste T de *Student* reconhecido como eficaz para esse fim. Por ser um teste de hipótese para médias, foi utilizado nesse trabalho para comparar dois grupos de série histórica mensal e anual de vazão, antes e depois da construção da barragem de Itapebi, a Hipótese Nula é que a diferença das médias é zero, isto é, não há diferenças entre os grupos.

A ferramenta utilizada para tornar o tratamento estatístico célere e eficaz, foi o programa de domínio público *bioestart*, utilizado nesse trabalho com objetivo de manipular e refinar esses dados fluviométricos. A identificação das possíveis mudanças na dinâmica fluvial, por meio dos fluidos no canal principal do baixo curso do rio Jequitinhonha foi potencializada graças à utilização desse conjunto de técnicas, utilizado, gratuitamente na internet pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.

## 4 . RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Dinâmica de Uso e Ocupação da Terra

No baixo curso da BHRJ, a dinâmica do uso da terra tem sido influenciada, nos últimos anos, pela expansão da silvicultura, devido ao cultivo e beneficiamento de eucaliptos (*Pinus caribaea*) e (*Eucalyptus*), que têm ocupado o lugar que antes era destinado ao cultivo do cacau, no sistema agroflorestal cabruca<sup>1</sup>.

Com o *status* de reflorestamento, a prática de substituição dessa cultura teve anuência governamental alicerçada na Lei Federal 5.106, promulgada em 02 de setembro de 1966, (MEDAUAR, 2005). Nessa lei, não se fazia distinção entre o “reflorestamento” de espécies nativas e exóticas.

Nesse sentido, o eucalipto que, dadas as suas especificidades de flora de origem estrangeira funcionaria, sob o ponto de vista biogeográfico, categorizado apenas como reposição ou substituição florestal, por meio de espécie alóctone, em função da vegetação original Mata Atlântica. Segundo a SEI (2008), o plantio de eucaliptos iniciou-se em 1990, na região do Extremo Sul da Bahia. Os interesses políticos encarregaram-se de reconfigurar o quadro territorial por meio da manutenção periódica do sistema viário preexistente, que passa pelo baixo curso da BHRJ, a BR 101 e BA 275. Nessa direção, o implemento de novos modos de circulação no baixo curso da BHRJ permitiu a alteração do uso da terra, condicionada pela divisão territorial do trabalho, tendo em vista a tríade produção-circulação-consumo. De acordo com Correa (1989), essa tríade tem o poder de reestruturar, local e regionalmente, o espaço geográfico.

O dinamismo provocado pela atual rede urbano-campo, reflexo da substituição da monocultura do cacau pela silvicultura e gradativa supressão da bacia leiteira, teve seu apogeu no final da década de 1990. Esse processo de dinamização atingiu os municípios de Itapebi e Belmonte, banhados pelo canal principal e seus tributários, que fazem parte do complexo hidrográfico do baixo curso da BHRJ.

---

<sup>1</sup>Sistema de plantio em consórcio Mata Atlântica e cacau. No sistema cabruca, a Mata Atlântica exerce a função de sombreiro para o plantio e manejo agrícola dos cacauais localizados nas regiões econômicas do Sul e extremo Sul da Bahia.

As modificações no uso da terra geralmente sugerem alterações no padrão de escoamento superficial nas redes de drenagem, em bacias hidrográficas, alterações essas ocasionadas pelo efeito da implantação da silvicultura. (TUCCI e CLARKE, 1997)

O uso da terra e retiradas d'água para usos múltiplos sugerem alterações temporais e espaciais na dinâmica fluvial e sua morfologia, mormente a construção do barramento no canal principal do rio Jequitinhonha para a instalação e operacionalização da UHE de Itapebi, objeto de estudo dessa pesquisa, discutido com maior detalhamento nos itens subsequentes dessa tese.

Observa-se a presença da Floresta Pluvial de Encosta ou Floresta Ombrófila Densa Submontana (Figura 4.1), situada na porção noroeste do baixo curso, nas regiões de relevo do planalto pré-litorâneo e em pontos isolados, recobrando as encostas de elevações mais interioranas. Essas florestas ocupam a maior parte do baixo curso da BHRJ, porção Bahia, recobrando extensas áreas pediplanadas. Observa-se também a presença de uma formação tipicamente decidual.

A seguir, a Figura 4.1 apresenta a distribuição absoluta do uso da terra e vegetação mapeadas no baixo curso da BHRJ, em 1974: agricultura e pecuária com, aproximadamente, 2.889 km<sup>2</sup>; Brejo 112 km<sup>2</sup>; Cabruca (Cacau) 533 km<sup>2</sup>; Curso D'água 55 km<sup>2</sup>; Floresta Estacional 38 km<sup>2</sup>, Floresta Secundária 287 km<sup>2</sup>; Lago, Açude, Represa 10 km<sup>2</sup>; Mangue 2 km<sup>2</sup>; Reflorestamento 24 km<sup>2</sup>; Restinga 109 km<sup>2</sup>; Área Urbana 2 km<sup>2</sup>.

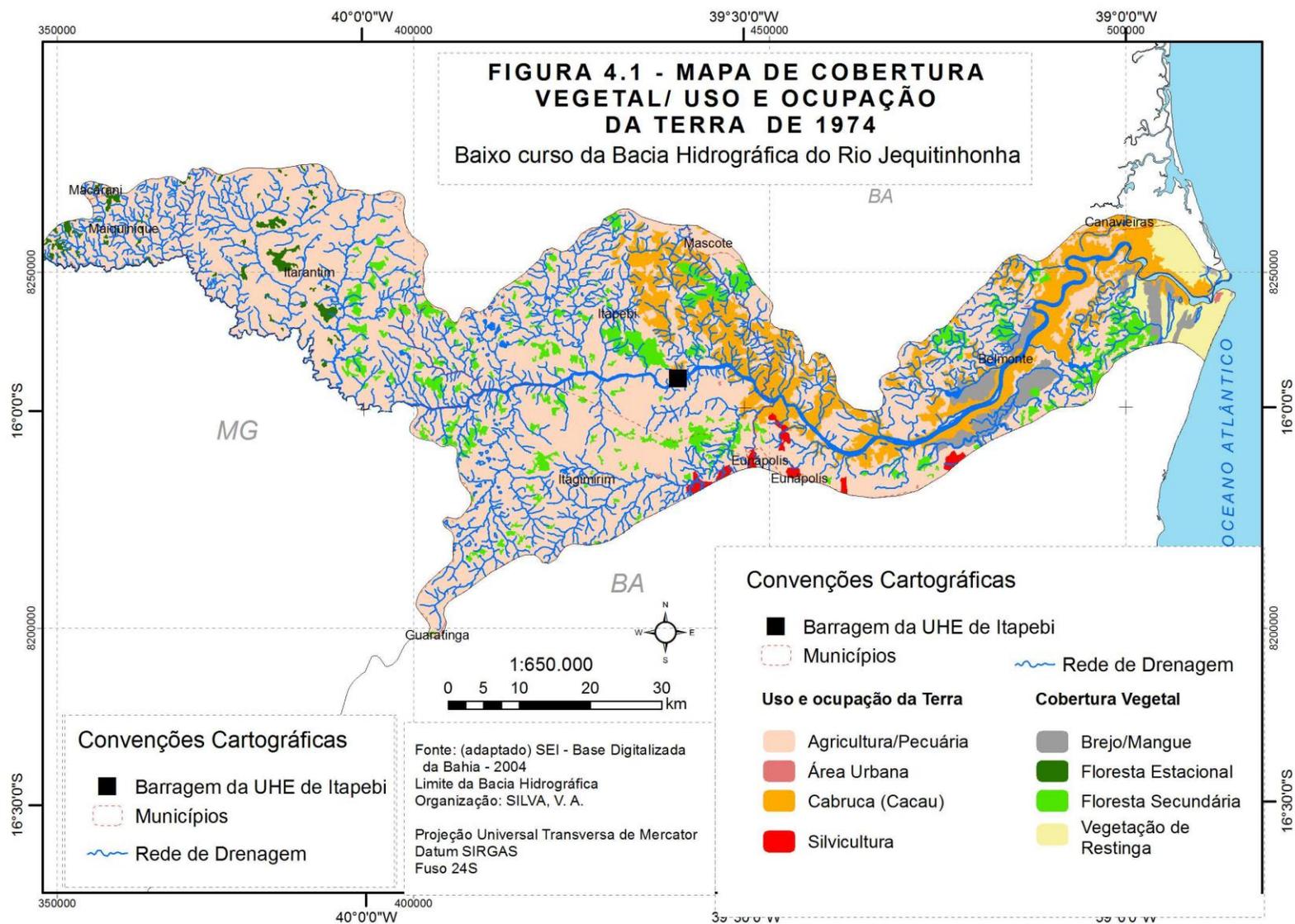


Figura 4.1- Mapa de Cobertura vegetal/ Uso e Ocupação da Terra 1974

Já na Figura 4.2, apresenta a distribuição absoluta do uso da terra e vegetação mapeadas no baixo curso da BHRJ, em 2008. A agricultura com a cultura do côco com 6,86 km<sup>2</sup>, e outras culturas permanentes com 529,06 km<sup>2</sup>; somadas alcançam 535,96 km<sup>2</sup>. O Brejo/ Mangue 53,3 km<sup>2</sup>, Cabruca (Cacau) 587,4 km<sup>2</sup>, Floresta Estacional 71,90 km<sup>2</sup>, Floresta Secundária 49,60 km<sup>2</sup>, Silvicultura 334,54 km<sup>2</sup>, Restinga 336,98 km<sup>2</sup>, área Urbana 2,64 km<sup>2</sup>.

A dinâmica da organização espacial, caracterizada pela ocupação e uso da terra, se destaca, ao longo desses 34 anos, pela expansão da silvicultura, do cultivo do côco-da-baía e pela consequente diminuição da área da agricultura e pecuária. A instalação da agroindústria de papel e celulose e de obras de engenharia como estradas, e a construção da UHE de Itapebi também merecem destaque na organização espacial do baixo curso da BHRJ.

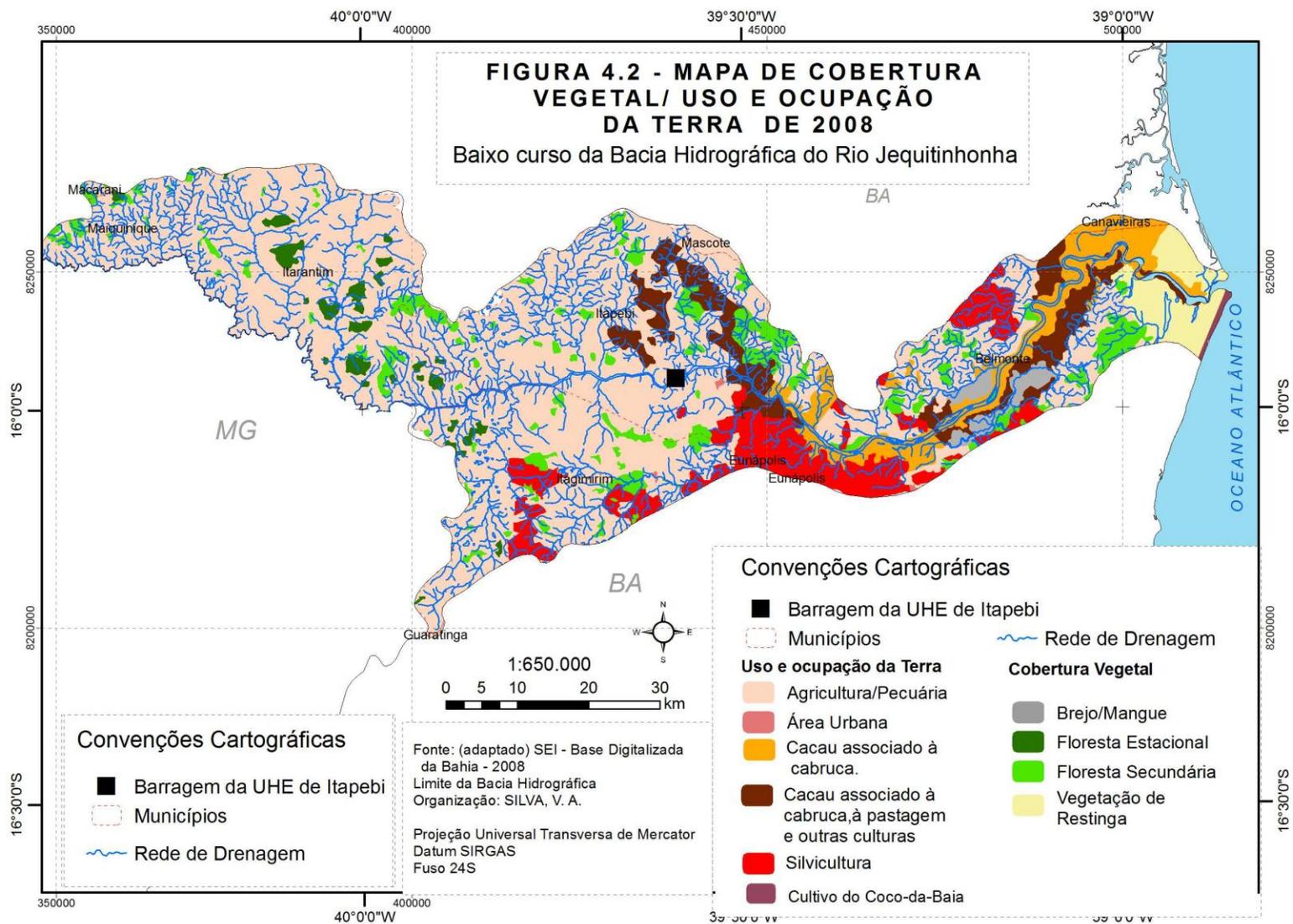


Figura 4.2 - Mapa de Cobertura vegetal/ Uso e Ocupação da Terra 2008

## 4.2 Barragem da UHE de Itapebi

O empreendimento da UHE (Usina Hidrelétrica) de Itapebi foi projetado em 1989. No entanto, a construção foi executada a partir de 1999, com seu barramento. A operação da primeira unidade ficou pronta em fevereiro; a segunda, no início de março; e a última, em meados de junho de 2003. Suas turbinas são do tipo Francis, com potência nominal de 154,6 MW, com vazão de engolimento a plena carga, com capacidade de 208 m<sup>3</sup>/s; sua energia é gerada em 13,8kV, na SE Elevadora, com 480 MVA de potência. A finalidade da Usina é fornecer energia elétrica para, aproximadamente, 1.000.000 de casas residenciais no extremo Sul da Bahia, além de integrar a interligação do sistema de geração hidrelétrica Norte-Sul do Brasil. (CRUZ, 1996)

As barragens com Face de Concreto (EFC), ou de enrocamento, na qual a UHE de Itapebi se enquadra (ENGEVIX, 1995a), ocupam 5,3% do total no mundo. O empreendimento em questão possui dimensões de 620 metros de comprimento e uma altura de 106 metros, o vertedouro, com seis comportas de setor, tem a capacidade de escoar cheias na ordem de 20.915 m<sup>3</sup>/s, com a capacidade de gerar 450 MW, sendo considerada, segundo os parâmetros internacionais da ICOLD (2011), como uma grande barragem.

Segundo ENGEVIX (1995a), a barragem, bem como sua operacionalização, não têm capacidade de regularizar as cheias do rio Jequitinhonha, pois são do tipo “a fio d’água”. Ainda (op. cit.), a água afluenta ao reservatório passa para jusante do aproveitamento pelas turbinas ou, em caso de excesso, pelo vertedouro, que tem capacidade para escoar qualquer cheia sem sobrelevação do nível d’água.

As estruturas principais do barramento constam de tomada d’água, localizada na margem direita, vertedouro e barragem de gravidade no leito do rio, com fechamento na ombreira esquerda.

O detalhamento das principais características de operacionalização é apresentado sumariamente no quadro 4.1 a seguir:

-

Quadro 4.1- Principais características da barragem UHE de Itapebi

N.A. máximo maximum de operação a montante (m)	110
N.A.máximo normal de operação a montante (m)	110,00
N.A. mínimo normal de operação a montante (m)	110
N.A. máximo de jusante (m)	45,3
N.A. normal de jusante (m)	29,68
Área do reservatório no N.A. máximo normal (Km <sup>2</sup> )	61,58
Volume acumulado total (hm <sup>3</sup> )	1633,56
Queda de referência (m)	78,6
Queda bruta (m)	80,32
Descarga média de longo termo (m <sup>3</sup> /s)	405
Vazão de projeto do vertedouro (TR = 10.000 anos) (m <sup>3</sup> /s)	20.915
Vazão de projeto de desvio (TR = 10 anos) (m <sup>3</sup> /s) (1ª Etapa)	1.177
Geração média de energia - (1931 a 1992) (GWh)c/regularização	1.982
Potência instalada total (MW)	375

Fonte: (ENGEVIX, 1995a)

Nesse trabalho, o recorte de estudo está situado na jusante da barragem de Itapebi, no baixo curso da BHRJ. As obras de fundações da barragem de Itapebi apresentavam passagens de xisto grafitoso, com baixa resistência ao cisalhamento. No entanto, essa feição geomórfica segue a distribuição geral de xisto ao longo do maciço rochoso, disposto de maneira subvertical, condição que não resultou em problemas de estabilidade para o escorregamento de uma alternativa de concreto em construções de barragens de enrocamento de concreto. (CRUZ, 1996)

O processo de construção de barragens com a finalidade de geração e distribuição de energia hidrelétrica continua a ser executado ao longo BHRJ. Em 2006, iniciou-se a operacionalização de outra UHE, a de Irapé, ou Usina Presidente Juscelino Kubitschek, localizada à montante da UHE de Itapebi, no município de Araçuaí, em Minas Gerais. Essa usina dispõe de barragem com 208 metros de altura, sendo atualmente a mais alta do país. Além dessas duas usinas, a UHE de Murta tem o início de sua operação previsto para até 2012. (ONS, 2008)

### 4.3 Análise temporal do canal principal.

Segundo ONS (2008), a instalação de estruturas para o desvio de água na BHRJ, modifica a distribuição temporal e espacial das vazões, conduzindo a alterações no regime fluvial. Considerando que os riscos associados à gestão do Sistema Interligado Nacional – SIN, no qual a

geração hidrelétrica representa cerca de 91% de sua capacidade instalada, dependem da variabilidade natural das séries hidrológicas.

De acordo com a ENGEVIX (1995a), a alteração desse fluxo na UHE de Itapebi só acontece, via operacionalização, quando o rio está em períodos de cheia, quando se abrem os vertedouros da barragem eliminando o excesso d água. Os efeitos do sistema regulado de vazões são apresentados tanto à montante quanto à jusante da barragem da UHE de Itapebi.

Para o melhor entendimento da dinâmica do sistema hidrográfico, no seu escoamento superficial, constituiu-se uma relação precipitação x vazão. Foi traçado o comportamento desses dois componentes do sistema fluvial no baixo curso da BHRJ, à jusante da barragem de Itapebi. O período de 10 anos antes do processo de barramento do rio, e de 09 anos após o seu processo de barramento, compreende um período de 19 anos como um todo. (Figura 4.3)

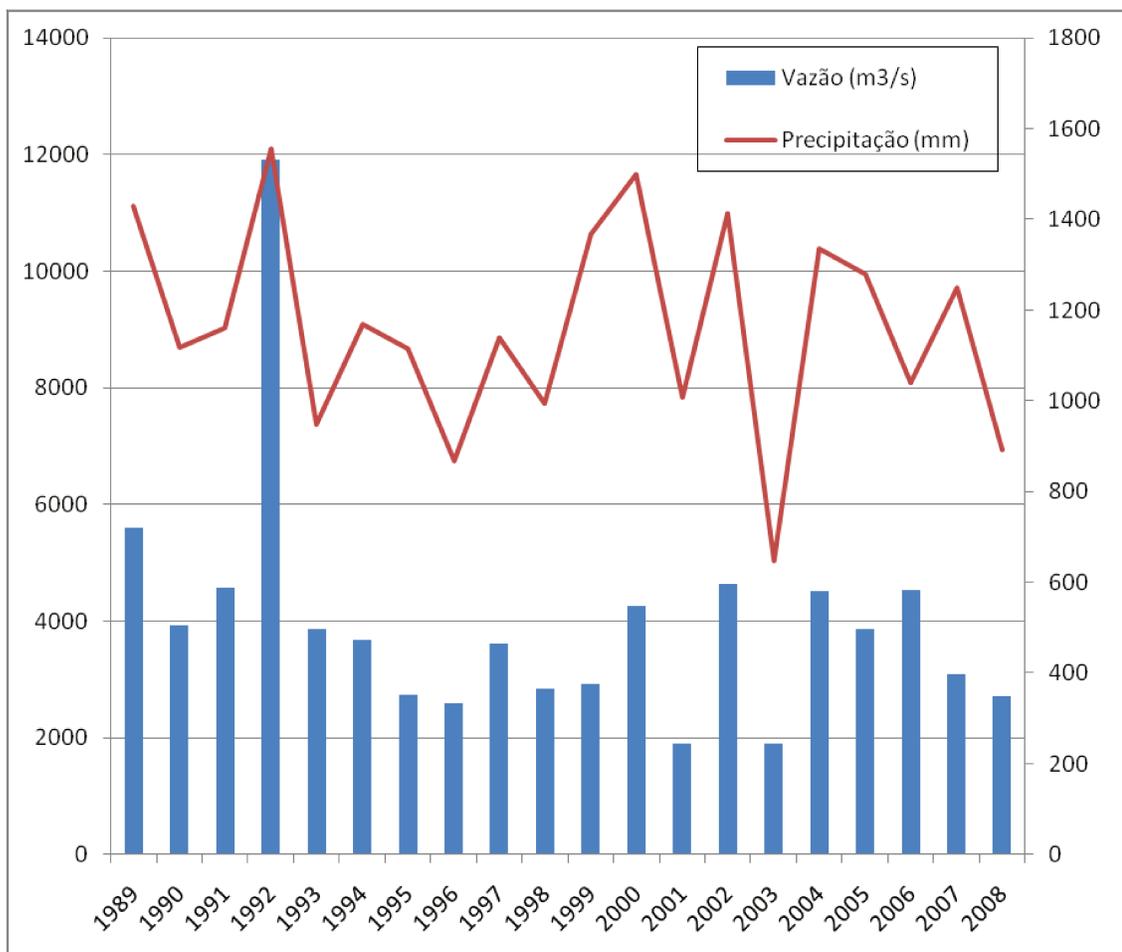


Figura 4.3 - Relação precipitação x vazão entre 1989 e 2008

Os dados apontam uma correlação direta entre os picos de vazão e precipitação na estação meteorológica de Itapebi, localizada imediatamente à jusante da barragem de mesmo nome, com base digital disponível. (ANA, 2010; NOS, 2008)

A vazão média mensal afluyente de Itapebi (Figura 4.4) é representada através do posto fluviométrico de Itapebi. O período de maiores vazões vai de novembro a abril (entre 958 m<sup>3</sup>/s e 232 m<sup>3</sup>/s no Rio Jequitinhonha, no ano referência 2008). Com frequência, as enchentes acontecem em dezembro, podendo ocorrer também em janeiro, fevereiro e março (Figura XX). O período de vazões menores abrange os meses de junho a outubro, sendo o mês de setembro o de menor vazão (34 m<sup>3</sup>/s). Nas vazões mensais mínimas (Figura XX), destaca-se o regime de maior vazão média no ano de 1998, que antecedeu o barramento do rio Jequitinhonha. O rio Jequitinhonha registrou os maiores valores de vazões mensais mínimas históricas nos meses de setembro e outubro (34 m<sup>3</sup>/s e 49 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, para o ano de 2008, após a o barramento do canal principal do Rio Jequitinhonha), embora estejam dentro do período de vazões médias mensais.

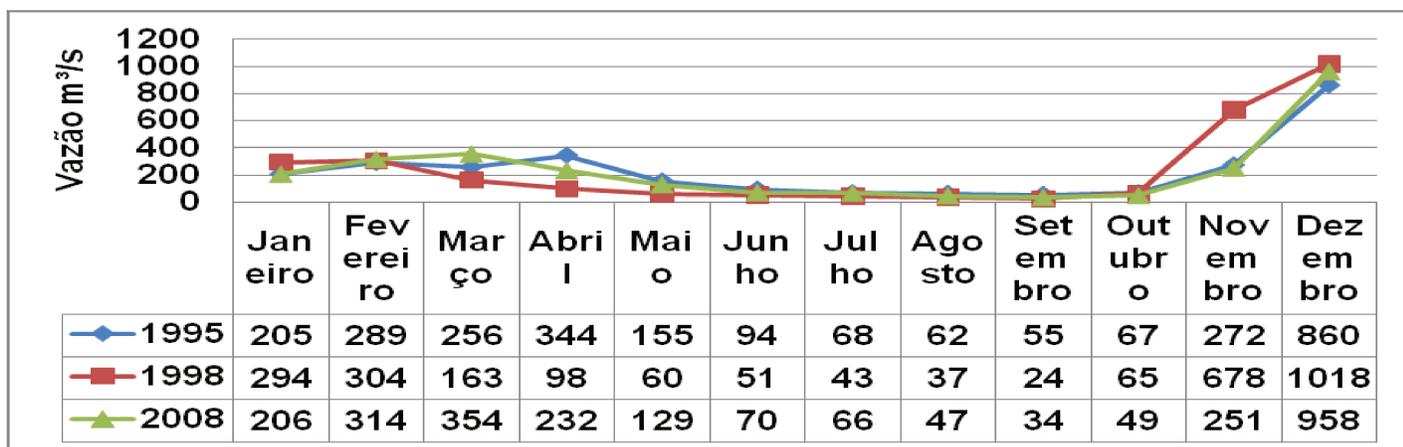


Figura 4.4 - Médias Mensais de Precipitação x vazão

As vazões médias anuais para o baixo curso do rio Jequitinhonha, à jusante da barragem de Itapebi, definidas para o ano hidrológico, são apresentadas na Quadro 4.2. A vazão de longo período, ou seja, a média dos valores anuais, no rio Jequitinhonha (Itapebi) é de 330,8 m<sup>3</sup>/s (1988 a 2008), com desvio padrão de 229,4 m<sup>3</sup>/s. A vazão média anual máxima foi de 993 m<sup>3</sup>/s (1992), com desvio padrão de 113 m<sup>3</sup>/s, e a mínima de 158 m<sup>3</sup>/s, com desvio padrão de 215 m<sup>3</sup>/s (2003).

Quadro 4.2 -Média e desvio padrão da vazão anual na estação meteorológica em Itapebi

	Média m <sup>3</sup> /s	Desvio m <sup>3</sup> /s		Média m <sup>3</sup> /s	Desvio m <sup>3</sup> /s
1988	312	235	1999	243	246
1989	467	821	2000	354	318
1990	327	225	2001	159	113
1991	381	226	2002	387	471
1992	993	1136	2003	158	215
1993	321	316	2004	375	293
1994	307	266	2005	322	327
1995	227	224	2006	377	414
1996	216	231	2007	258	252
1997	300	305	2008	226	255
1998	236	309			

Fonte: ANA (2010)

As bacias hidrográficas são organizadas para escoar a quantidade de água e de detritos que são fornecidos para a sua área de drenagem. Nesse sentido, o represamento da água, à montante da UHE de Itapebi, também sugere alteração na finalidade da BHRJ de escoar água e sedimentos, com reflexos no nível de base, no canal principal do rio Jequitinhonha, e no padrão de drenagem no baixo curso da BHRJ, em direção à sua foz.

Utilizando o teste t de *student* na média da vazão produzida na estação fluviométrica e meteorológica de Itapebi, localizada imediatamente à jusante da barragem, em dois períodos distintos identificou-se, na seguinte ordem: um antes da construção da barragem entre 1994 e 1998, e de 1999 a 2000, anos de barramento e início de operacionalização da barragem. O período escolhido para a utilização da técnica foi entre 2004 e 2008, período após o barramento e de operacionalização regular da barragem de Itapebi. Com relação à quantidade média em m<sup>3</sup>/s percebe-se, de acordo com o teste, que as vazões totais eram uniformes até a construção da barragem de Itapebi. Durante a construção, as vazões variaram de um ano para o outro. Após a construção, voltaram a ser uniformes em períodos anuais.

Com relação à quantidade da vazão entre os períodos analisados estatisticamente, via técnica de correlação linear, a mudança se apresentou  $t < -2,179$  unilateral, com valor apresentado de -0.6286 nulo abaixo, indicando que não houve diferença significativa entre a

média de vazão, considerando-se a precipitação no trecho à jusante da barragem da UHE de Itapebi, nos períodos analisados via teste t de *student*.

No entanto, obteve-se resultado mais satisfatório na coerência dos dados, com a utilização e o auxílio do programa *Excel*, para os valores de média total de vazão e precipitação. A técnica de frequência simples acumulada foi utilizada para a análise desses dados hidrológicos (HIDROWEB, 2010). Essa técnica foi aplicada em períodos distintos, antes e após o barramento do canal principal do Jequitinhonha.

No período compreendido entre 1989 e 1998, a precipitação média total foi de 11496,9 mm, correspondente a 49,27 % do total, ao passo que, entre os anos de 1999 e 2008, o total de precipitação foi de 11839,6 mm, corresponde a 51,73%, da precipitação total nos 19 anos selecionados (Figura 4.5)

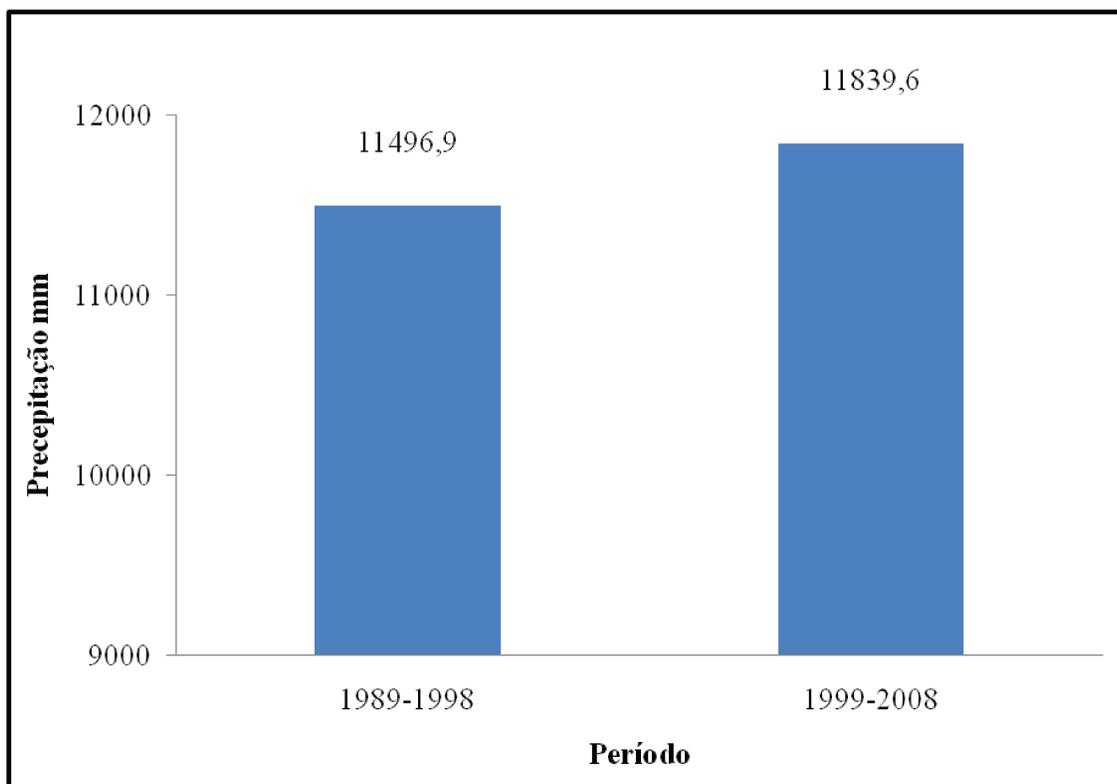


Figura 4.5 - Relação da precipitação total antes e após o represamento da barragem da UHE de Itapebi

De acordo com dados disponibilizados pela ONS (2008), a pluviosidade em mm se manteve estável durante o período pesquisado.

Para a vazão, a relação foi inversamente proporcional, apresentando-se 49071m<sup>3</sup> para 34344,0 m<sup>3</sup>. Houve uma redução de 8,8% por conta do período de barramento do canal principal do rio Jequitinhonha e regularização do seu sistema fluvial. (Figura 4.6)

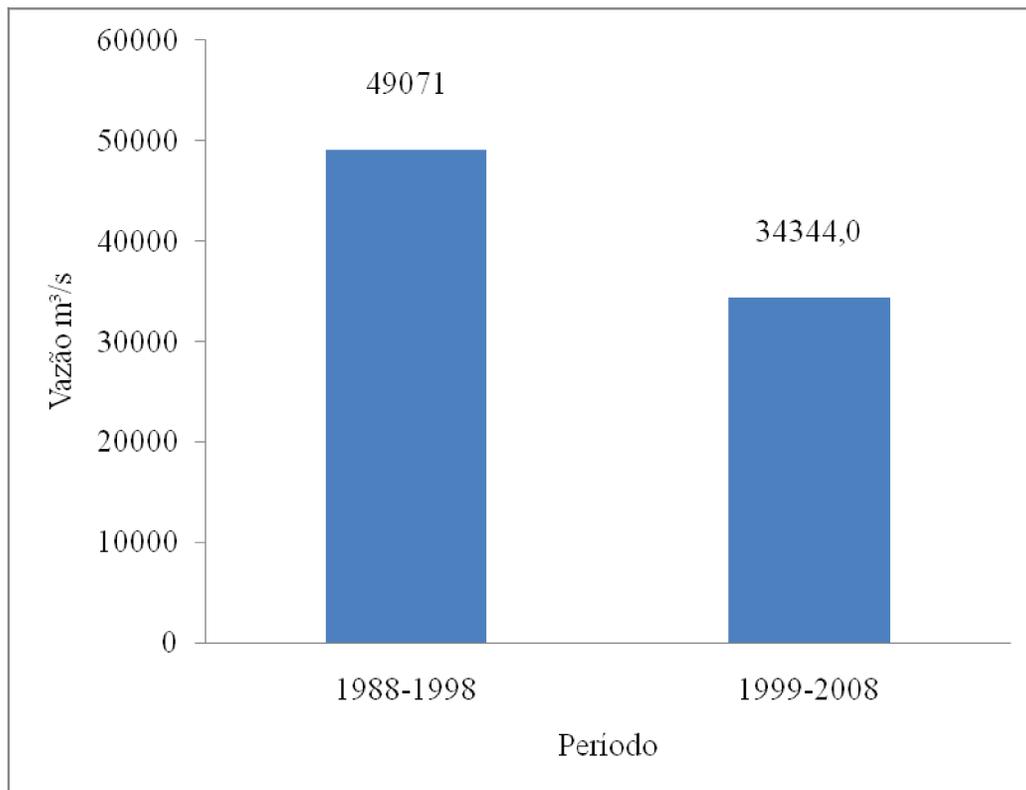


Figura 4.6 - Relação da vazão média total antes e após o represamento da barragem da UHE de Itapebi

Ao contrário de rios com dinâmica natural, descargas líquidas e carga sedimentar constante, descritos por MORGAN (1970b), atualmente, sugere-se que o Jequitinhonha é um rio com grande variação de descarga líquida e, portanto, com reflexo na diminuição do seu aporte sedimentar na carga de fundo do rio, ocasionada pela operacionalização da barragem da UHE de Itapebi.

De acordo com Amorim (2011), a construção da UHE de Itapebi diminuiu a vazão no baixo curso da BHRJ, gerando efeitos negativos no geossistema, na planície costeira e no sistema deposicional adjacente à foz, na linha de costa.

Chamorro (2011) afirma que a vazão do canal principal do rio Jequitinhonha passa a ser regulada pela UHE de Itapebi, sendo que a comunidade ribeirinha tem atribuído a essa obra de

engenharia, os atuais problemas relacionados ao assoreamento do rio, por dificultar a pesca e a navegação de suas embarcações.

Na Figura 4.7, os dados tratados nesse trabalho ainda apresentaram uma fraca correlação linear negativa entre a variável precipitação e vazão de  $-0,15371$ . O gráfico de diagrama de dispersão apresenta ainda uma linha de tendência negativa, inversamente proporcional ao incremento das chuvas quantificadas na estação meteorológica de Itapebi, localizada imediatamente à jusante da barragem da UHE de Itapebi.

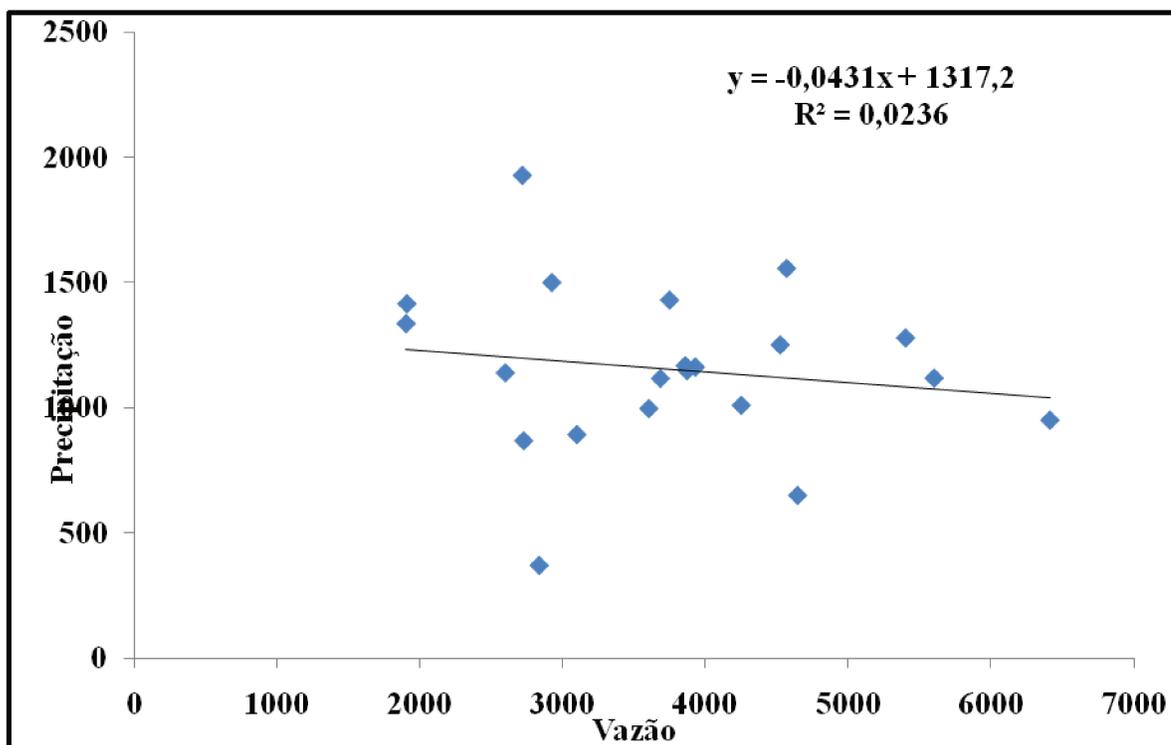


Figura 4.7 - Correlação linear da precipitação e vazão total antes e após o represamento da barragem da UHE de Itapebi

Os dados expostos anteriormente sugerem que o barramento da UHE de Itapebi influencia na relação dos elementos ou unidades (precipitação e vazão) do sistema controlado baixo curso da BHRJ e, por consequência, no subsistema canal principal do rio Jequitinhonha, à jusante da barragem da UHE de Itapebi.

Cristofolletti (1979) considera que os sistemas controlados, além de serem definidos por características intrínsecas ao seu funcionamento e relação, são organizados para realizar determinada finalidade no conjunto da natureza. Portanto, o funcionamento do seu escoamento

está representado por meio de médias e desvio padrão da vazão ou débito fluvial, à jusante da barragem de Itapebi.

#### **4.4 Análises morfométricas**

O clima tropical subúmido a úmido da área de estudo, está condicionado pelo comportamento hidrológico das rochas. Assim, nos solos mais impermeáveis, as condições para o escoamento superficial são melhores, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem. Tal fenômeno não ocorre com sedimentos de granulometria grossa (Horton, 1945), altamente permeáveis, o que impede a formação de rios. A densidade partiu do seguinte cálculo  $Dd = 3750,80 \text{ km}/4065,48 \text{ km}^2$ , o valor encontrado foi de  $Dd = 0,92 \text{ km} / \text{km}^2$  demonstrando que, em condições naturais, há um grande escoamento superficial e uma intensa dissecação associada. (Figura 4.8)

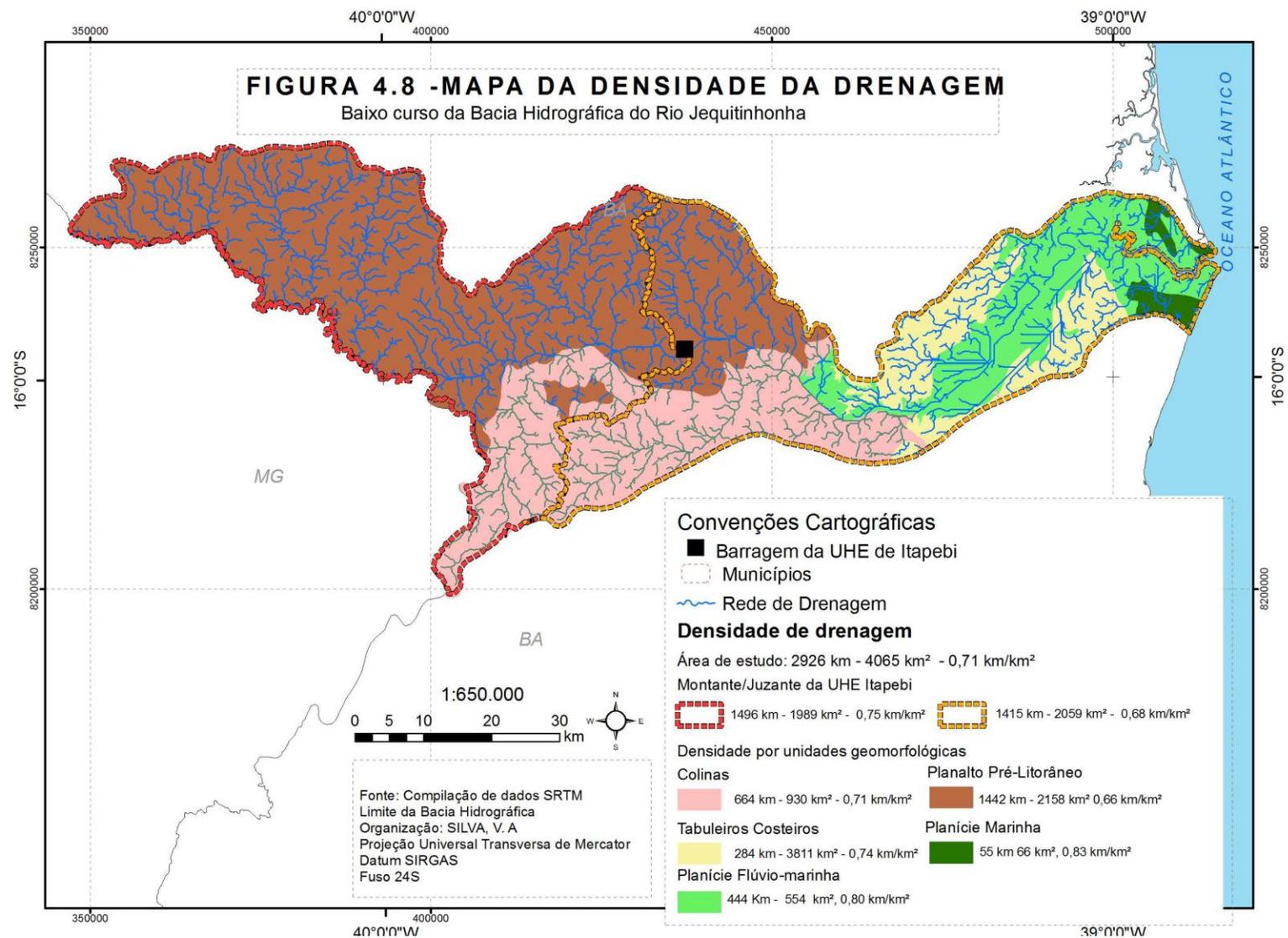


Figura 4.8- Mapa de densidade de drenagem no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha.

O canal principal da área de estudo é compreendido à jusante da barragem da UHE de Itapebi, tendo aproximadamente 117 km de extensão, ao passo que o comprimento à montante do mesmo canal tem valores aproximados de 39,5 Km. O comprimento total do canal principal é de 156,5 Km. (Figura 4.9)

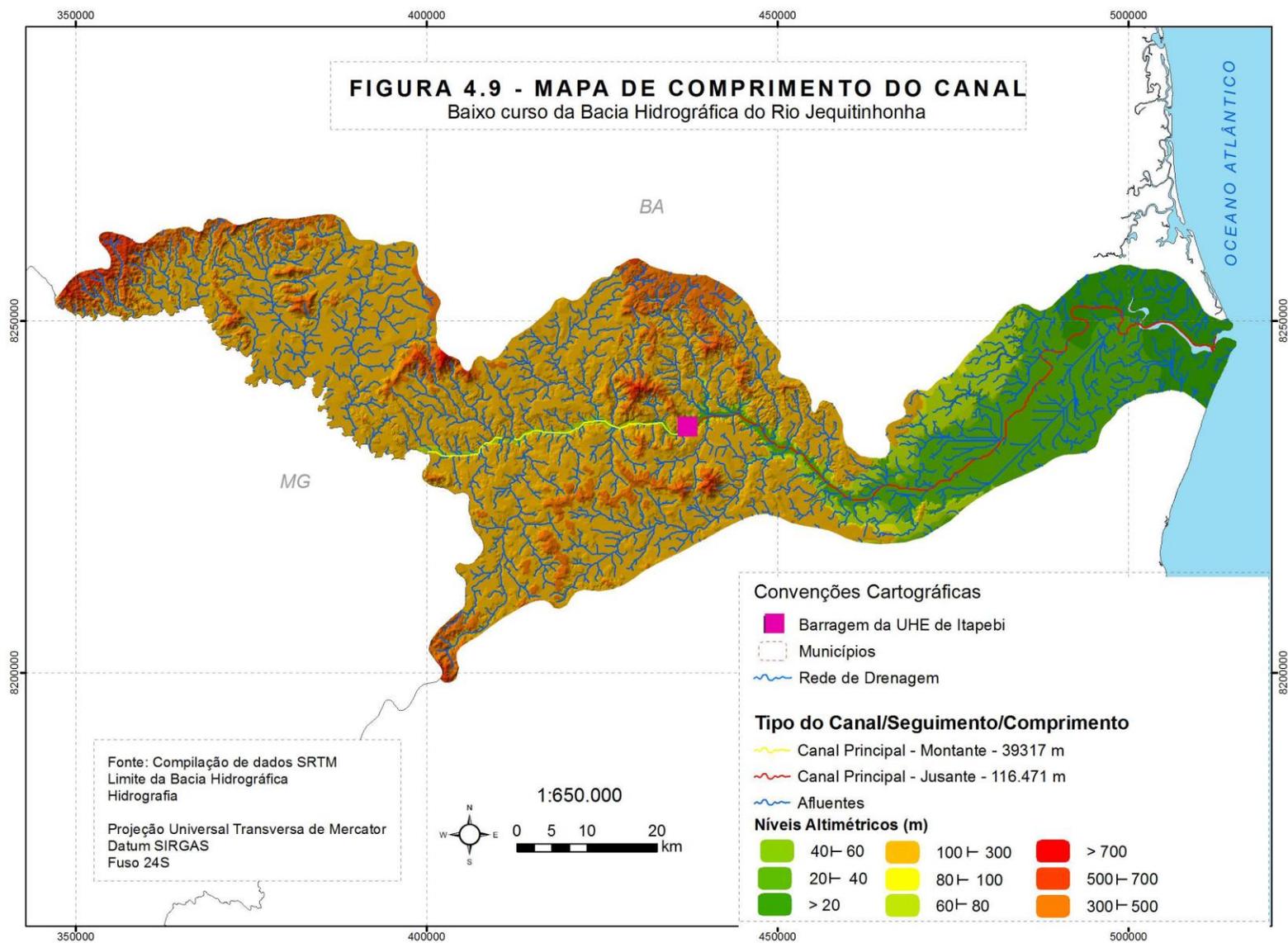


Figura 4.9- Mapa de comprimento do canal principal na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Jequitinhonha

De acordo com Cristofolletti (1981), o crescimento alométrico tende a ser negativo no baixo curso de bacias hidrográficas, pois o aumento da área de drenagem à jusante de barragens pode desencadear futuras erosões regressivas em canais de 1ª ordem nesse geossistema, com aumento na taxa de débito fluvial. (PEREZ FILHO, 2007)

Sugere-se que o fenômeno de crescimento alométrico negativo ocorre no baixo curso de BHRJ. As razões que levam a essa inferência consistem também no transporte de materiais de origem litológica, na circulação de água e sedimentos barrados à montante da foz do Jequitinhonha, na área de inundação da barragem da UHE de Itapebi. Outra interferência no canal principal do baixo curso da BHRJ tem a ver com o desvio do canal próximo à foz, retificação do canal, na margem esquerda, por meio de obra de engenharia empreendida pela gestão pública municipal, em 1989.

De acordo com Cunha (1995), o emprego etimológico do termo retificação tem como finalidade reduzir a altura do nível das cheias pelo aumento do gradiente do leito e, por conseguinte, da velocidade dos caudais. A autora coloca ainda que, com a construção desses canais artificiais, o efeito mais relevante da retificação consiste na redução da extensão do curso de água ocorrendo, tendo como efeito imediato a eliminação dos meandros.

A redução na extensão varia de acordo com a localização da obra, retificação, no canal fluvial. (CUNHA, 1995) A retificação do canal principal aconteceu em 1989, na margem esquerda, no baixo curso da BHRJ, próximo à foz. Sugere-se que essa obra de engenharia resultou na alteração da velocidade e desvio dos caudais, resolvendo, até então, o problema socioeconômico de enchente na área urbana de Belmonte. (Figura 4.10)

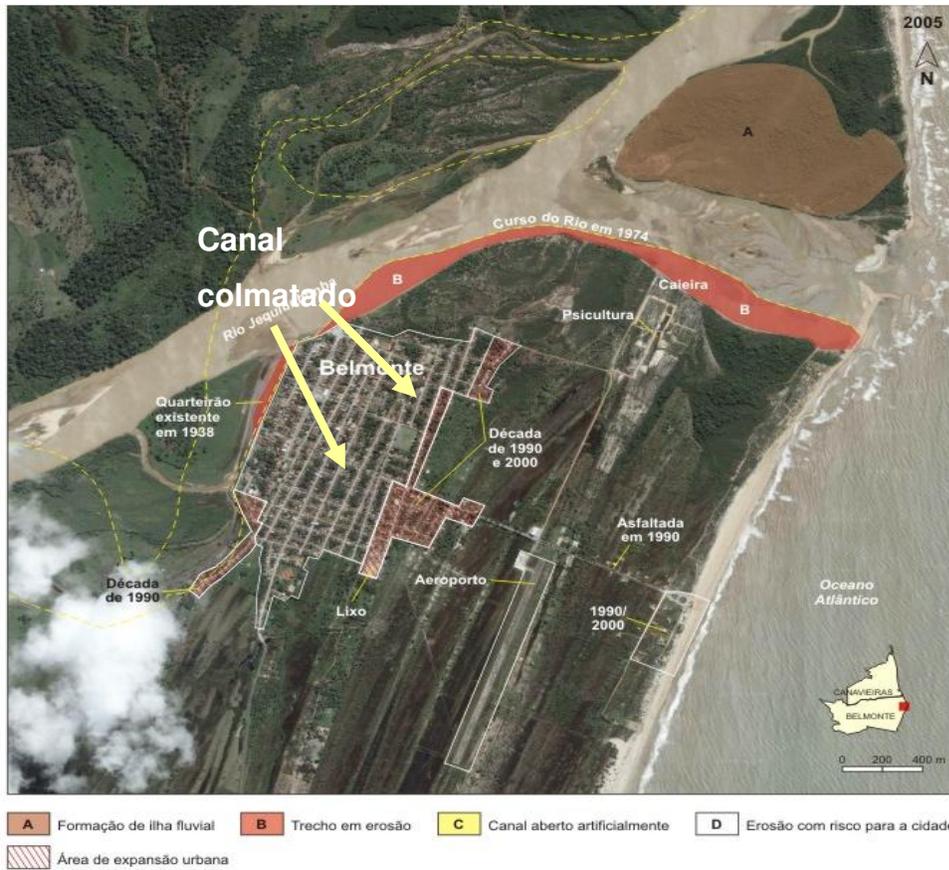


Figura 4.10 \_ Retificação do canal principal do Jequitinhonha.

Fonte: Nascimento 2011

Sugere-se que essa obra de engenharia resultou na alteração da velocidade e desvio dos caudais, resolvendo, até então, o problema socioeconômico de enchente na área urbana de Belmonte. (Foto 4.1)



Foto 4.1 - Alagamento na cidade de Belmonte  
Fonte: arquivo pessoal Luiz Carlos Monteiro Guimarães

No entanto, indica-se que a redução nos sedimentos fluviais à margem direita, surgiu como efeito da construção da barragem da UHE de Itapebi, no canal principal em 1999. Por meio dessa obra de engenharia, associada à retificação do canal, o fluxo de matéria e energia de origem marinha avançou em relação ao fluxo de matéria e energia de gênese fluvial (Foto 4.2)



Foto 4.2 - Erosão Fluvial, próxima a foz, na Margem Direita no Canal Principal da BHRJ  
Fonte: Vinicius de Amorim Silva – Outubro de 2010

Entende-se que a área urbana de Belmonte se localiza no leito maior e área natural de inundação da margem direita na BHRJ, ao passo que, essas obras de engenharia romperam o equilíbrio dinâmico do subsistema, canal principal. A sequência de fenômenos relacionados a processos-respostas ocasionou um sistema controlado.

A obra de desvio do canal principal do rio Jequitinhonha e a consequente retificação da sua calha, na sua margem esquerda, tiveram como objetivo intervir no controle das cheias na cidade de Belmonte. A ação parece ter atingido essa finalidade. (BITENCOURT, 2011; NASCIMENTO, 2011)

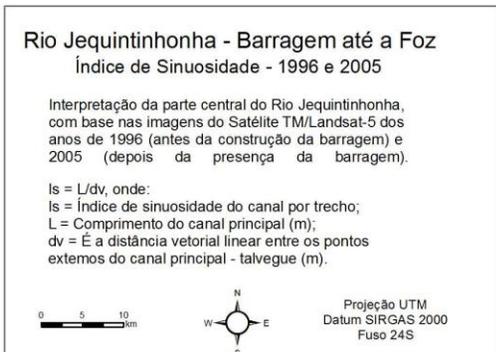
SCHUMM (1963) identifica algumas alterações de caráter geométrico no sistema fluvial, onde ocorrem interferências de caráter antrópico, como obras de engenharia, com abertura e desvio de canal de rios, com efeitos morfológicos no canal desses rios.

As alterações geométricas, tais como diminuição da projeção ortogonal, distância vetorial e alterações em trechos e dos pontos extremos do canal principal do baixo curso da BHRJ, foram inferidas no comprimento do canal principal.

Os valores foram próximos de 1, sugerindo que o canal tende a ser retilíneo em alguns trechos. Não foram encontrados valores superiores a 2, não indicando canais tortuosos. Os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Entretanto, sabe-se que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, pela estruturação geológica e declividade dos canais.

O Índice de Sinuosidade obtido antes e após a implantação da barragem da UHE Itapebi indica que o canal principal do baixo curso da BHRJ tende a variar entre o trecho 0 e 3, próximo à foz do rio Jequitinhonha, aumentando os valores do índice de sinuosidade no canal. De acordo com esses valores, o canal originalmente sinuoso tende a ser transicional.

O valor obtido de 2,12 indica que os canais, à jusante da barragem de Itapebi até a foz da BHRJ, tendem a ser sinuosos. Entretanto, sugere-se que o desvio e a retificação do canal na margem esquerda do rio, associados ao processo de barramento e operacionalização da UHE de Itapebi, têm produzido um padrão retilíneo do canal principal próximo à sua foz. (Figura 4.11)



1996

Trecho	L	dv	Is
0	5204,248	4748,3368	1,096
1	7149,945	6676,5005	1,0709
2	13191,91	7330,2186	1,7997
3	5586,911	5010,3808	1,1151
4	13273,32	7063,2586	1,8792
5	10912,19	6510,7297	1,676
6	10721,66	9860,0315	1,0874
7	6260,362	6057,9592	1,0334
8	6657,834	6584,5203	1,0111
9	5070,577	5030,9346	1,0079
10	6907,033	6314,5628	1,0938
11	5416,441	5304,3046	1,0211
12	6539,843	5898,026	1,1088
13	6964,733	5543,2287	1,2564
14	6179,977	5575,6757	1,1084
15	5320,774	5003,8084	1,0633

2005

Trecho	L	dv	Is
0	4856,8198	4511,1927	1,0766
1	7192,1754	6694,6233	1,0743
2	13122,459	7187,4756	1,8257
3	5543,1711	5000,8092	1,1085
4	13075,762	7087,7189	1,8448
5	10859,555	6461,0052	1,6808
6	10815,790	9956,3507	1,0863
7	6178,7422	6065,1238	1,0187
8	6666,0421	6580,0148	1,0131
9	5075,5947	5020,888	1,0109
10	6953,8403	6271,0961	1,1089
11	5454,2706	5307,7109	1,0276
12	6598,0026	5948,3971	1,1092
13	7224,9851	5543,7819	1,3033
14	6225,4266	5464,2507	1,1393
15	5691,327	5019,6751	1,1338

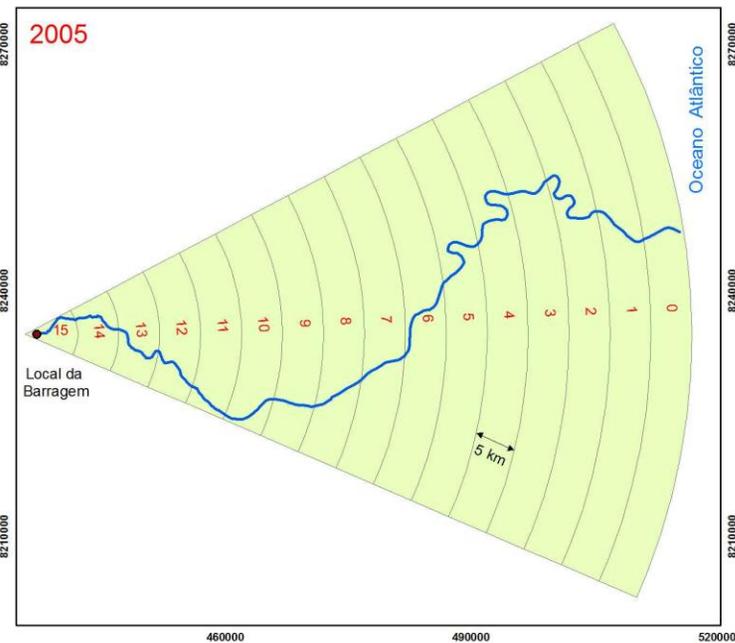
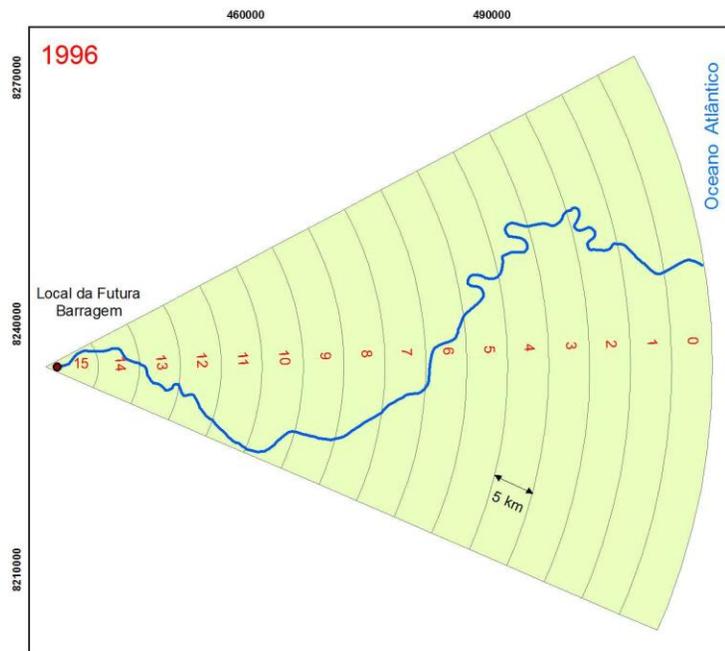


Figura 4.11 Índice de sinuosidade antes e após a construção da barragem de Itapebi

A migração de meandros relativamente acentuada sugere que houve muitos desbarrancamentos em suas margens, entre os anos de 1973 a 1999 e, mormente entre 1999 a 2007, período de barramento e início de operacionalização da UHE de Itapebi, sugerindo que a retificação do canal, associada a essa obra de engenharia, acelerou os processos erosivos nessa área. (figura 4.12).

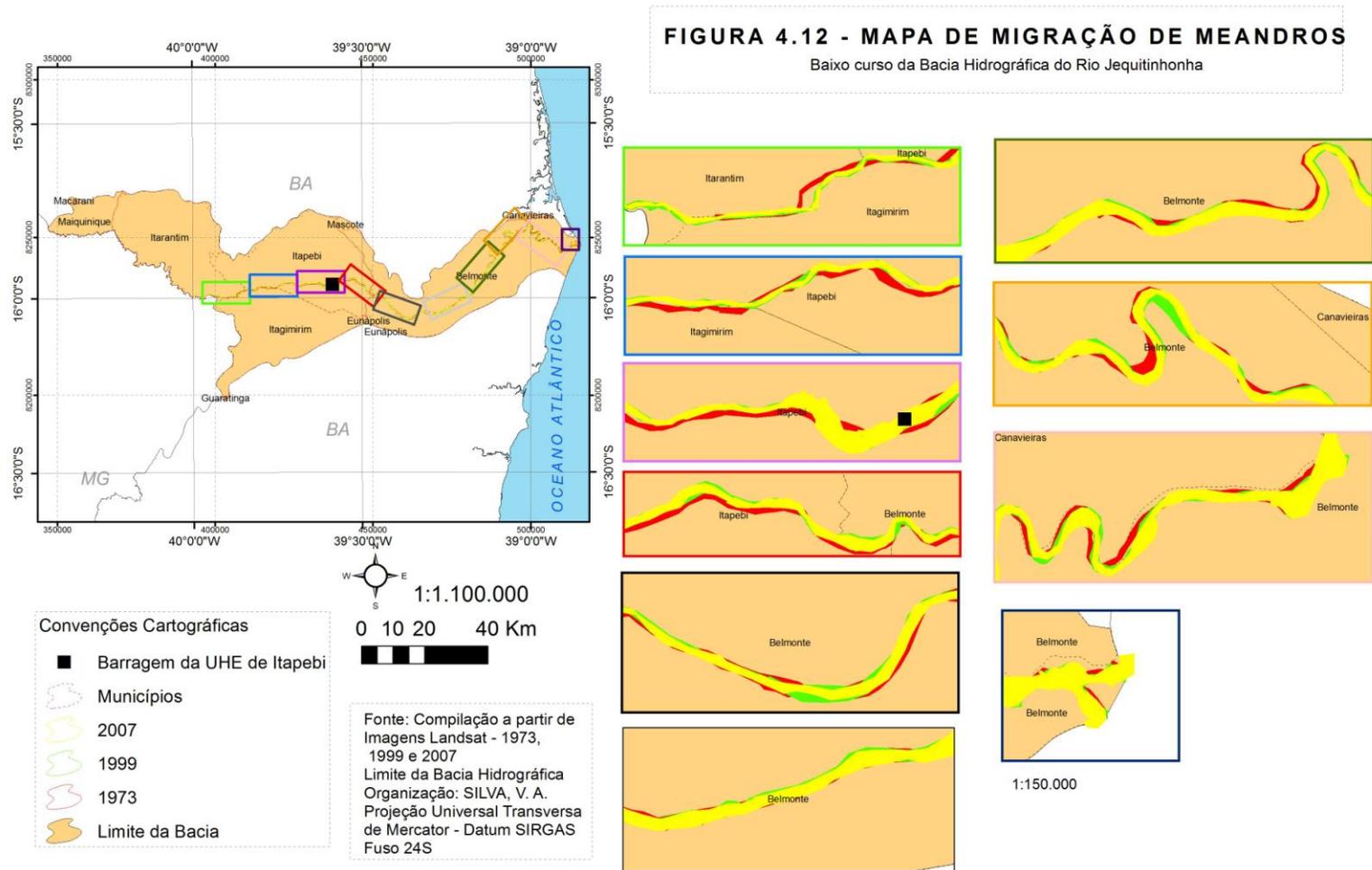


Figura 4.12- Carta de migração de meandros no baixo curso da BHRJ.

Rocha e Souza Filho (1999) afirmam que o processo de erosão marginal é condicionado pela velocidade de fluxo e pelo arranjo das margens. O fluxo expresso pela sua velocidade é a principal variável sendo controlado pela vazão e suas alterações sazonais. O atributo velocidade de fluxo traduz o registro das maiores taxas erosivas, em períodos de cheias, quando as vazões aumentam em relação a outros períodos. O processo de desbarrancamento nas margens planas no canal fluvial principal do rio Jequitinhonha sugere mudanças na dinâmica da velocidade dos fluxos no canal fluvial principal no baixo curso da BHRJ. (Foto 4.3)



Foto 4.3- Desbarrancamento da margem esquerda a jusante da barragem de Itapebi  
Fonte: Vinicius de Amorim Silva – Fevereiro de 2011

#### 4.5 Mudanças na linha de costa da planície costeira

O trabalho pioneiro de Tricard & Cardoso da Silva (1968) apresentou, de forma abrangente, o quaternário marinho do estado da Bahia, destacando-se a análise dos terraços marinhos emersos. Nessa análise, foi abordada a extensão do estado do então denominado Grupo Barreiras. Entretanto, ficou de fora do estudo o extremo Sul do estado, mais precisamente a Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha, fato compreensível devido à extensão territorial do estado, 554.692,7 Km<sup>2</sup>, e um litoral que atinge 932 km de extensão. (SEI, 2011)

De acordo com Ab`Saber (2000), toda a costa oriental do continente Sul americano e do território brasileiro, incluindo a planície costeira associada à foz do rio Jequitinhonha, em sua gênese e no processo histórico de evolução, foram condicionados pelas variações relativas do nível do mar durante o período Plioceno e no Quaternário.

Em trabalhos relacionados à foz do rio Jequitinhonha e feições adjacentes, como planície litorânea, Domingues et. al. (1981) e Domingues et. al. (1983), utilizaram técnicas de análise das feições por meio de datação por C14, que representaram a evolução paleogeográfica na foz da BHRJ. Nesse contexto, foram identificados nove estágios dessa planície, relacionados a movimentos de progradação e retrogradação do nível relativo do mar.

Com relação à mudança no padrão de drenagem no canal principal, Domingues (1982) afirma que a progradação da linha de costa foi interrompida por uma pequena oscilação positiva do nível do mar entre 3.800 e 3.500 anos A.P., inerente a um deslocamento no curso do rio; entre 3.500-2.700 anos A.P. - associada à desembocadura. Recentemente, foi construída a segunda zona de progradação holocênica do rio Jequitinhonha, no evento regressivo marinho que caracteriza esse período.

Conforme Domingues et. al. (1983), entre 2.700 e 2.500 anos A.P, houve novamente elevação do nível do mar. Esse evento condicionou um novo deslocamento no baixo curso do rio Jequitinhonha, quando este rio ocupou então seu canal atual. Após 2.500 anos A.P., associada ao evento regressivo que se seguiu a essa data, foi construída a terceira zona de progradação holocênica do rio Jequitinhonha.

Ainda citando Domingues et. al. (1983), durante todos os estágios da construção da paisagem natural (geossistema) Planície Costeira do rio Jequitinhonha, o principal fator controlador da sedimentação quaternária foram as variações relativas do nível do mar. Os

movimentos eustáticos ou periglaciais promovem, por efeito, o recuo e avanço do mar e oceanos em relação ao continente.

Durante os últimos 5.000 anos, a diminuição desse nível expôs grandes quantidades de sedimentos na plataforma continental, representando o mecanismo de proveniência de sedimentos que alimentaram a progradação da planície costeira. Nesse aspecto, o rio desempenhou apenas um papel secundário, atuando, principalmente, à semelhança de um molhe hidráulico, e retendo, à barlar, os sedimentos transportados, ao longo da costa, por correntes longitudinais induzidas pela ação das ondas. (DOMINGUES, 1982)

Os processos relativos à construção da planície costeira, associada à foz do rio Jequitinhonha, estão diretamente relacionados às variações relativas do nível do mar.

De acordo com Cristofolletti (1990), as oscilações caracterizadas pelas variações relativas do nível do mar ocorreram durante mudanças climáticas do quaternário, em períodos interglaciais relacionadas ao degelo e congelamento das calotas polares. Como consequência desse processo, houve a progradação e retrogradação marinha, ligadas à forma, processos e fluxos dentro do setor de estudo da geomorfologia glaciária, fornecendo informações para explicar o modelado atual desse geossistema.

A caracterização da zona de progradação, associada à desembocadura do rio Jequitinhonha, é abordada, nesse trabalho, sob o ponto de vista sedimentológico, por meio do papel desempenhado pela deriva litorânea na construção de feições geomórficas. É de grande relevância o entendimento dos processos fluviomarinheiros ali presentes para a caracterização da foz da BHRJ.

A produção de trabalhos científicos sobre a área em questão é relativamente recente, podendo ser encontrada na literatura principalmente por meio das publicações de Bittencourt et. al. (1979); Domingues (1982); Domingues, Bittencourt e Martin (1983); Dominguez, Martin e Bittencourt (1987); Domingues e Bittencourt (1996); Bittencourt, Dominguez e **Ussami** (1999); Suguio (1999); e Suguio (2003). Todos esses afirmam que: eventos de regressão marinha alimentaram a progradação da linha de costa, deixando exposta grande quantidade de areias na plataforma continental, denominadas de cordões litorâneos, ao passo que eventos relacionados à progradação marinha possibilitaram o surgimento de planícies costeiras.

Segundo Domingues (1982), o sentido predominante da deriva litorânea é S-N. Diante desse contexto, o rio exerce papel de molhe ou espigão hidráulico, o fluxo fluvial se efetiva como

barreira ao trânsito litorâneo de sedimentos, em períodos de vazão natural, atribuído a função de molhe à ação das frentes de ondas. À barlamar da desembocadura do rio Jequitinhonha, se desencadeia o processo de progradação da linha de costa de origem marinha, ocasionando um ambiente intumesciente, propício para interferências de origem antrópica.

A função de molhe hidráulico na desembocadura da BHRJ, segundo Domingues et. al. (1983), fica comprometida em épocas de estiagem, pois o fluxo fluvial é muito reduzido, ocasionando um deslocamento intermitente da desembocadura da foz, promovendo o mecanismo de migração da deriva litorânea de sedimentos arenosos, que passam a ser deslocados à sotamar da foz.

De acordo com Domingues (1982), análises de morfologia, orientação e truncamento dos cordões litorâneos indicaram a presença de deslocamento da desembocadura da BHRJ, ao longo dos últimos 2. 500 anos para o norte, sendo que a planície costeira à barlamar, portanto ao Sul, deslocaram-se duas vezes mais em relação à sotamar.

O mecanismo de progradação à sotamar, registrado por meio de publicações de caráter científico até as décadas de 1980, se processou, sobretudo, por aportes fluviais, o que explica a presença de ambientes fluviomarinhas como manguezais e a presença de lagunas costeiras.

Conforme Domingues (1982), em outras duas desembocaduras ocupadas anteriormente pelo rio Jequitinhonha durante o Holoceno – entre 3.500 e 2.700 anos A.P. e entre 5 100 e 3.800 anos A. P. –, identificou-se o mesmo efeito de molhe hidráulico barrando os sedimentos de areia, com o litoral, à barlamar da desembocadura, progradado de forma mais acelerada do que à sotamar.

Na planície costeira do Jequitinhonha e sua foz, foi utilizado o método de datação por C<sup>14</sup> (Domingues, 1982) para estimar a idade natural das feições geomórficas, utilizando-se como amostras organismos fossilizados como sambaquis e fragmentos de madeira, remontando a evolução paleográfica da foz do rio Jequitinhonha, inerentes à oscilação relativa do nível do mar naquela área.

## 4.6 Evolução histórica do Delta

A carga sedimentar carregada para foz tem, na energia do meio receptor, força insuficiente para dispersá-lo ao longo da costa. Assim, para que haja o surgimento do delta, é necessário que exista um déficit de energia no meio receptor. No caso desse trabalho, o meio receptor com baixa energia que originalmente formou o delta do rio Jequitinhonha é a plataforma continental de depósito sedimentar subaquosa ou bacia marinha, na foz da BHRJ, localizada no município de Belmonte.

De acordo com a classificação de Scoot & Ficher (1969), os deltas podem ser classificados como construtivos e destrutivos, demonstrando tais características em fases cíclicas da evolução da feição deltaica.

A foz da BHRJ, assim como a maioria dos grandes rios brasileiros, promove uma zona de progradação típica de deltas dominados por ondas, considerados altamente destrutivos. (BACOCOLI, 1971) De acordo com Domingues et. al. (1981) e Domingues (1982), a feição deltaica da BHRJ é considerada como não sendo um delta verdadeiro. Os autores adotaram a classificação de Fischer (1969) que determina um delta como sendo um sistema deposicional, alimentado pelos sedimentos de um rio. Nesse sentido, os autores atribuem a origem da formação deltaica da BHRJ, principalmente, ao abaixamento do nível do mar de (5. 100 anos B. P). O papel do rio, então, é posto como secundário na formação do delta da BHRJ.

Por outro lado, Coleman & Wrigth (1971; 1975) consideram outros processos como relevantes para formação original de deltas, relacionados a: clima, flutuação da carga de vazão e da carga de sedimentos. Todos esses processos associados à desembocadura fluvial, energia das ondas, regimes de marés, ventos, correntes litorâneas, declividade da plataforma, tectônica e geometria da bacia receptora.

Nessa proposição de análise sistêmica do ambiente deltaico, o delta da BHRJ é considerado um delta que se encontra em fase destrutiva e mantém relação direta com a morfologia do canal principal do Jequitinhonha, canal este que, originalmente, fornece aporte de sedimentos fluviais e de fluxo de vazão, com suas devidas variações.

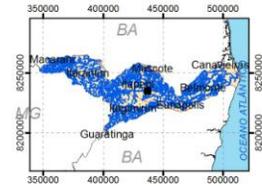
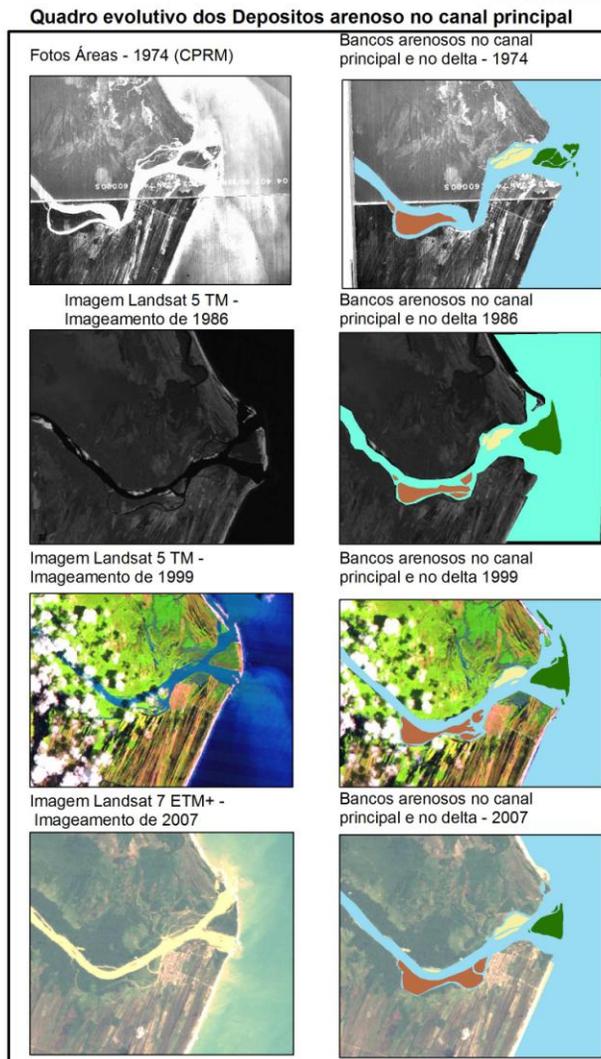
Na mesma direção, Suguio (2003) verificou que, originalmente, os deltas são fácies de origem sedimentar, que têm em comum somente o fato de condicionarem zonas de progradação associadas a um curso fluvial, constituídas originalmente a partir de sedimentos carregados pelo

canal principal do rio.

De acordo com Morgan (1970), alguns condicionantes são fundamentais para sedimentação deltaica. São eles: regime fluvial, processos costeiros, fatores climáticos e comportamento tectônico.

Dentre esses condicionantes, analisou-se nesse trabalho fatores de origem terrígenas e marinhas na foz da BHRJ, relacionados ao baixo curso desse rio, com o objetivo de caracterizar o ambiente deltaico, por meio de análises cartográficas granulométricas e de datação. A foz da BHRJ sofreu alteração em seu tamanho (Figura 4.13).

FIGURA 4.13 - EVOLUÇÃO DAS MARGENS E FORMAS NO CANAL PRINCIPAL E NO DELTA  
Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha/Porção Bahia



Fonte: Compilação a partir de Imagens Landsat - 1973, 1999 e 2007  
Limite da Bacia Hidrográfica  
Organização: SILVA, V.A  
Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum SIRGAS  
Fuso 24S

**Evolução das Margens do Canal Principal na área da foz do Rio Jequitinhonha**

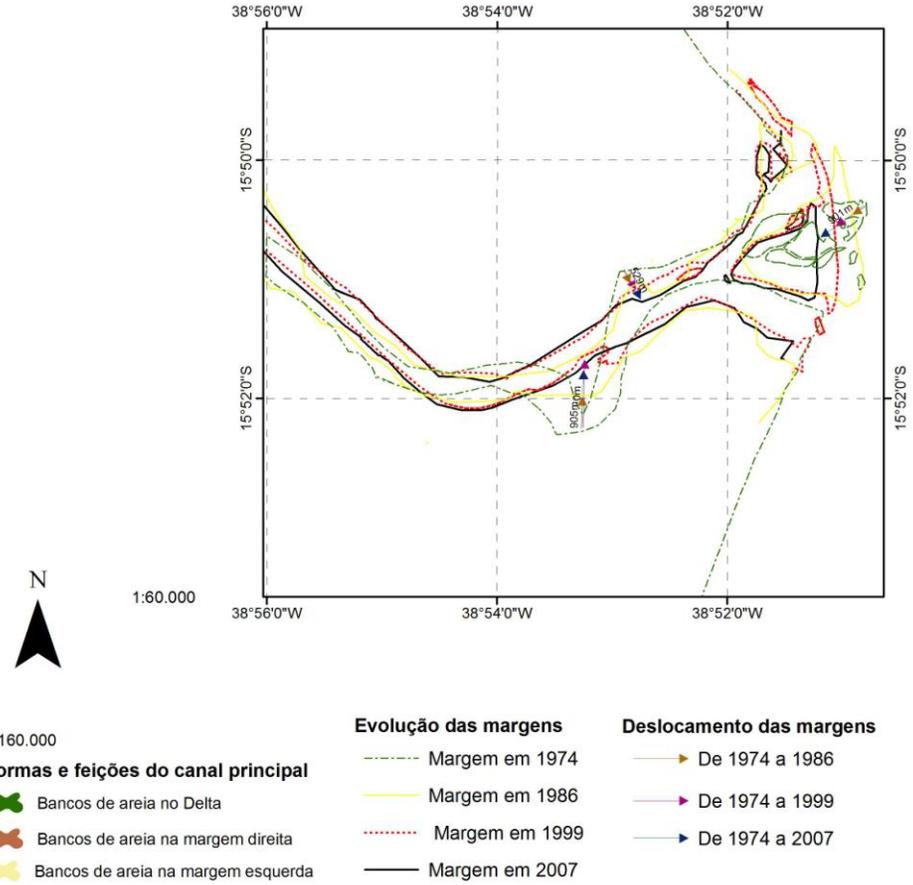


Figura 4.13 - Mapa de evolução de foz da BHRJ.

Os dados apresentados no quadro 4.3 corroboram as alterações relativas a área da foz por trecho, observa-se uma mudança substancial na margem direita e Delta na Foz da BHRJ.

Quadro 4.3 - Quadro da Evolução das Áreas na Foz da BHRJ

Margem	Comparação por trecho			
	Área - 1974(km <sup>2</sup> )	Área - 1986 (km <sup>2</sup> )	Área - 1999 (km <sup>2</sup> )	Área - 2007 (km <sup>2</sup> )
Direita	1,4597	1,6224	1,6176	2,0071
Esquerda	0,7607	0,6649	0,5458	0,7090
Delta	1,0043	2,1866	1,7209	1,1254

A foz apresentou um dinamismo morfológico de grande proporção em curto espaço de tempo, o que indica que o sistema controlado baixo curso da BHRJ está sob intensa intervenção antrópica.

#### 4.7 Avaliação da correlação espacial entre as unidades do solo e sedimentos

O ambiente reflete não só a ação fluvial como também o condicionamento exercido por outros fatores tais como o marinho, o lacustre, o topográfico e outros. A análise das formas topográficas inerentes aos ambientes fluviais, bem como e a sequência do acamamento sedimentar se estendem desde as microformas localizadas no canal até as formas topográficas, correspondendo à grandeza do vale. (CHORLEY e KENEDY 1971), (CRISTOFOLETTI, 1980; 1981; e 1999)

O processo de sedimentação da foz da BHRJ via amostras granulométricas da margem esquerda, delta e margem direita na foz da BHRJ, no município de Belmonte, foram descritas a seguir.

Figura 4.14 Perfil topográfico na margem esquerda da foz da BHRJ.

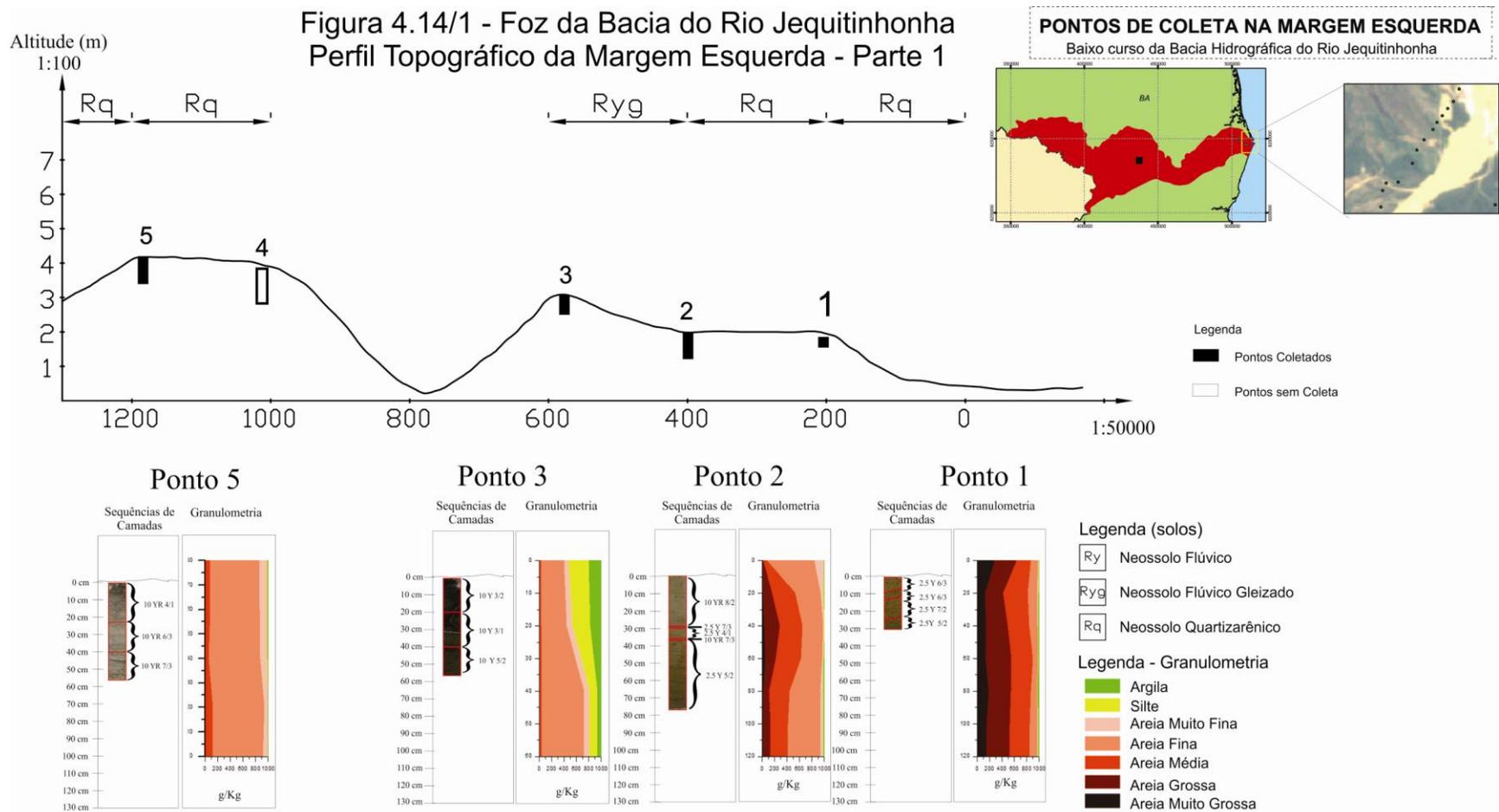
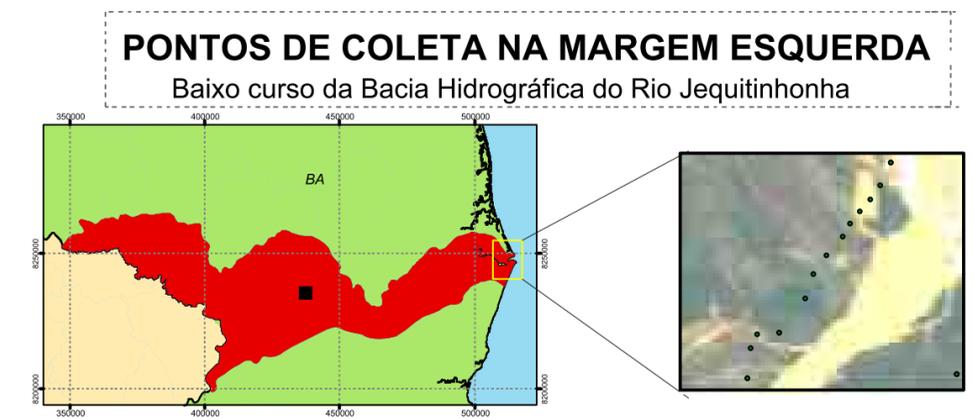
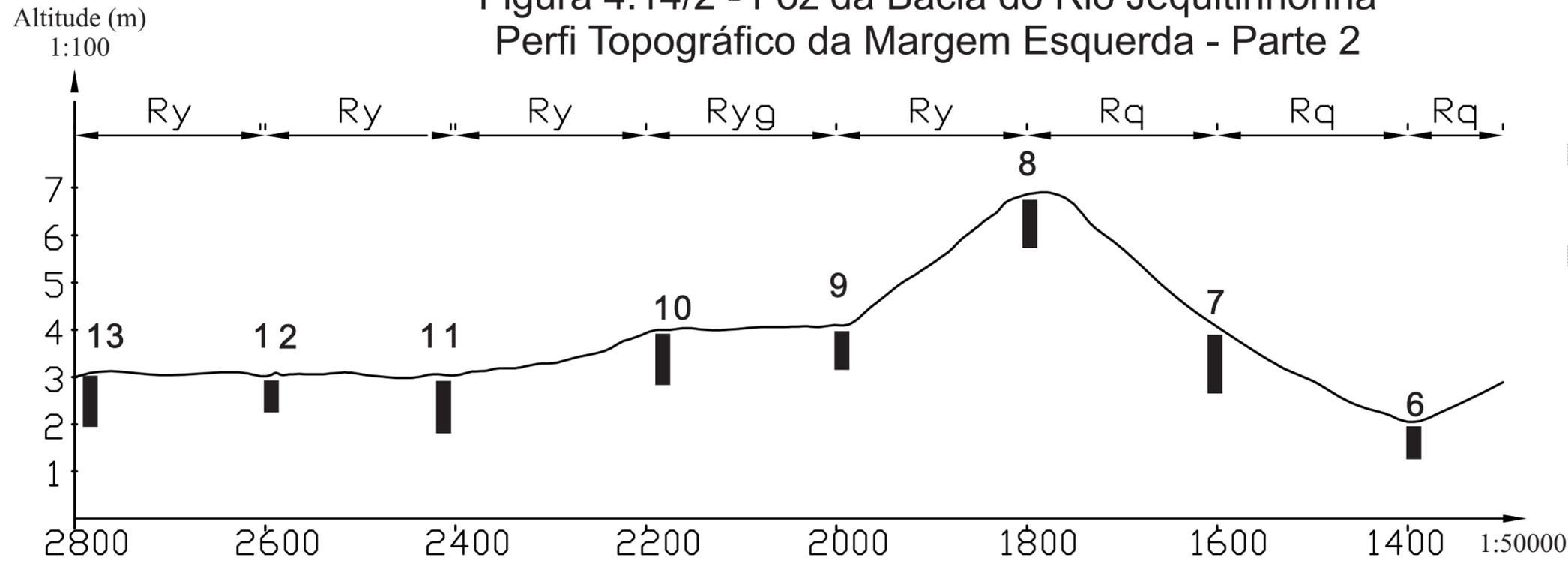


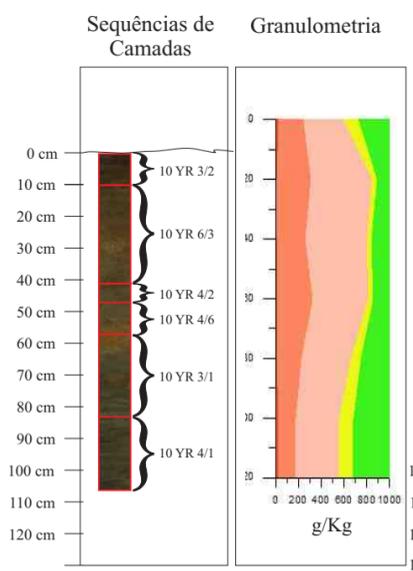
Figura 4.14 - Perfil Topográfico da Margem Esquerda da Foz da BHRJ

Figura 4.14/2 - Foz da Bacia do Rio Jequitinhonha  
Perfi Topográfico da Margem Esquerda - Parte 2

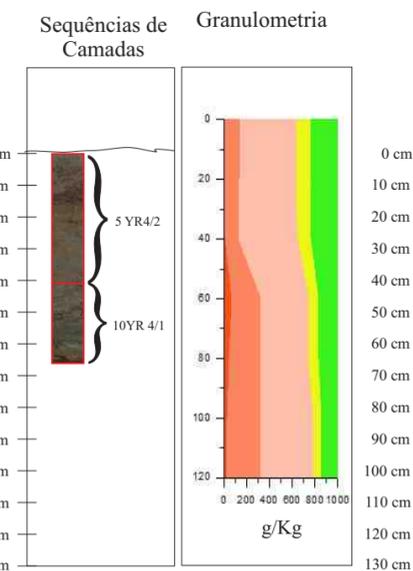


Legenda  
 ■ Pontos Coletados  
 □ Pontos sem Coleta

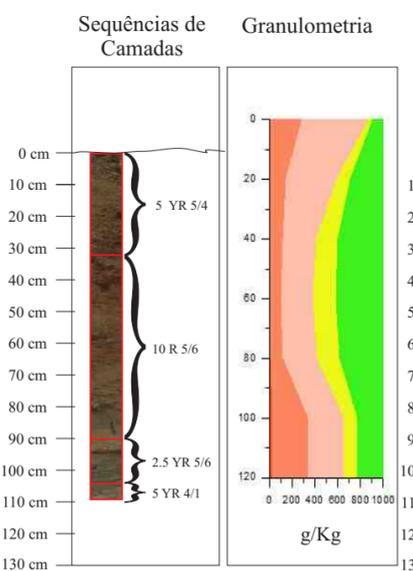
Ponto 13



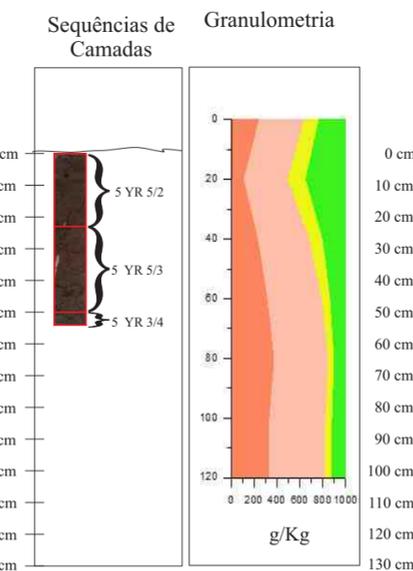
Ponto 12



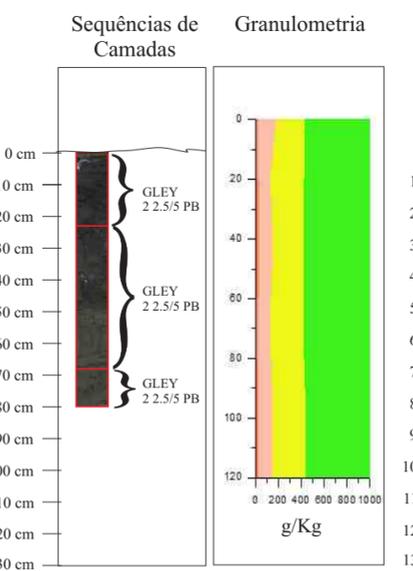
Ponto 11



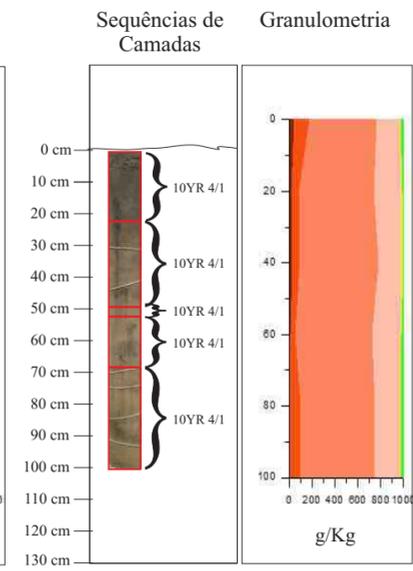
Ponto 10



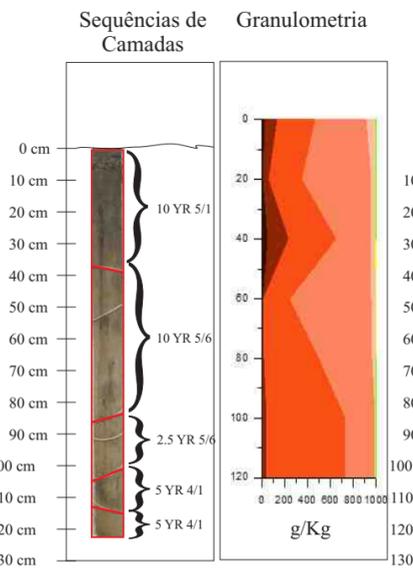
Ponto 9



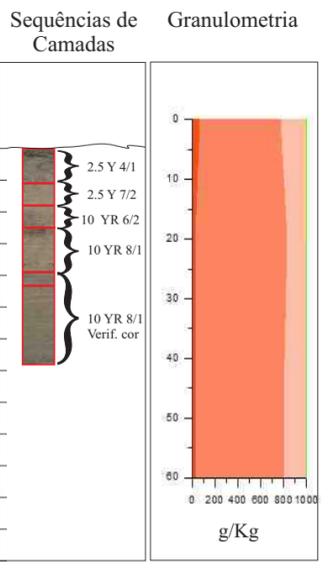
Ponto 8



Ponto 7



Ponto 6



Legenda (solos)  
 Ry Neossolo Flúvico  
 Ryg Neossolo Flúvico Gleizado  
 Rq Neossolo Quartizarênico

Legenda - Granulometria  
 Argila  
 Silte  
 Areia Muito Fina  
 Areia Fina  
 Areia Média  
 Areia Grossa  
 Areia Muito Grossa

No primeiro ponto analisado, foram identificadas quatro camadas, todas de textura arenosa, que apresentam teor de carbono orgânico médio de 2,0 g/dm<sup>3</sup>. A camada superior, formada por areia grossa, possui espessura aproximada de 9 cm, coloração (2.5Y 6/2) e presença de poucas raízes na porção mais próxima à superfície. Nas camadas seguintes, continua a predominância de areia grossa, a espessura na segunda camada é de 5 cm, a coloração (2.5 Y 6/3). A terceira camada, com aproximadamente 10 cm de espessura, apresenta cor (2.5 Y 7/2). A quarta camada com aproximadamente 8 cm de espessura, apresenta cor (2.5 Y 5/2). Areia grossa de origem marinha, coloração sem mudança abrupta o total de profundidade corresponde a 30 cm.

No segundo ponto, foram analisadas cinco camadas e identificadas, com carbono orgânico médio de 2,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 28 cm de espessura e apresenta coloração (10YR 8/2), presença de raízes, algumas diferenciações de cor relacionadas a umidade e material de origem; a segunda camada possui 1 cm de espessura e coloração (2.5Y 7/3). A terceira camada possui espessura de 6 cm e apresenta cor (2.5 Y 4/1). A quarta camada possui 1 cm com coloração (10YR 7/3). A quinta e última camada inicia a 36 cm de profundidade e tem a espessura de 2 cm. Dessa camada em diante, oscilam as cores em relação ao limite estipulado para sondagem. É constituída predominantemente por areia grossa, de coloração (10YR).

No terceiro ponto, foram analisadas três camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 32,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 20 cm de espessura e apresenta coloração (10Y 3/2), presença de raízes médias; a segunda camada possui 20 cm de espessura com raízes finas e coloração (10 Y 3/1). A terceira camada é caracterizada pela ausência de raiz, possui espessura de 10 cm e apresenta cor (10Y 5/2).

No quinto ponto, foram analisadas quatro camadas e identificadas, com carbono orgânico médio de 3,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 23 cm de espessura e apresenta coloração (10YR 4/1), material totalmente arenoso mudando gradativamente da cor escura, para a amarela ferruginosa; a segunda camada possui 27 cm de espessura e coloração (10YR 6/3). A terceira camada possui espessura de 3 cm e apresenta cor (10 YR 6/3). A quarta camada possui 16 cm, com coloração (10YR 7/3). A última camada inicia a 36 cm de profundidade e tem a espessura de 2 cm. Dessa camada em diante, oscilam as cores em relação ao limite estipulado para sondagem. É constituída predominantemente por areia grossa (45% da amostra), de coloração bruno-amarelado-clara (10YR 6/4).

No sexto ponto, foram analisadas quatro camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 5,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 11 cm, areia sem compactação, solta, com a presença de poucas raízes, com coloração (2.5 Y 4/1); a segunda camada possui 8 cm de espessura e coloração (2.5 Y 7/2), descoloração, material compactado com raiz, material orgânico mosqueado com raiz. A terceira camada possui espessura de 5 cm e apresenta cor (10 YR 6/2). Essa camada é mais escura, em tom de grafite. A quarta camada possui 15 cm, com coloração (10YR 8/1), presença de mosqueados de cor preta, com tons de amarelo e riscos na cor preta ao redor. Seguiram quatro camadas para o laboratório, no entanto, houve a necessidade de se descrever a quinta camada, com 3,5 cm de cor escura bem definida, e a sexta camada, com algumas raízes no limite entre a quinta camada, com o restante da camada esbranquiçada.

No sétimo ponto, foram analisadas e identificadas, com carbono orgânico médio de 7,0 g/dm<sup>3</sup>, cinco camadas. A primeira camada, superior, possui 36 cm de espessura e apresenta coloração (10YR 5/1), presença de poucas raízes, tonalidade escura indicando matéria orgânica; a segunda camada possui 47 cm de espessura e coloração (10 R 5/6), mais clara em relação à camada anterior, tom amarelado; a terceira camada possui espessura de 16 cm e apresenta cor (2.5 YR 5/6). A partir dessa camada, apresenta-se o tom amarelado mais claro. A quarta camada possui 15 cm, com coloração (5YR 4/1), características semelhantes às da camada anterior, porém, com a tonalidade amarela mais clara. A quinta e última camada se inicia a 114 cm de profundidade e tem a espessura de 9 cm, tom oscilando de escuro para mais claro de coloração (5YR4/1). Todo o ponto sétimo mantém as características de mosqueado de ferro e matéria orgânica.

No oitavo ponto, foram analisadas quatro camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 6,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 23 cm de material escuro, presença de matéria orgânica, com coloração (10YR Y 4/1); a segunda camada possui 27 cm de espessura e coloração (10 YR 4/1), mosqueado entre preto, amarelo e branco. A terceira camada possui espessura de 3 cm e apresenta cor (10 YR 4/1); essa camada é mosqueada com a cor laranja. A quarta camada possui 16 cm, com coloração (10YR 4/1), material mais esbranquiçado em relação à terceira camada; material totalmente arenoso, mudando gradativamente da cor escura mosqueada à clara

No nono ponto, foram analisadas quatro camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 28 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 32 cm de areia, sem compactação, solta,

com a presença de poucas raízes, com coloração (5 YR 5/4); a segunda camada possui 58 cm de espessura e coloração (10 R 5/6); material compactado com raiz, material orgânico mosqueado com raiz. A terceira camada possui espessura de 14 cm e apresenta cor (2.5YR 5/6), cor alaranjada, evidenciando a presença de ferro. A quarta camada possui 16 cm, com coloração (5YR 4/1), sem presença de matéria orgânica, com incremento de areia.

No décimo ponto, foram analisadas três camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 8,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 23 cm de espessura e apresenta coloração (5 YR 5/2), material totalmente arenoso, mudando gradativamente da cor escura para amarela ferruginosa; a segunda camada possui 27 cm de espessura e coloração (5 YR 5/3), acentua-se a pigmentação da argila para a cor vermelha, com aparecimento de raiz; a terceira camada possui espessura de 3 cm e apresenta cor (5 YR 3/4), maior teor de matéria orgânica, com presença de muitas raízes, mais úmida e volta a escurecer em direção a R.

No décimo primeiro ponto, foram analisadas quatro camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 5,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 32 cm, com coloração (5YR 5/4); a segunda camada possui 58 cm de espessura e coloração (10 R 5/6). A terceira camada possui espessura de 14 cm e apresenta cor (2.5 YR 5/6). A quarta camada possui 16 cm com coloração (5 YR 4/1). Camada 1: areia sem compactação solta, poucas raízes; camada 2: material compactado, com raiz, material orgânico, mosqueado, com raiz; camada 3: cor alaranjada, com presença de ferro; camada 4: presença de matéria orgânica, com aumento de areia.

No décimo segundo ponto, foram analisadas 2 camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 8,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 41 cm de espessura, com coloração (5YR 4/2); a segunda camada possui 25 cm de espessura e coloração (10 YR 4/1). Camada 1: argila com a cor vermelha e marrom muito escuro, presença de raiz; camada 2: vermelho e marrom mais claro em tom alaranjado.

No décimo terceiro ponto, foram analisadas seis camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 6,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 10 cm de espessura e apresenta coloração (10YR 3/2); a segunda camada possui 31 cm de espessura e coloração (10 YR 6/3); a terceira camada possui espessura de 6 cm e apresenta cor (10 YR 4/2); quarta camada possui 10 cm com coloração (10YR 4/6); a quinta camada tem a espessura de 26 cm, de coloração (10 YR 3/1). A sexta camada tem a espessura de 19 cm, de coloração (10 YR 4/1). A camada 1 possui muita argila escura; camada 2: diminuiu-se a presença de argila e intensifica-se a coloração mais escura; camada 3: marrom claro, arenosa; camada 4: marrom mais claro em tom alaranjado; camada 5: cor mais escura, com mosqueados na cor preta.

O processo de sedimentação do Delta via amostras granulométricas na foz da BHRJ, no município de Belmonte, foram descritas a seguir. Figura – 24 Perfil topográfico no Delta da foz da BHRJ.

Figura 4.15 - Foz da Bacia do Rio Jequitinhonha  
 Perfil Topográfico do Delta

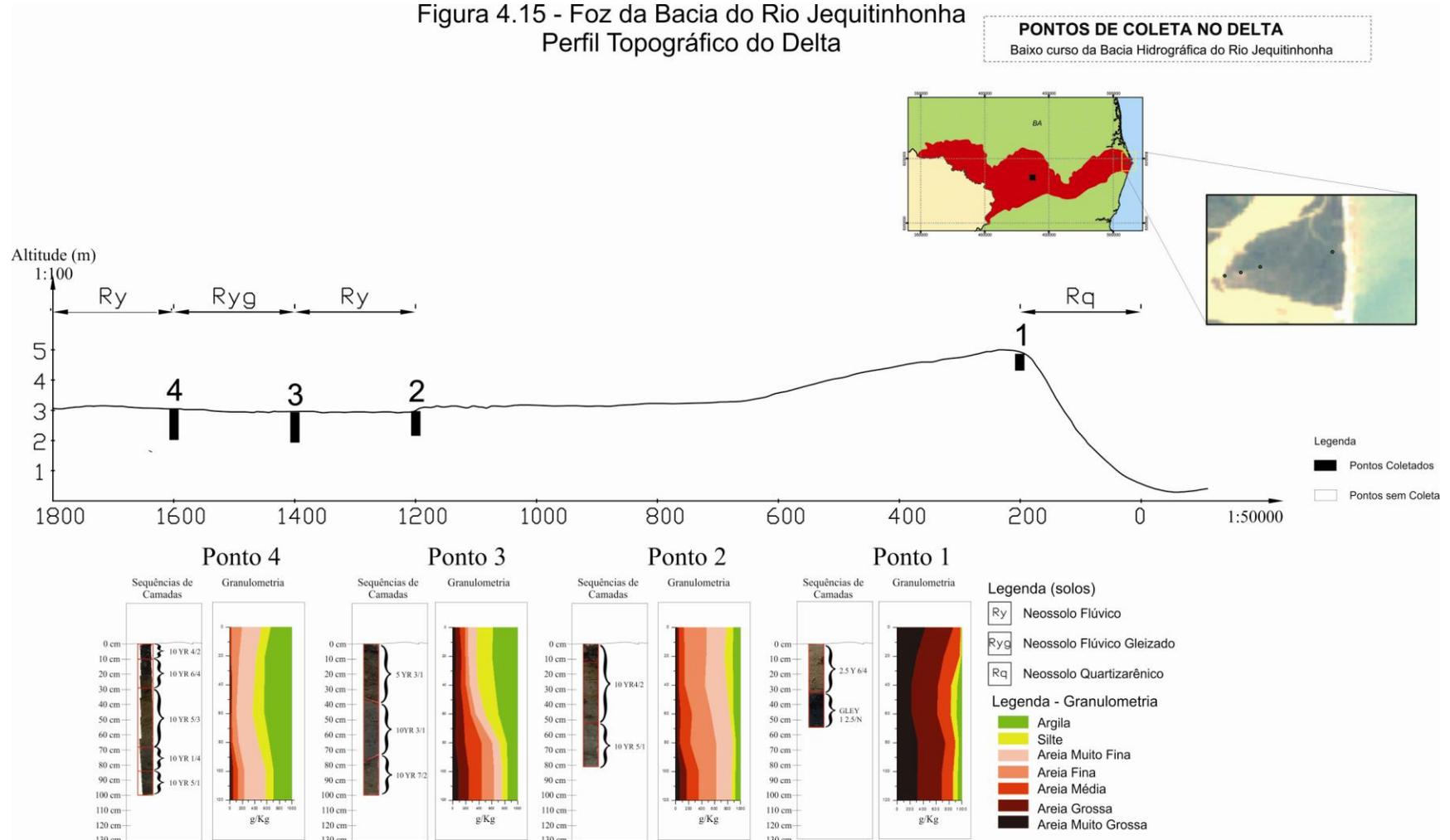


Figura 4.15- Perfil Topográfico do Delta da Foz da BHRJ

No primeiro ponto, foram analisadas duas camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 2,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 32 cm de espessura e apresenta coloração (2.5 Y 6/4); a segunda camada possui 23 cm de espessura e coloração (GLEY 1 2.5 /N). A camada 1 possui sedimentos grossos e soltos de origem marinha; à medida que aprofunda-se, afina-se a areia; a camada 2: material muito escuro, de cor preta, relacionado a mangue recentemente enterrado.

No segundo ponto, foram analisadas duas camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 2,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 52 cm de espessura e apresenta coloração (10 YR 4/2); a segunda camada possui 29 cm de espessura e coloração (10 YR 5/1). A camada 1 apresenta presença de raiz, cor vermelha; camada 2: camada de areia, cor variando de cinza a branco.

No terceiro ponto, foram analisadas três camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 7,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 37 cm de espessura e apresenta coloração (5 YR 3/1); a segunda camada possui 38 cm de espessura e coloração (10 YR 3/1); a terceira camada possui espessura de 25 cm e apresenta cor (10 YR 7/2). A camada 1 possui sedimento de cor vermelha; a camada 2 é composta de solo sem raiz, cor Gley, caracterizada por mangue enterrado; a camada 3 possui areia solta, sem a presença de raiz.

No quarto ponto, foram analisadas cinco camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 7,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 10 cm de espessura e apresenta coloração (10YR 4/2); a segunda camada possui 19 cm de espessura e coloração (10YR 6/4); a terceira camada possui espessura de 39 cm e apresenta cor (10YR 5/3); a quarta camada possui 16 cm com coloração (10YR 4/1); a quinta e última camada se inicia a 84 cm de profundidade e tem a espessura de 17 cm, apresenta a cor (10 YR 5/1). Na camada 1, cor marrom escura; camada 2; marrom mais clara, com presença de areia levemente alaranjada, com bastante raiz; camada 3: tonalidade de marrom mais escuro em relação à camada anterior; camada 4: tonalidade mais escura do ponto; camada: 5 tonalidade escura, com presença de areia mais grossa.

O processo de sedimentação da margem direita via amostras granulométricas na foz da BHRJ, no município de Belmonte, foram descritas a seguir. Figura 4.16- Perfil topográfico na margem direita da foz da BHRJ.

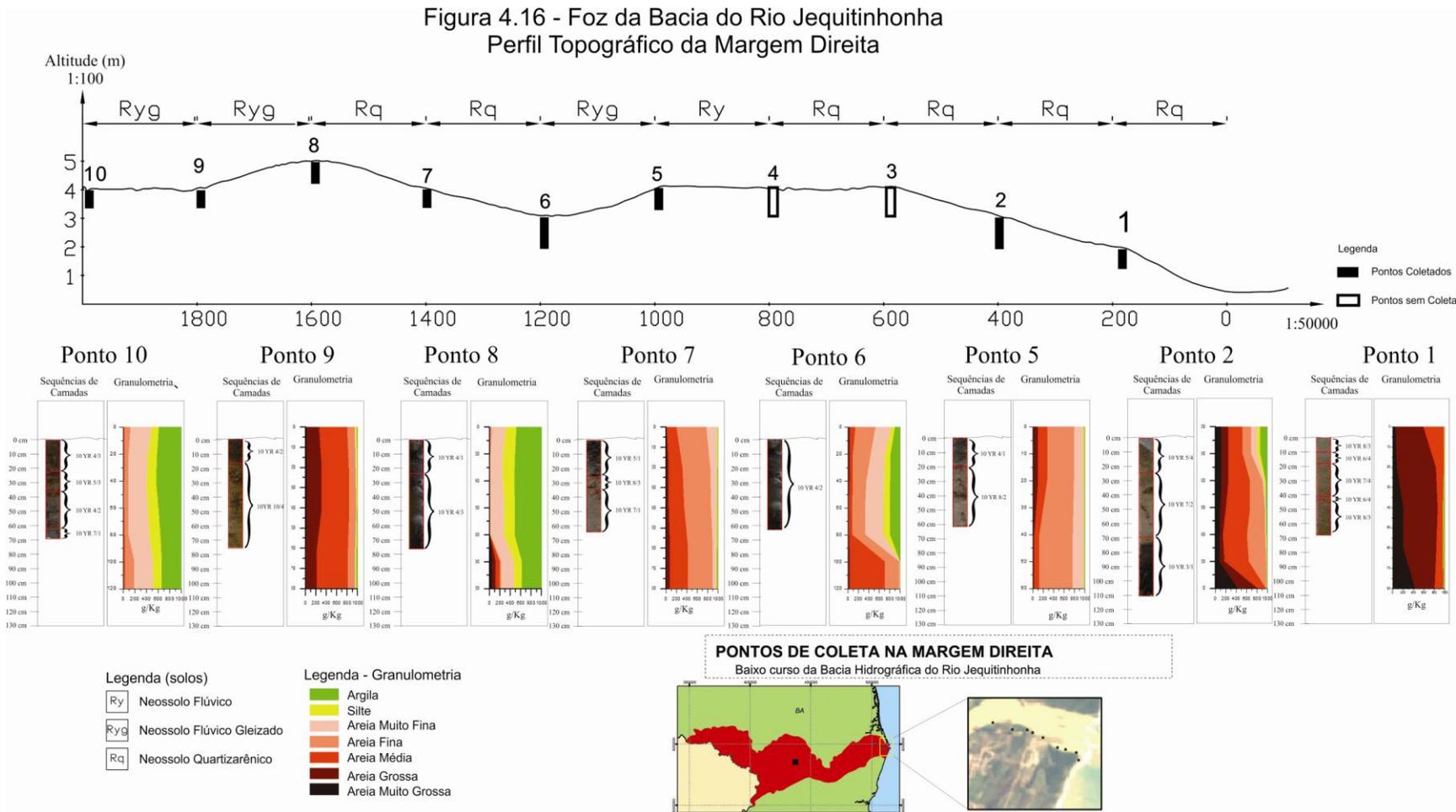


Figura 4.16 - Perfil Topográfico da Margem Direita da Foz da BHRJ

No primeiro ponto, foram analisadas cinco camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 3,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 10 cm de espessura e apresenta coloração (10YR 8/3); a segunda camada possui 8 cm de espessura e coloração (10YR 6/4); a terceira camada possui espessura de 23 cm e apresenta cor (10YR 7/4); a quarta camada possui 3 cm com coloração (10YR 6/4); quinta e última camada tem a espessura de 22 cm, apresenta a cor (10 YR 8/3). As amostras compõem um pacote homogêneo de areia de origem marinha que, pela umidade, apresenta pequenas diferenças de cores.

No segundo ponto, foram analisadas três camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 5,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 23 cm de espessura e apresenta coloração (10 YR 5/4); a segunda camada possui 45 cm de espessura e coloração (10 YR 7/2); a terceira camada possui espessura de 40 cm e apresenta cor (10 YR 3/1). A camada 1 possui sedimento de areia grossa solta; camada 2: areia fina um pouco mais escura, material em decomposição com tronco de mangue; camada 3: mangue enterrado, com raízes grossas e finas.

No quinto ponto, foram analisadas duas camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 17 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 20 cm de espessura e apresenta coloração (10 YR 4/1); a segunda camada possui 42 cm de espessura e coloração (10 YR 8/2). Ponto com a mesma composição, alteração de cor do escuro H-A para o claro em direção ao H-R, com raízes. Todo o ponto está preenchido por raízes de mangue pouco desenvolvidas e algumas raízes de gramínea.

No sexto ponto, foi analisada uma camada e identificada com carbono orgânico médio de 2 g/dm<sup>3</sup>. A camada, superior, possui 60 cm de espessura e apresenta coloração (10 R 4/2). Bloco homogêneo com apenas uma camada ou amostra.

No sétimo ponto, foram analisadas três camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 5,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 26 cm de espessura e apresenta coloração (10 YR 5/1); a segunda camada possui 10 cm de espessura e coloração (10 YR 5/3); a terceira camada possui espessura de 28 cm e apresenta cor (10 YR 7/1). A camada 1 possui presença de raiz, com sedimento de cor acinzentada; camada 2: presença de raiz, com sedimento de cor mais esbranquiçada; camada 3: sem raízes e com tonalidade mais acinzentada em relação à camada 2.

No oitavo ponto, foram analisadas duas camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 6,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 24 cm de espessura e apresenta

coloração (10YR 4/1); a segunda camada possui 53 cm de espessura e coloração (10YR 4/3). Camada 1: cor mais escura, presença de raiz; camada 2: presença de raízes e manchas verticais no ponto.

No nono ponto, foram analisadas duas camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 22 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 15 cm de espessura e apresenta coloração (10 YR 4/2); a segunda camada possui 60 cm de espessura e coloração (10 YR 10/4). Existe diferenciação nas camadas apenas com a coloração mais escura, o que indica presença maior de matéria orgânica. A camada 2 também diferencia-se por ter raízes mais grossas.

No décimo ponto, foram analisadas quatro camadas e identificadas com carbono orgânico médio de 5,0 g/dm<sup>3</sup>. A primeira camada, superior, possui 22 cm, com coloração (10YR 4/3); a segunda camada possui 14 cm de espessura e coloração (10 YR 5/3); a terceira camada possui espessura de 26 cm e apresenta cor (10 YR 4/2); a quarta camada possui 7 cm, com coloração (10 YR 7/1). Esse pacote é homogêneo, de cor gleysada; apresenta diferenças de cores nas camadas 2 e 3, principalmente com a presença de mosqueados escuros e pequenas raízes; a camada 4 é caracterizada pela ausência desses mosqueados.

#### **4.8 Análise granulométrica com relação à energia no sistema controlado**

No delta, o mar avança continente adentro fazendo a linha de costa recuar, fato corroborado pelo o avanço da face de praia em relação à pós-praia, local que anteriormente era ocupado por fazendas de coco – baía e atualmente atinge a área, que originalmente, era de mangue.(Foto 4.17)



Foto 4.4 Frente deltaica do Jequitinhonha, erosão da linha de costa.  
Foto- Liliane Góes outubro de 2010

O processo de erosão e progradação da linha de costa são naturais e cíclicos, tendo como fatores controladores a oscilação do nível do mar, mudança da direção das ondas, alterações na corrente marítima, mudança na direção dos ventos entre outros fatores desse subsistema complexo e dinâmico (CHRISTOFOLETTI, 1981; SUGUIO, 2003; ROSSETI 2007). No entanto, a falta de aporte sedimentar fluvial, considerado nesse trabalho, pelo incremento e controle da barragem da UHE de Itapebi, gerou um novo nível de base do sistema controlado baixo curso do rio Jequitinhonha. Sugere-se que o barramento dos sedimentos de fundo do rio Jequitinhonha e a alteração da energia potencial e cinética do fluxo fluvial contribuem para a aceleração do processo de erosão costeira na frente do delta.

No quadro 4.4, as análises granulométricas no ponto 1, com profundidade de até 40 cm, demonstraram valores que ultrapassam 80% de areia grossa, muito grossa e média corroborando no laboratório as evidências já registradas via foto 4.18, da erosão da linha de costa. Entretanto a partir de 41 cm de profundidade o percentual de argila aumenta em relação às três camadas sedimentares superiores, citadas anteriormente. Os dados apontam uma oscilação com aumento absoluto no percentual de silte e argila.

Quadro 4.4- Análise granulométrica do Ponto 1 do Delta

Ponto 1 - Delta																
Amostra	AREIA															
Delta P1	Muito Grossa		Grossa		Média		Fina		Muito Fina		Areia Total		Argila		Silte	
	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%
0-20cm	429	42,9	425	42,5	125	12,5	0	0	0	0	979	97,9	9	0,9	12	1,20
20-40cm	287	28,7	422	42,2	246	24,6	4	0,4	0	0	959	95,9	22	2,2	19	1,90
40-60cm	207	20,7	411	41,1	210	21	7	0,7	0	0	835	83,5	88	8,8	77	7,70
60-80cm	216	21,6	387	38,7	217	21,7	0	0	0	0	820	82	89	8,9	91	9,10
80-100cm	316	31,6	421	42,1	157	15,7	0	0	0	0	894	89,4	50	5	56	5,60
100-120cm	306	30,6	373	37,3	174	17,4	10	1	0	0	863	86,3	65	6,5	72	7,20

Os dados granulométricos, do ponto de coleta 1, demonstram o dinamismo por meio da mudança de energia cinética na feição geomórfica do subsistema delta do Jequitinhonha. A presença de raízes muito desenvolvidas por meio da descrição da segunda camada aponta o depósito de sedimentos marinhos em área antes composta por matéria orgânica, já os outros pontos de coleta no perfil delta apontam via análise granulométrica um ambiente flúvio-marinho caracterizados pela dinâmica natural dos lóbulos deltaicos, com a presença de águas marinhas de baixa energia controlada pela oscilação das marés.

A sobreposição de camadas indica uma possível substituição de um ambiente fluvio-marinho de baixa energia cinética por um ambiente tipicamente de sedimentos de origem marinha de alta energia cinética.

Na margem direita localizada na foz, e na linha de costa adjacente ao sul do rio Jequitinhonha, acontece fenômeno semelhante ao delta, ocorrendo à mudança da dinâmica dos elementos morfológicos com o avanço da face de praia em direção a pós-praia. Foto XX



Foto 4.5 Margem direita da foz do Jequitinhonha, deposição marinha no manguezal.  
Foto- Vinicius de Amorim Silva outubro de 2010

O depósito sedimentar assinala a redistribuição e remanejamento dos sedimentos disponíveis, evidenciados pela justaposição vertical dos depósitos de carga detrítica. Os dados relativo ao *transecto* topográfico delta registra, no ponto 1, um levantamento altitudinal em relação ao ponto 2 e à praia à preamar. Sugere-se que essa diferença tenha a gênese no avanço do mar em relação ao ambiente fluvial, transformando-o em ambiente marinho

O evento de erosão da linha de costa é demonstrado pelos dados granulométricos dos sedimentos no ponto de coleta 2 do perfil topográfico da margem em estudo, demonstrados na análise laboratorial. Os valores apresentados sugerem que o mar avança em relação ao rio, provocando a erosão na linha de costa e deposição sedimentar de gênese marinha, em área que há poucos anos era fluvio-marinha, atestada pela presença da vegetação de mangue soterrado por deposição de sedimentos de origem marinha.

Os dados granulométricos no ponto 2 da margem esquerda foto XX, apresentam a sobreposição de camadas de sedimentos não deformados. A camada superior 0-20cm de profundidade é composta pela predominância de areia grossa ao passo que, diminui-se essa granulometria a partir de 20 cm de profundidade. A inferência sobre esses dados Quadro XX

indica a mobilidade de material de gênese marinha por meio de acréscimo deposicional, impulsionadas por ações eólica e de águas marinhas de alta energia, já o material encontrado nas camadas inferiores são de granulometria de areia mais fina em relação a camada superior.

Quadro 4.5 - Análise granulométrica do Ponto 2 da margem direita

Ponto 2 - Margem direita																
Amostra	AREIA															
	Muito Grossa		Grossa		Média		Fina		Muito Fina		Areia Total		Argila		Silte	
P2	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%
<b>0-20cm</b>	424	<b>42,4</b>	376	<b>37,6</b>	166	<b>16,6</b>	5	<b>0,5</b>	0	<b>0</b>	971	<b>97,1</b>	1	<b>0,1</b>	28	2,80
<b>20-40cm</b>	71	<b>7,1</b>	93	<b>9,3</b>	472	<b>47,2</b>	329	<b>32,9</b>	12	<b>1,2</b>	977	<b>97,7</b>	1	<b>0,15</b>	22	2,15
<b>40-60cm</b>	75	<b>7,5</b>	63	<b>6,3</b>	460	<b>46</b>	349	<b>34,9</b>	18	<b>1,8</b>	965	<b>96,5</b>	5	<b>0,55</b>	30	2,95
<b>60-80cm</b>	85	<b>8,5</b>	108	<b>10,8</b>	466	<b>46,6</b>	280	<b>28</b>	23	<b>2,3</b>	962	<b>96,2</b>	4	<b>0,45</b>	34	3,35
<b>80-100cm</b>	109	<b>10,9</b>	138	<b>13,8</b>	412	<b>41,2</b>	235	<b>23,5</b>	38	<b>3,8</b>	932	<b>93,2</b>	22	<b>2,15</b>	46	4,65
<b>100-120cm</b>	110	<b>11</b>	129	<b>12,9</b>	280	<b>28</b>	164	<b>16,4</b>	116	<b>11,6</b>	799	<b>79,9</b>	57	<b>5,7</b>	144	14,40

Os dados granulométricos da margem esquerda, ao contrário da margem direita e delta não demonstram erosão da linha de costa, os pontos de coleta de 1 a 13 apresentam uma homogeneidade na composição granulométrica indicando a conservação e relativa estabilidade dos processos de gênese fluvial com baixa energia de gênese marinha e eólica na margem em análise, mantendo-se a constância do material e as feições geomórficas mapeadas por Domingues (1982), a) mangue, b) pântano, c) terraço fluvial e d) terraço marinho.

#### 4.9 Datação por luminescência opticamente estimulada

A datação absoluta dos sedimentos pela técnica da LOE na margem esquerda, delta e margem direita da foz da BHRJ permitiu identificar uma diferença substancial entre a idade real das formações superficiais e a idade atribuída às superfícies de erosão sobre as quais estas unidades estão depositadas em escala do tempo do homem.

Os sedimentos datados por meio da LOE, na sua margem esquerda da Foz da BHRJ, representaram a idade mais antiga, aproximadamente 2.720 anos, indicando que a da Foz, em sua gênese, sempre foi localizada ao Norte, esse fato pode ser evidenciado pela presença de ilhas

barreiras, ao longo da margem esquerda do Jequitinhonha próximo a Foz. Com relação à margem direita, a idade identificada foi de aproximadamente 1.100 anos, apontando uma relativa oscilação dos fluxos de matéria e energia de caráter fluvio-marinha nessa feição geomórfica.

No delta da BHRJ, a idade identificada foi de aproximadamente 555 anos sugerindo, que o canal principal do rio Jequitinhonha, em sua gênese geomórfica, era desembocado em canal único não caracterizando a formação clássica de um Delta e conseqüentemente o rio Jequitinhonha apresentava um volume de vazão maior do que o atual. (Quadro 4.8)

**Quadro 4.6- Código Datação, amostra, dose anual, dose acumulada e idade.**

<b>Amostra</b>	<b>Dose Anual (□ Gy/ano)</b>	<b>Dose Acumulada (Gy)</b>	<b>Idade (anos)</b>
<b>Margem Esquerda</b>	<b>3.675 ± 135</b>	<b>10,0</b>	<b>2.720 ± 230</b>
<b>Margem Direita</b>	<b>2.760 ± 245</b>	<b>3,0</b>	<b>1.100 ± 150</b>
<b>Delta</b>	<b>3.600 ± 245</b>	<b>2,0</b>	<b>555 ± 65</b>

Os resultados das concentrações de  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{40}\text{K}$  estão apresentados na Quadro 4.9, a seguir:

**Quadro 4.7 - Amostra, Th (Tório), U (Urânio), K (Potássio).**

<b>Amostra</b>	<b>Th (ppm)</b>	<b>U (ppm)</b>	<b>K (%)</b>
<b>Margem Esquerda</b>	<b>19,070 ± 0,687</b>	<b>6,731 ± 0,043</b>	<b>0,493 ± 0,072</b>
<b>Margem Direita</b>	<b>12,110 ± 0,436</b>	<b>3,325 ± 0,276</b>	<b>0,943 ± 0,137</b>
<b>Delta</b>	<b>18,490 ± 0,666</b>	<b>5,256 ± 0,209</b>	<b>0,955 ± 0,138</b>

Este fato aponta para o episódio de a escala da análise realizada não representar uma correlação direta entre elementos morfológicos de magnitudes espaços-temporais, de caráter antropogênico, ainda que as últimas repousem sobre as primeiras, atribuindo-lhes a fisionomia atual.

O detalhamento da cronologia dos eventos geomórficos da foz da BHRJ, com o uso da LOE, foi eficaz para remontar os eventos geomorfológicos no tempo da natureza. Os estudos geomorfológicos detalhados nesse trabalho podem contribuir para o melhor entendimento da temporalidade das alterações impressas na paisagem, ao longo do pleistoceno e quaternário.

O barramento do canal principal do rio Jequitinhonha (ação externa) diminui e/ ou regulariza o débito do rio (correlação negativa) e aumenta os processos erosivos no fundo da calha (correlação positiva). Aumenta também os processos erosivos no leito maior do rio por meio de desbarrancamento (correlação positiva) e diminui ou anula o transporte de sedimentos de fundo à jusante da barragem (correlação negativa). Ainda no processo de barramento, a frente deltaica da foz da BHRJ está em fase de subtração de terras agricultáveis e áreas de manguezal, sendo soterrada (correlação negativa). Por meio da energia das ondas, a ação marinha está depositando sedimentos arenosos de origem marinha com maior granulometria em relação aos sedimentos de origem fluvial, mesmo em área de foz (correlação positiva).

Sugere-se que, com o passar do tempo, a forma do delta vai se alterar, como já está acontecendo, abandonando a sua configuração bifurcada e transformando-se em canal único, em direção Norte, à sua margem esquerda, desaparecendo e colmatando-se em direção ao Sul. O canal principal limita-se à margem direita por efeito da alteração da dinâmica hidráulica do rio, atribuída também à regularização da vazão na barragem de Itapebi. O processo de colmatção está associado à deposição de sedimentos marinhos, via ação das ondas nesse canal.

Os efeitos poderão ser observados com a erosão regressiva em seus canais de 1ª ordem, onde ocorrerá a reestruturação, via equilíbrio dinâmico, de toda a rede de drenagem do baixo curso da BHRJ, com efeitos oriundos da erodibilidade, daqui a algumas décadas, em direção à sua montante.

O baixo curso da BHRJ é um sistema complexo onde há diversos circuitos de relações entre os elementos componentes. A depender da seleção das suas unidades, os circuitos de uma bacia hidrográfica podem ser tanto positivos quanto negativos. Entretanto, a seleção de um elemento ou unidade não impede que essa mesma unidade participe de outros circuitos de alimentação. (CRISTOFOLETTI, 1979)

Cristofolletti (1979) assinala que o mecanismo de retroalimentação não tem a função de, por si só, explicar os fenômenos. Porém, tem a capacidade de representar processos cuja descrição e singularidade servem de base para interpretações de problemas sobre a abordagem sistêmica.

Retroalimentação negativa, conhecida também como homeostática, é a do tipo mais comum. Tem uma variação extremamente produzida por meio de um circuito fechado e o papel de arrefecer ou estabilizar o efeito da mudança original. A situação apresenta-se por meio de circuito com número ímpar, compondo sinais negativos de correlação. Os mecanismos de retroalimentação são relativamente estáveis, só modificando as suas características depois de um impulso exterior que altere a posição de seus elementos, por ex: frente deltaica da foz da BHRJ. Após essa mudança, o sistema evolui para atingir um novo estado de equilíbrio entre as forças atuantes. O baixo curso do jequitinhonha mostra um relacionamento simples de canal fluvial (aumento da velocidade de débito + aumento da erosão + aumento da largura do canal = correlação positiva). Entretanto, o aumento da largura provocará a diminuição da velocidade da água = correlação negativa. Em face das flutuações ambientais, a reajustarem pode levar a atingir um estado diferente do inicial.

## 5 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Teoria Geral dos Sistemas serviu de embasamento teórico para identificação, classificação e o entendimento funcional do sistema controlado baixo curso da BHRJ, a jusante da barragem da UHE de Itapebi, representando, de forma eficaz, a atuação do homem nos sistemas de processos-respostas. O corpus teórico serviu de base também para a identificação do aumento da complexidade sistêmica pela intervenção antropogênica, que se torna cada vez maior, em relação ao aumento dos impactos de intervenção antropogênica no sistema hidrográfico ou bacia hidrográfica a exemplo de grandes obras de engenharia nesse ambiente.

O trabalho demonstrou que as alterações relativas às obras de engenharia como retificação do canal principal na foz do rio Jequitinhonha, com barramento e operacionalização da UHE de Itapebi, romperam com o equilíbrio dinâmico do delta e canal principal na foz da BHRJ.

As análises hidrológicas indicaram que o barramento do canal principal do rio Jequitinhonha e a regularização do seu sistema fluvial tiveram reflexo na diminuição do seu aporte sedimentar, na carga de fundo do rio, ocasionada pela operacionalização da barragem da UHE de Itapebi. Sugere-se que a regularização da vazão resultou na erosão das suas margens planas, em alguns trechos do canal principal, e na alteração no padrão de drenagem na jusante da barragem de Itapebi de sinuoso a retilíneo.

Na densidade, demonstrou que, em condições naturais, há um grande escoamento superficial e uma intensa dissecação associada jusante da barragem de Itapebi, o que foi intensificado por meio de ações antropogênicas com mudanças relativas às grandes obras de engenharia no canal fluvial principal, no baixo curso da BHRJ.

Em seu baixo curso, a BHRJ apresentou crescimento alométrico com tendência negativa, pois o aumento da área de drenagem na jusante da barragem pode desencadear futuras erosões regressivas em canais de outras ordens hierárquicas. Nos seus canais tributários, é maior que a taxa de aumento no débito fluvial.

A inferência consistiu no transporte de materiais de origem litológico, há fluxo de água e sedimentos barrados a montante da foz do Jequitinhonha, na área de represamento da barragem da UHE de Itapebi.

Outra interferência no canal principal do baixo curso da BHRJ está relacionada ao desvio do canal próximo a foz, retificação do canal, na margem esquerda, por meio de obra de retificação, feita pela gestão pública, em 1989 do município de Bemonte.

Algumas alterações no comprimento do canal principal, tais como: a diminuição da projeção ortogonal, distância vetorial e alterações em trechos e dos pontos extremos do canal principal na área de estudo.

O Índice de Sinuosidade obtido antes e após a implantação da barragem da UHE Itapebi indica que os canais da região estudada tendem a variar, nos trechos próximos à foz, para transicionais. O padrão de drenagem passou de meandrante para retilíneo devido à retificação do canal principal, evidenciado pela mudança do índice de sinuosidade, apresentada no trabalho.

A migração de meandros relativamente acentuada sugere que houve muita erosão das suas margens plenas, entre os anos de 1973 e 1999, mormente entre 1999 e 2007, período de barramento e operacionalização da UHE de Itapebi, sugerindo que a retificação do canal, associada a essa obra de engenharia, acelerou os processos erosivos e deposicionais.

O detalhamento da cronologia dos eventos geomórficos da foz da BHRJ, com o uso da LOE, foi eficaz para remontar os eventos geomorfológicos, no tempo da natureza. No entanto, as análises granulométricas na foz do rio Jequitinhonha apresentaram depósitos recentes em seu pacote de sedimentos, na margem direita e delta, indicando uma mudança caracterizada pela geomorfologia antropogênica.

Sugere-se que com o passar do tempo, a forma da foz vai se alterar, como já está acontecendo, abandonando a sua configuração deltaica clássica e transformando-se em canal único, em direção ao Norte. A margem esquerda será colmatada, atual canal localizado ao Sul, na margem direita da foz.

## 6 . REFERÊNCIAS

AB`SABER, A. N., **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas** São Paulo Ed. Ateliê Editorial, 2003. 159p.

AB`SABER, A. N.. Fundamentos da Geomorfologia Costeira do Brasil Inter e Subtropical In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, p. 27- 43 Ano 1. N. 1, 2000.

ALVAREZ, J. Antonio Maza. Cambios que sofre um rio águas abajo de grandes presas. Curso sobre assoreamento de reservatórios e erosão do leito a jusante de barragens – XII Congresso Latino – Americano de hidráulica, 31/08 a 04/09/1986 – **ABRH, IAHR, DNAEE** e USP. São Paulo, SP. 1986.

AMORIM, R, R **Análise geoambiental como subsídio ao planejamento no uso e ocupação das terras da zona costeira da região costa do Descobrimento (Bahia)**, 2011. 268 f. Tese (Doutorado em geografia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas- SP.

ANA – Agência Nacional das Águas. Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul – Trecho Leste. Bahia, BH7 – bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha. **Série: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. CD nº 4. Disponível em: [www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br). Acessado em julho, 2010.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos hídricos**. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 16 nov 2010.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2006): **Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico**. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/>>. acesso em: 09 jul 2011.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica **Atlas da energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008. 236 p.

ARAÚJO, G. H. de S., ALMEIDA, J. R. de, e GUERRA, A.J. T.. **Gestão Ambiental de áreas degradadas**.- 3ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

ASSAD, E; DOMINGUES, A. L. Aplicação de geotecnologias para elaboração de mapas e imagens digitais. In: Mostra de Trabalhos de Estagiários e Bolsistas, 1., 2005, Campinas. Anais... Campinas: Embrapa, 2005. Disponível na biblioteca digital URLib: <[http://www.cnptia.embrapa.br/mostra/Embrapa/posteres%20pdf/Poster\\_AnaLicia.pdf](http://www.cnptia.embrapa.br/mostra/Embrapa/posteres%20pdf/Poster_AnaLicia.pdf)>. Acesso em 23 jul. 2007.

AVÉ-LALLEMANT R. **Viagem pelo Norte do Brasil: no ano de 1859**. Ministério da Educação e Cultura. Instituto Nacional do Livro. Coleção de Obras Raras VII, 1º volume. Rio de Janeiro, 1961.

AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos e ambiente: uma introdução**. Santa Maria: Pallotti, 2004.

BACOCOLI, G. **Os deltas marinhos holocênicos brasileiros: Uma tentativa de classificação**. Bol. Técn. Petrobrás, Rio de Janeiro: 1971. cap. 14, p. 5-36.

BERNAL, J, M, S, **Contribuição do aporte fluvial de sedimentos para a construção da Planície deltaica do rio Jequitinhonha – BA**, 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009

BERRY, J. e J. SAILOR. Use of Geographic Information System for Storm Runoff prediction from Urban Watersheds. **Environment Manage.** 1987. Cap. 11, p. 21-27.

BERTALANFFY, L. von. An Outline of General Systems Theory. **The British Journal for the Philosophy of Science**. London v.1, n. 2, p.139-164, 1950.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. 2.ed. Petrópolis, Editora Vozes, 1975.

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

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora UFSC v.3, 2003.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. **Boletim Paranaense de Geografia, UFPR**. Curitiba, n.16-17, p.153-196, 1965.

BITTENCOURT, Mário. **Assoreamento do rio Jequitinhonha prejudica a pesca**. Jornal A TARDE. Publicado em 14/12/2010.

BITTENCOURT, ACSP.; MARTIN, L.; VILAS-BOAS, GS.; FLEXOR, J-M.. Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia, Brazil. In: **International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary Proceedings**. São Paulo, 11-18 September 1978. p 232-253

BITTENCOURT ACSP, DOMINGUEZ JML, USSAMI N. Flexure as a tectonic control on the large geomorphic characteristics of the eastern Brazil coastal zone. **Journal of Coastal Research**, v.15, n. 2, p. 505-519, 1999.

BLOOM, A. L. **Superfície da terra**. Edgar Blücher: São Paulo, 1970. 56-70p

BORGES C. Z. **Erosão marginal no rio Paraná após a conclusão do reservatório da UHE Sérgio Motta (porto primavera) a jusante da barragem**. 2004. 50f. Dissertação, (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2004.

BORMANN, F.H.; LIKENS, G. E. Pattern and process in a forested ecosystem. **Springer**, New York, 1979. 253p.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: **A responsabilidade social da ciência do solo**. Campinas: SBCS, 1988, p. 79-90.

BRANDT, S. A. Classification of Geomorphological effects downstream of Dams. **Catena**, 2000. n<sup>o</sup> 40. p.375-401.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto **RADAMBRASIL** Folha SD.24 Salvador; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1981. vol. 24.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto **RADAMBRASIL** Folha SD.23 Brasília; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1982. vol. 29.

BRIDGE, J.S. **Rivers and floodplains. Forms, processes, and sedimentary record**. Blackwell, New York, 2003.

BUMA, P.G. & DAY, J.C. Channel morphology below reservoir storage projects. **Environmental Conservation** 4, 1977. p. 279-284.

CALASANS, A. R. N; LEVY, M. T. C; MOREAU, M. Interrelações Entre Clima e Vazão. In: SCHIAVETTI, A. (org.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações teorias e aplicações/** Ihéus, Ba: Editus, 2002. p.67-90.

CAMARA, G.; SOUZA R.C.M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J.; *SPRING*: Integrating Remote Sensing And Gis By Objectoriented Data Modelling. **Computers & Graphics**, 20: (3) 395 – 403, May – Jun 1996.

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

CARVALHO, N.O. Mudanças por erosão no canal a jusante de barragem – Degradação limitada por declividade estável. III ENES, **Terceiro Encontro de Engenharia de Sedimentos, 21 a 25/09/1998** – Comissão de Engenharia de Sedimentos da ABRH. Belo Horizonte, MG. 1988.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro, CPRM, 2008.

CARVALHO, N.O. et al. Guia de práticas sedimentométricas. Brasília: **ANNEL**, 2000.

CARVALHO, N.O.; WILSON Jr., G. Variações morfológicas devidas ao escoamento a jusante de barragem. III ENES, **Terceiro Encontro de Engenharia de Sedimentos de 21 a 25 de setembro de 1998** – Comissão de Engenharia de Sedimentos da ABRH. Belo Horizonte, MG. 1998.

CASAGRANDE, C. A.; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L.; TOLEDO, A. M. A.; DANIEL, D. C. VICTORIA; MONTEBELO, L. A. Mudanças no uso e cobertura do solo na microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins, Piracicaba-SP. In: **Congresso de Ecologia do Brasil, 6., 2003, Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC, 2003.** p. 93-95. Disponível na biblioteca digitalURLib:<[http://www.culturaapicola.com.ar/apuntes/libros/20\\_diversidad\\_cerrado\\_caatinga/2/02\\_ecologia\\_da\\_paisagem\\_cap2.pdf](http://www.culturaapicola.com.ar/apuntes/libros/20_diversidad_cerrado_caatinga/2/02_ecologia_da_paisagem_cap2.pdf)>. Acesso em 20 jul. 2007.

CAVALCANTE, A. A. **Morfodinâmica fluvial em áreas semi-áridas: o Rio Jaguaribe a jusante da barragem do Castanhão-CE-Brasil.** 2012. 238f. Tese de doutorado (doutorado em geografia), Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, 2012

CBPM. Companhia Baiana de Recursos Minerais. **Projeto Costa do Descobrimento.** Salvador: CBPM, 2000. (CD-ROM).

CELARINO, A. L. S.; **Análise cronológica e pedológica de uma topossequência na estação ecológica de jataí, Luis Antonio – SP: relação entre processos pedogenéticos na vertente e na planície aluvial do rio Mogi Guaçu.** 2011. 135f. Dissertação (Mestrado em geografia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2011.

CHAMORRO, Paulina. **Jequitinhonha, ascensão e morte da cultura às suas margens.** Disponível em [http://www.marsemfim.com.br/pub/viagens/reportagem\\_det.php?id\\_reportagem=52&id\\_no=51](http://www.marsemfim.com.br/pub/viagens/reportagem_det.php?id_reportagem=52&id_no=51) Acesso em: 25. Set. 2011.

CHARLTON, R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology.** Routledge, London, 2008.

CHAVES S, M. L; C. e CHAMBEL L. Diamantes do médio rio Jequitinhonha, Minas Gerais: qualificação gemológica e análise granulométrica **Rev. Esc. Minas vol.57 no.4 Ouro Preto Oct./Dec. 2004,** Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672004000400009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672004000400009&script=sci_arttext). Acesso em: 04 ago. 2011.

CHORLEY, R. J., **Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais.** *U. S. Geol. Survey Prof. Paper*(1962), 500-B, 10 pp., [transcrito em *Notícia Geomorfológica*, v. 11, n. 21, p. 3-22, 1971.

CHORLEY, R.J; KENNEDY, B. A. **Physical geography: a systems approach.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1971.

COELHO A., L. N. Geomorfologia Fluvial de rios impactados por barragens. **Caminhos de Geografia,** Uberlândia, v.9 n. 26, jun. 2008. Disponível em: <http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br>. Acesso em: 05 mai. 2010.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org). **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 19-45 p.

COLEMAN, J.M, & GAGLIANO, S.M. Cyclic sedimentation in the Mississippi river deltaic plain. **Gulf Coast Assoc. Geol. Socs. Trans.**, v. 14, p. 67-80, 1995.

COLEMAN, J.M. & WRIGHT, L.D. **Analysis of major river systems and their deltas: procedures and rationale, with two examples.** Louisiana State Univ., Coastal Studies Inst. Tech. Rept, 1971. v.95,125 p.

\_\_\_\_\_. Modern river deltas: variability of processes and sandstone bodies. In: BROUSSARD, M.L. ed. *Deltas, Models for Exploration.* Houston, Geol. Soc. 1975. p.99-150.

CORREA, A. C. B. **Mapeamento geomorfológico de detalhe do maciço da Serra da Baixa Verde, Pernambuco: estudo da relação entre a compartimentação geomorfológica e a distribuição dos sistemas geoambientais.** 1997. 183f. Dissertação (Mestrado em geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1997.

CORREA, A. C. B.; ESPÍNDOLA, C. R. e MENDES, I. A.; Avaliação da dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil, com base no método de datação da (LOE) Luminescência Opticamente Estimulada. In: MENDES, I. A.; GERARDI, L. de O. (Org.). **Do natural, do Social e de suas interações.** São Paulo, 2002, p. 21-34.

CORREA, A.C.B. Regionalização e análise regional. Perspectivas e abordagens contemporâneas. Recife: Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, 2007, p. 33-45.

CORREA, R. L.. **A rede urbana.** São Paulo: Ática, 1989. p. 96

CHRISTOFOLETTI, A. A geografia física no estudo das mudanças ambientais. In: BECKER, B. K. (Org.). **Geografia e Meio Ambiente no Brasil.** São Paulo – Rio de Janeiro: HUCITEC, 1995. p. 334-345.

\_\_\_\_\_. **Análise de sistemas em Geografia.** São Paulo: Hucitec, 1979.

\_\_\_\_\_. A aplicação da abordagem de sistemas na geografia física in: **Revista Brasileira de Geografia – IBGE-** Rio de Janeiro, v. 52, n.2, p. 21 – 35, abr a jun. 1990.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia** São Paulo 7 ed. Edgar Blucher 1980. 187p.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia fluvial** São Paulo; Edgar Blucher 1981.

\_\_\_\_\_. **Modelagem de Sistemas Ambientais** São Paulo; Edgar Blucher 1999.

CRUCIANI, D.E. **A drenagem na Agricultura** São Paulo; Nobel 1980.

CRUZ, P. T. **100 Barragens brasileiras:** casos históricos, materiais de construção e projeto. São Paulo: Oficina de Textos, 1996.

CUNHA, S.B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Org.) **Geomorfologia uma Base de Atualização e Conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2001a.

CUNHA, S.B. Bacias Hidrográficas. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (Org.) **Geomorfologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001b.

CUNHA, S.B. **Impactos das Obras de Engenharia Sobre o Ambiente Biofísico da Bacia do Rio São João (Rio de Janeiro – Brasil)**. Rio de Janeiro: Ed: Instituto de Geociências, UFRJ, 1995.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J. Degradação ambiental. In: GUERRA, A.J. & CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, Bertrand do Brasil, 1997.

DANGERMOND, J. A Classification of Software Components Commonly Used in Geographic Information Systems. In: D. Peuquet and J.O'Callaghan (eds.), *Design and Implementation of Computer-Based Geographic Information Systems*. **International Geographic Union Commission on Geographic Data Sensing and Processing**, Amherst, Nova York, 1983.

DANGERMOND, J. A classification of software components commonly used in geographic information systems. IN: PEUQUET, D. J.; MARBLE, D. F. es. **Introductory readings in Geographic Information Systems**. London: 000Taylor & Francis, 1990.

DANTAS, M.E. & MEDINA, A.I. de M. **Geomorfologia**. Projeto Porto Seguro/Santa Cruz Cabrália. Salvador : CPRM-SUREG/SA. 2000.

DAVIS, W. M. The Geographical Cycle. **Geographical Journal**, 14,1899.

DE BIASI, M. A Carta Clonográfica: Os Métodos de Representação e Sua Confecção. In **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, nº6 –USP, 1992.

DEMATTÊ, J. A. M.; CAMARGO, W. P.; FIORIO, P. R.; NANNI, M. Diferentes produtos do sensoriamento remoto como auxílio no mapeamento de solos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1381-1389. Disponível na biblioteca digital  
URLib:<<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.20.18.01/doc/1381.1389.297.pdf>>.  
Acesso em 21 jul. 2007.

DOMINGUEZ, J.M.L. **Evolução quaternária da planície costeira associada á foz do rio Jequitinhonha (BA): influência das variações do nível do mar e da deriva litorânea de sedimentos**. Dissertação de Mestrado, 73 p. 1982 135f. Dissertação (Mestrado em geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1982.

DOMINGUEZ, J. M. L., *Quaternary sealevel changes and the depositional architecture of beach-ridge strandplains along the east coast of Brazil*. 1987. 288 f. Tese (Doctor of Philosophy) - University of Miami, Miami, 1987.

DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. e MARTIN, L. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências**. 1981. 11(4):227-237.

DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L., BITTENCOURT, A.C.S.P. FER desembocaduras dos grandes rios da costa brasileira. SSIYII Congr. Bras. de Geol., Salvador, Boletim nº 2, **Resumos e Breves Comunicações**, p.92.

DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C. da S.P. e MARTIN, L. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies litorâneas associadas às desembocaduras dos rios São Francisco (Al-Se), Jequitinhonha (Ba), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ), **Revista Brasileira de Geociências**. v. 13, n.2, p. 98-105, 1983.

DOMINGUEZ, J.M.L. e BITTENCOURT, A.C. da S.P. Regional assessment of long-term trends of coastal erosion. in. **Northeastern Brasil. Anais da Academia brasileira de Ciências**, v. 68, n. 3, 1996.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. da S. P.; MARTIN, L. Evolução Quaternária da Zona Costeira da Costa do Descobrimento. In: DOMINGUEZ, J. M. L. (Org.). **Projeto Costa do Descobrimento: avaliação da potencialidade mineral e subsídios ambientais para o desenvolvimento sustentado dos municípios de Belmonte, Santa Cruz Cabralia, Porto Seguro e Prado**. Salvador: CBPM, 2000.

DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L. e BITTENCOURT, A.C. da S.P. Episodes of severe erosion in the Jequitinhonha river strandplain caused by changes in river discharge and coastal wave climate. In. **IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**. (Recife, Brazil), 2003. CD, 3p

DREW, D. **O homem e a ação no meio físico**. In: Processos interativos homem – meio ambiente. Tradução de João Alves dos Santos. São Paulo: DIFEL, 1986. Cap. 2, p. 19-107.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro. SNLCS, 1997.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SPI, Brasília, 2.ed. 2006. 367p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, EMBRAPA, Produção de Informação; Rio de Janeiro 2º ed: Embrapa solos, 1999. 412p.

ENGEVIX. **Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Itapebi**. Rio de Janeiro, 1995a.

ENGEVIX. **RIMA-Relatório de Impacto do Meio Ambiente do Aproveitamento Hidrelétrico de Itapebi**. Rio de Janeiro, 1995b.

FARINA, A. **Principles and methods in landscape ecology**. Londres: Chapman & Hall, 1998. 235 p.

FONTES, L.C.S. **Erosão Marginal no Baixo Curso do Rio São Francisco**. Um Estudo de Caso de Impactos Geomorfológicos à Jusante de Grandes Barragens, 2002. 249 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Núcleo de Pós-Graduação e Estudos do Semi-Árido Programa Regional de Pós-Graduação, Universidade Federal de Sergipe) UFS, Aracaju - Sergipe 2002.

GAVIÃO, A. B. **Gestão de conflitos ambientais frente à implantação de hidrelétricas: estudo de caso do aproveitamento hidrelétrico de Itapebi/BA** 2006. 127 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Salvador – UNIFACS. Mestrado em Regulação da Indústria de Energia- Salvador 2006.

GEOTÉCNICA S.A./DHV. 1994. Plano diretor de recursos hídricos para os vales do Jequitinhonha e Pardo. MMA, SRH, relatório 7, volume 1, síntese.

GODFREY-SMITH, D. I. et al. Optical dating studies of quartz and feldspar sediment extracts. **Quaternary Science Reviews**, Amsterdam, v.7, p.373–380, 1988.

GOUVÊA, J.P.S. Contribuição ao conhecimento da geomorfologia do sul da Bahia. **Notícia Geomorfológica**, 11(21), Campinas, 1971. p. 41-46.

GRAF, W.L. Downstream hydrologic and Geomorphic effects of large Dams on American Rives. **Geomorphology**.N<sup>o</sup> 79, 2006. p. 336-360.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J, T. **Dicionário Geológico Geomorfológico**. 6<sup>a</sup>ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. 648 p.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos organização** – 2<sup>a</sup> ed.- rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, 472 p.

GUERRA, A. J.T.; CUNHA, S. B. da (Orgs). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 4.ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, A. J. T. e MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental** – 1<sup>a</sup> ed.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006, 192 p.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 149-209.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340 p.

HODGE, W., J. Kaden, J. Westerfelt, and W. Goran. **Integration of a Watershed Model with a GIS Database**. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.1986.

HUNTLEY, D. J. et al. Optical dating of sediments. **Nature**, New York, v. 313, p. 105-107, 1985.

HUNTLEY, D. J. et al. Thermoluminescence spectra of some mineral samples relevant to thermoluminescence dating. **Journal of Luminescence**, Oxford, v. 39, p. 123 –136. 1988.

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Diagnóstico ambiental da bacia do rio Jequitinhonha: diretrizes gerais para a ordenação territorial**. Departamento de Recursos Naturais, 1997. Disponível em:  
<ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursosnaturais/diagnosticos/jequitinhonha.pdf>. Acessado em: ago.,2009.

ICOLD. **80 Years – Dams for Human Sustainable Development**. Paris: International Commission on Large Dams. 2011.

INEMET – Instituto Nacional de Meteorologia. (s.d). Acesso de ago de 2010 a mar. de 2011, disponível em INEMET – Instituto Nacional de Meteorologia: <http://www.inmet.gov.br>

JOHNSON, L. B., & CAGE, S. H. **Landscapes approaches to the analysis of aquatic ecosystems**. Freshwater Biology, v. 37, p. 113-132, 1997.

KEMPER, W. D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK,C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E., eds *Methods of soil analysis : physical and mineralogical propeties, including statistes of measurement and sampling*. Part 1. Madison, **American Society of Agronomy**, 1965. p. 499-510.

KNIGHTON, D. **Fluvial Forms and Process**. London: E. Arnold, 1984. p. 218.

KUHN, T. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Hucitec São Paulo, 1998. p. 252.

LATRUBESSE, E.M. Patterns of Anabranching channels: the ultimate end-member adjustments of mega-rivers. **Geomorphology**, v. 101, p.130-145, 2008.

LATRUBESSE, E. M., STEVAUX J.C. and SINHA R. Tropical Rivers, **Geomorphology**, v. 70, p.137-206, 2005.

LATRUBESSE E., M. AMSLER, MORAIS R.P. and AQUINO S. The Geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: the case of the Araguaia River. **Geomorphology**, v. 113, p. 239-252, 2009.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. **Fluvial processes in geomorphology**. Freedman, San Francisco, 1964. p. 319.

LEPSCH, I. **Formação e conservação do solo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LEVANTEZA, M. B.; PEREZ FILHO, A. P. Geomorfologia antropogênica: alterações na evolução dos canais de primeira ordem na bacia hidrográfica do córrego da aroeira (Mira Estrela-SP), decorrentes da construção da barragem de água vermelha. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada** 06 à 10 de jul. 2009, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2008l. Disponível em CD ROM.

MA, R.C.C. e COSTA. I.V.G. Roteiro de excursão geológica a planície costeira do rio Jequitinhonha (B.4) e *hs* turfeiras associadas. *XXII Congr. Bras. Geol.*. Salvador, Boletim n:' 3, *Roreiro da,s Exeursdes*: p. 201-235. 1982c - Evolução paleogeográfica do delta do rio Jequitinhonha durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar. In: K. Suguio *et al.* (eds.), *Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil*, 1982, Rio de Janeiro: p. 69-82. UNESCO - 1971 - Discharge of selected rivers of the World. *Serie Srudies in Hidrology*. Paris, n. 2, p.194, 1982

MARTIN, L. et al. Schéma de la sédimentation quaternaire sur la partie centrale du littoral brésilien. **Cahiers ORSTOM, Série Géologie**, v.13, p. 59-81, 1983.

MARTINS, A. M. et al. Extremo Sul da Bahia: geologia e recursos minerais. Salvador: **CBPM, 2004. 55p.: il p. (Série Arquivos Abertos 19)**.

MATTOS, S. H. V. L. PEREZ FILHO, A. Complexidade e Estabilidade em Sistemas Geomorfologicos: Uma Introdução ao Tema. **Revista brasileira de geomorfologia**, Goiania, v. 5, p. 11-18, 2004.

MEDAUAR, O. (org.). **Constituição Federal do Brasil**: coletânea de legislação de direito ambiental. 4.ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2005.

MILLER, J. G. Living Systems: Basic Concepts, **Behavioral Science**, 1965. v. 10, p.193-237.

MORAES FILHO, J.C.R.; MELLO, R.C.; SAADI, A. *Geologia*. Projeto Porto Seguro/Santa Cruz Cabralia. Salvador : CPRM-SUREG/SA. 1999.

MOREIRA, M. D. **Aplicações dos Minerais e Rochas Industriais**. Salvador: SBG-Núcleo Bahia-Sergipe, 1994, v. 87 p. il.

MOREAU, A. M. S. S. **Gênese, mineralogia e micromorfologia de horizontes coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia.** 2001. 194p. (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

MORGAN, J. P. Depositional processes and products in the deltaic environment. **Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication**, v. 15, p. 31-47, 1970a.

MORGAN, J. P. Deltaic Sedimentation: Modern and Ancient. **Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication**, v. 15, p. 312, 1970b.

MORGAN, J. P., COLEMAN, J. M.; GALLIANO, S. M. Mudlamps: diapiric structures in Mississippi delta sediments. *In* Diapirisms and diapirs. *AAPG Memoir*, 1968, v. 8, p. 145-161.

MORRIS, G., L., & FAN, J., **Reservoir sedimentation handbook.** McGraw – Hill. New York, NY. 1997.

MIDDLEJ, M. M. B C. **Universidade e região: territorialidade da Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC.** Tese (doutorado) – Doutorado em Educação, UFBA - Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Educação, 2004, Salvador, BA, 273 p.

MUNSELL COLOR Co., **Munsell Soil Color Charts.** Baltimore, Munsell Color., 1946. 16p.

NASCIMENTO, D. M. C., **Dinâmica de ocupação e dos processos naturais dos municípios de Belmonte e Canavieiras (Bahia) e suas implicações para a elaboração de um zoneamento ambiental: uma contribuição à gestão da zona costeira.** 2007. 330 p. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

\_\_\_\_\_. O reordenamento da calha do rio Jequitinhonha no controle de inundação na cidade de Belmonte na Bahia, Brasil. *In*: **XIII Encuentro de Geógrafos da América Latina**, 2011, San Jose - Herédia. Estableciendo puentes en la geografía de Latinoamérica. San Jose - Herédia : Universidad Nacional Costa Rica, 2011.

NANSON, G.C. & CROKE, J.C. **A genetic classification of floodplains.** *Geomorphology*, n. 4, p. 459-486, 1992.

NANSON, G.C.; KNIGHTON, A.D Anabranching rivers: Their cause, character, and classification. **Earth Surface Processes and Landforms**, 1996. v. 21, n. 3, p. 217–39.

NEGRI, M. P. Fossil mollusc-faunas: Their bearing on the Holocene evolution of the Lower Central Plain of Bangkok (Thailand). **Journal of Asian Earth Sciences**, n. 35, p. 524–544, 2009.

NEITSCH, S.L.; et al. **Soil and water assessment tool – Theoretical documentation**: Version 2000. Temple: Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 2002.506p.

NEVES, B. B. B.; CORDANI, U. G. Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic. **Precambrian Research**, n. 53, p. 23- 40, 1991.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent**: an introduction to anthropic geomorphology. Jerusalém: Ketem Pub. House, 1983. 165p.

OETTER, D. R.; COHEN, W. B.; BERTERRETICHE, M.; MAIERSPERGER, T. K.; KENNEDY, R. E. Land cover mapping in an agricultural setting using multiseasonal Thematic Mapper data. **Remote Sensing of Environment**, v. 76, p.139-155, 2000.

OLIVEIRA, H.T; Potencialidades do uso educativo do conceito de bacia hidrográfica em programas de educação ambiental: In Schiavetti, A. Camargo, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações/** Ilhéus, Ba: Editus, 2002. p.125-138.

OLIVEIRA M.Q.C., MEDEIROS Y.D.P., DOMINGUEZ J.M.L. Hydrologic modeling of Jequitinhonha river basin (Brazil). **Resumos**. Simposio Internazionale di Ingegneria Ambientale Taormina SIDISA. 23-26 Giugno. 2004.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico, **Estudos de consistência e reconstituição de séries de Vazões naturais nas bacias dos rios Parnaíba, Jequitinhonha e doce, Relatório**, vol.1 out. 2008.

PATTERSON W.P.; SMITH G.R.; LOHMANN K.C. Continental paleothermometry and seasonality using the isotopic composition of aragonitic otoliths of freshwater fishes. **In Climate Change in Continental Isotopic Records** (ed. P. K. Swart, K. C. Lohmann, J. McKenzie and S. Savin) v. 78, p. 191–202, 1993.

PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. N.; VIDAL, P.; MONTEIRO, R. L. B. P. Discussão sobre novo modelo tectônico para a faixa Araçuaí. **Rev. Escola de Minas**, v. 45, n. 1-2, p. 38-40, 1992.

PEDROSA-SOARES, A. C., NOCE, C. M.; WIEDEMANN, M. C.; PINTO, C. P. The Araçuaí-West Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. **Precambrian Research**, n. 110, p. 307- 323, 2001

PELOGGIA, A. U. G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 16, p. 24-31, 2005.

PEREZ FILHO, A.; DONZELLI, J. L.; LEPSCH, I. F. Relação solos-geomorfologia em várzea do Rio Mogi Guaçu. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, p. 181-187, 1980

PEREZ FILHO, A. *et al.* Análise de uma topossequência de solo no Vale do Mogi-Guaçu. **Revista de Geociências**: p. 33-41, 2001.

PEREZ FILHO, A. Sistemas Naturais e Geografia. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; ELIAS, D. (org.). **Panorama da Geografia Brasileira**. São Paulo: Annablume, 2007, v. 01, p. 333-336.

PEREZ FILHO, A.; SOARES, P. R. B.; ESPÍNDOLA, C. R. Processos erosivos e reativação de canais de drenagem no planalto ocidental paulista. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, 9., 2001, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2001. v. 1. p. 84-85.

PETTS, G.E. Long term consequences of donwstream impoundment. **Environmental Conservation**, v. 7, p. 325 – 332, 1980.

PIGATI et al. Radiocarbon dating of minute gastropods and new constraints on the timing of late Quaternary spring-discharge deposits in southern Arizona, USA. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 204, p. 33-45, 2004.

RICHARDS, K. **Rivers: forms and process in alluvial channels**. London: Metthuen, 1982.

ROCHA, P. C. SOUZA FILHO, E. E. Erosão marginal em canais associados ao Rio Paraná na região de Porto Rico (PR). **Boletim Paranaense de Geociências**, v, 44, p. 97-114, 1996.

ROCHA, P. C. SOUZA FILHO, E. E. Avaliação preliminar das principais condicionantes da intensidade de processos erosivos nos canais do sistema de Inundação do Alto Rio Paraná. In: Anais do **VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Belo Horizonte, 1999.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de Bacias Hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (org.) **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em Geografia eanálise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. Cap. 9, p. 147-166.

RODRIGUES, C.; A, S. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: um exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 17, p. 101-111, 2005.

\_\_\_\_\_. On anthropogeomorphology. In: REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY, Rio de Janeiro. **Anais...** Regional Conference on Geomorphology, 1999

\_\_\_\_\_. Técnicas fundamentais para o estudo de Bacias Hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (org.) **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em Geografia eanálise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. Cap. 9, p. 147-166.

RODRIGUES, T. R. I. **Influência de reservatórios hidrelétricos na gênese e evolução da rede de drenagem no baixo curso do Rio São José dos Dourados (SP)**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica) -, Faculdade de Engenharia Agrícola Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2007.

ROSSETTI, D. F. Ambientes Costeiros, in: FLORENZANO, Teresa Gallotti (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Oficina de Textos, São Paulo, SP, 2008. Cap. 9.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo, Contexto. 1998.

ROSS, J. L. S. **O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo**. In: Revista do Departamento de Geografia. FFLCH/USP. São Paulo, n. 6, 1992.

\_\_\_\_\_. Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas : Ancoras do Planejamento e Gestão Ambiental . **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 12, 1998.

SAMPAIO, A. R. *et al.* Projeto Extremo Sul da Bahia: Estado da Bahia: Geologia e Recursos Minerais / Antonio Rabêlo Sampaio e outros; organização e síntese por José Carlos V. Gonçalves e Roberto Campêlo de Melo. – Salvador: CBPM, 2004. 64 p.: il. color. + 1 mapa + 1 CD-ROM - (Série Arquivos Abertos;19).

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª Edição. Viçosa: SBCS, 2005. 92p.

SANTOS, M. L. et al. Geologia e geomorfologia da planície aluvial do Rio Ivaí em seu curso inferior **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.9, n.1, p.23-34, 2008

SCOTT, A.J.; FISHER, W.L. Delta system and deltaic deposition. Discussion notes. Austin, Department of Geological Sciences, **Bureau of Economic Geology**, University of Texas.1969.

SCHIAVETTI, et al.; Caracterização sócio-ambiental da bacia hidrográfica do rio Cachoeira, Sul da Bahia, Brasil: In Schiavetti, A. & Camargo, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações/** Ilhéus, Ba: Editus, 2002. p.141-161.

SCHUMM, S.A. Explanation and exploration in geomorphology: seven reasons for h geologic uncertainty. **Transactions Japanese geomorphologic union**, n.6, p. 1-18, 1985.

SCHUMM, S.A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. **Geological Society of America Bulletin**. v. 74, n. 9, p. 1089-1100, 1963.

SCRUTON, P.C. **Delta building and the deltaic sequence**. In: SHEPARD, F.P., PHLEGER, F.B. e van ANDEL, T.H. (Eds.). **Recent Sediments, Northwest Gulf of Mexico**. American Association of Petroleum Geologists, p. 82-102, 1960.

SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia; **Informações Geoambientais**. 2011.

Disponível em: [www.sei.ba.gov.br](http://www.sei.ba.gov.br) : acesso em: 23 jun. 2011.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Mapas digitalizados do Estado da Bahia: base de dados**. Salvador: SEI, 2004. (CD-ROM).

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Uso e ocupação das Terras das bacias do Jequitinhonha e Extremo Sul da Bahia**. Salvador: SEI, 2008. (CD-ROM).

SILVA, V. A., et al. A utilização de técnicas de geoprocessamento para modelagem de cenários de uso e perda de solo na bacia hidrográfica do rio Colônia no litoral sul da Bahia (Brasil), **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, Mai. de 2010**, Disponível em:

<http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema4/vinicius>

Acesso em: 03 de ago. 2011.

SIMON, A. L. H. A e CUNHA C. M. L. da Utilização de imagens do google earth na identificação de feições geomorfológicas Antropogênicas. **1º Simpósio de Geografia do Estado de São Paulo SIMPGEO-SP e VIII Seminário de Pós- Graduação Geografia da UNESP-Rio Claro –São Paulo**, 17 a 19 de novembro de 2008.

SOCTCHAVA, V. B. O Estudo de Geossistemas. **Métodos em questão**, 16. IG-USP. São Paulo, 1977.

\_\_\_\_\_. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **BioGeografia. IG-USP**. São Paulo, 1978

SOUSA N. L. P. (et al); **Hidrologia Básica** São Paulo, ed. Edgard Blucher, FENAME 1976.

SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J . Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996. disponível em <http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/spring.pdf>, acesso em jul. 2011

SPIX, J. B.. **Viagem pelo Brasil: 1817-1820/Spix e Martius**. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 1981. 3v. (Coleção Reconquista do Brasil; nova sér.; V. 46).

STORANI. D. L., **Geossistemas e fragilidade de terras na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu/SP**. 2010. 111f. Dissertação (Mestrado em geografia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

STRAHLER, NA. **Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency. Distrib. Anal.** American Journal of Science, v. 248, n.10, p. 673-696 e v. 248, n. 11, p. 800-814, 1952.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v.8, p. 913-920, 1964.

SUGUIO, K. e BIGARELLA, J.J. Ambiente Fluvial. In: BIGARELLA, J.J. SUGUIO, K. BECKER, R.D. (Eds.). **Ambientes de sedimentação: sua Interpretação e importância.** Curitiba, Editora da Universidade Federal do Paraná-Associação de Defesa e Educação Ambiental. p. 1-183, 1979.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais:** (passado + presente = futuro?). São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2003.

TAVARES, L. H. D. **História da Bahia.** Salvador: Correio da Bahia, 2000. p. 332.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, IBGE, SUPREN, 1977.

TRICART, J.F.L. Paysage et écologie. Revue de Géomorphologie dynamique: géodynamique externe. **Études intégrée du milieu naturel**, XXVIII, n. 3, 1979. p. 81-95.

TRICART, J. e CARDOSO DA SILVA, T. – **Estudos de Geomorfologia da Bahia e Sergipe.** Salvador, Fundação para o Desenvolvimento da Ciência na Bahia, 1968. p. 167.

TRICART, J. e KILLIAN, J. – **L'Eco-géographie et l'aménagement du milieu naturel.** Paris, François Maspero, 1979.

TROMPETE, R. **Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma).** Amsterdam: Balkema, 1994. p.350.

TROMPETE, R. *Neoproterozoic (~600 Ma) aggregation of Western Gondwana: a tentative scenario.* **Precambrian Research**, v. 82, p. 101-112, 1997.

TUCCI C. E. M., CLARKE R.T.; Impacto das Mudanças da Cobertura Vegetal no Escoamento: Revisão. **RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Vol. 2 n. 1. 135-152, Jan/Jun 1997

TUCCI C. E. M. **Modelos Hidrológicos.** 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005. P. 678.

VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP.** 2001. 144 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo. 2001.

VALERIANO, M. M. **Estimativa de variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem da perda de solo.** 1999. 172 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1999.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3595-3602. Disponível na biblioteca digital URLib:

<<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/10.29.11.41/doc/3595.pdf>>. Acesso em 12 jan. 2011.

YAGOW, R.E., V.O. SHANHOLTZ, e J.M. FLAGG. Agricultural NPS Model applications with PC-Based GIS. ASAE Paper no. 922013. **American Society of Agricultural Engineers**, CHARLOTTE, NC. 1992.

WARD, J.V. and STANFORD, J.A. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In: FONTAINE III, T.D. and BARTELL, S.M., ed. **Dynamics of lotic ecosystems**. Michigan: Ann Arbor Science. 1983. p. 29-42.

WARD, J.V. and STANFORD, J.A. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain river. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. 10, p. 59-168, 1995.

WRIGHT, L. D. River deltas. *in*: Davis, R. A. (editor). **Coastal sedimentary environments**. Nova York: Springer – Verlag, 1978, p. 5-68.

ZACHAR, D. Soil erosion: developments in soil science. New York: **Elsevier Scientific**, 1982. 547p.

ZANCOPÉ, M. H. C. **Análise morfodinâmica do rio Mogi Guaçu**. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, 2008. Tese de doutorado.

ZANCOPÉ, M. H. C.; PEREZ FILHO, A. Considerações a respeito da distribuição das planícies fluviais do Rio Mogi Guaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 1, p. 65-71, 2006. 77

ZANCOPÉ, M.H.C., PEREZ FILHO, A. Estudo dos padrões de canal fuvial do Rio Mogi Guaçu. In: MENDES, A. A.; LOMBARDO, M. A. (Org.). **Paisagens Geográficas e Desenvolvimento Territorial**. Rio Claro: PPGG/Ageteo, p. 141-153, 2005.

ZANCOPÉ, M. H. C., PEREZ FILHO A.; CARPI JR, S. Anomalias no Perfil Longitudinal e Migração dos Meandros do Rio Mogi Guaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10,n.1, p.31 -42, 2009.



## REFERÊNCIAS CONSULTADAS

AMORIM, R, R; OLIVEIRA, R, C; Degradação Ambiental e Novas Territorialidades no Extremo Sul da Bahia. **Revista Caminhos da Geografia**. Uberlândia MG. V.8, n. 22 set/2007 p.18-37

BITTENCOURT, M. Assoreamento do rio Jequitinhonha prejudica a pesca. **Jornal A TARDE**. Publicado em 14/12/2010.

CBDB – Comitê Brasileiro de Barragens. 2009. **Cadastro de Barragens**. Disponível em: <http://www.cbdb.org.br>. Acessado em: 2010.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. 2009. **Usina de Hidrelétrica de Irapé**. Disponível em: <http://www.irape.com.br>. Acessado em: 2011.

CENCINI C. Physical Processes and Human Activities in the Evolution of the Po Delta, Italy, **Journal of Coastal Research**, v. 14, n. 3, p. 774–793, 1998.

CEPLAC - Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira / Centro de Pesquisas do Cacau CEPLAC/CEPEC: **setor de climatologia**. 2005. [www.ceplac.gov.br/pesquisa](http://www.ceplac.gov.br/pesquisa) . Acesso em 15/09/2011.

CEPLAC - Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira / Centro de Pesquisas do Cacau CEPLAC/CEPEC: **Reconhecimento Climatológico**. Rio de Janeiro: IICA/CEPLAC, 1975a. 89 p. (Diagnóstico Sócio-econômico da Região Cacaueira nº. 4 ).

CEPLAC - Comissão Executiva do Plano de Recuperação da Lavoura Cacaueira. CEPLAC/CEPEC: **Recursos Florestais**. Rio de Janeiro: IICA/CEPLAC, 1975b. 280 p.(Diagnóstico Sócio-econômico da Região Cacaueira nº. 7).

CUNHA, S. B.; GUERRA A. J. T. (Org.). **Diagnose dos sistemas ambientais**. In: Avaliação e perícia ambiental. Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL, 1999. Cap. 3, p. 115-168.

DI LUZIO, M.; SRINIVASASAN, R.; ARNOLD, J.G.; NEITSCH, S.L. **Arc view Interface For SWAT 2000: User`s Guide: Version 2002**. Temple: Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 2002.345p. Divisão de Processamento e Imagem DPI. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/> > acessado em: 27 jun. 2007.

FAO. *Food and Agriculture Organization for the United Nations*., **A Framework for land Evaluation**. Roma, 1976, 72p.

GENZ, F.; **Avaliação dos efeitos da Barragem Pedra do Cavalo sobre a Circulação Estuarina do Rio Paraguaçu e Baía de Iguape**. 2006. 266 f. Tese (Doutorado em Geologia) Instituto de geociências - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

GREGORY, K. J. A Natureza da Geografia Física. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992. 367 p.

GREGORY, K. J. e WALLING, D. E. Drainage Basin Form and Process. New York: John Wiley, 1973.

GREGORY, D. I.; SCHUMM, S. A. The effect of active tectonics on alluvial river morphology. In: RICHARDS, K. (ed.) **River channel: environment and process**. Oxford: B. Blackwell, 1987. Cap. 3, p. 41-68.

HIDROWEB – Sistema de Informações Hidrológicas. **Dados Hidrológicos**. Agência Nacional das Águas – ANA. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acessado em: 2008 à 2011.

IBGE–INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, cidades @, Brasília, 01/07/2011.> Disponível em: [www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/):< acesso em 06 jul. 2011.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acessado em: mai, 2011.

MARTIN, L., BITTENCOURT, A.C.S.P. & VILAS BOAS, G.S. **Differentiation sur photographies aériennes des terrasses sableuses pléistocènes et holocènes de l'État de Bahia (Brésil). Photointerpretation**, v. 20, n. 3, p. 4.5.1-4.5.10, 1981.

MARTIN L., SUGUIO K., FLEXOR J.M. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica de "deltas" brasileiros. **Boletim IG-USP: Publicação Especial**, v. 15, p. 1-186, 1993.

MARTIN L., SUGUIO K., FLEXOR J.M., DOMINGUEZ J.M.L., BITTENCOURT A.C.S.P. Quaternary sea-level history and variation in dynamics along the Central Brazilian coast: consequences on coastal plain construction. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, p. 303-325, 1996.

MARTINS M.L. **O Jequitinhonha dos viajantes, séculos XIX e XX: olhares diversos sobre as relações sociedade – natureza no nordeste mineiro**. Varia Historia, v. 24, n. 40, p. 707-728, 2008.

MATEO , J. - A dimensão Política do Desenvolvimento Sustentável há Dez Anos da Cúpula do Rio; Ciência Geográfica. Ensino - Pesquisa- Método; **AGB- Bauru, S.P., Brasil**, Ano VIII, v. II, n. 22, 2002, p. 10-18.

M. J., E.V. DA SILVA, A.P. CAVALCANTI., **Geocologia das Paisagens. Uma visão geossistêmica da análise ambiental**; Editora UFC, Fortaleza, Brasil, 2007. 222 p.

MONTEIRO, C.A.F. **Geossistemas: a história de uma procura**. Org. e rev. ROCHA, Y.T. et al. São Paulo: Contexto/Geousp, 2000. 127 p. (Novas abordagens, 3).

PIRES M. M. (org.) **Manual para elaboração de trabalhos técnicos-científicos**. 3. ed. Ilhéus: Ed UESC/Editus, 2006. 107 p.

ROCHA, P. C. **Dinâmica dos canais no Sistema Rio-planície fluvial do alto Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. Maringá, 2002. Tese de doutorado. Programa de Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA. E. V. da & CAVALCANTI. A.P. B. **Geocologia da Paisagem – uma análise geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Edições: UFC, 2004.

\_\_\_\_\_. **Geocologia da Paisagem - uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2ª ed. Edições: UFC, Fortaleza, 2007.

ROMARIZ, D. A. **Biogeografia: Temas e Conceitos**. São Paulo: Scortecci, 2008

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídio para o planejamento ambiental**. Oficina de Texto. Rio de Janeiro, 1998.

QUEIROZ I.G. **Produção de sedimentos e alterações no regime hidrossedimentológico da bacia hidrográfica do rio Mucuri – repercussão na zona costeira**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pósgraduação em Geologia, Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003. p. 109.

SAITO Y., YANG Z., HORI K. The Huanghe (Yellow River) and Changjiang (Yangtze River) deltas: a review on their characteristics, evolution and sediment discharge during the Holocene. **Geomorphology**, v, 41, p. 219–231, 2001.

SANTOS M. **Expedição Jequitinhonha: relatório**. Núcleo de Estudos e Pesquisas da Escola do Legislativo. Assembléia Legislativa do Estado de Minas Gerais. 2004.

Disponível em:  
<http://www.almg.gov.br/bancoconhecimento/Monografias/Relatorio%20Jequitinhonha.pdf>.  
Acessado em: mai, 2010.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, n. 67, p. 597-646, 1956.

SCHUMM, S. A. **The fluvial system**. N. York: J. Wiley & Sons, 1977.

SCHUMM, S. A. River response to baselevel change: implications for sequence stratigraphy. **The Journal of Geology**, Chicago, v. 101, n. 2, p. 279-294, 1993.

STRAHLER, NA. *Hypsometric (area –altitude) analysis of erosional topography*. **Geol. Soc. America Bulletin**, v. 63, n. 10, p. 1 117-1 142, 1952.

TROPFMAIR, H. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: Ed. Unesp/IGCE, 2000. 105 p.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica e Geografia. **Revista Geografia**, 2003. v. 28, n. 03.

ZANCOPÉ, M. H. C. **Estudo dos padrões de canal fluvial do Rio Mogi Guaçu – SP**. 2004. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Inst. de Geociência e C. Exatas, UNESP, Rio Claro, 2004.

# ANEXOS



**CARACTERIZAÇÃO DO REGIME HIDROLÓGICO DO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
JEQUITINHONHA**

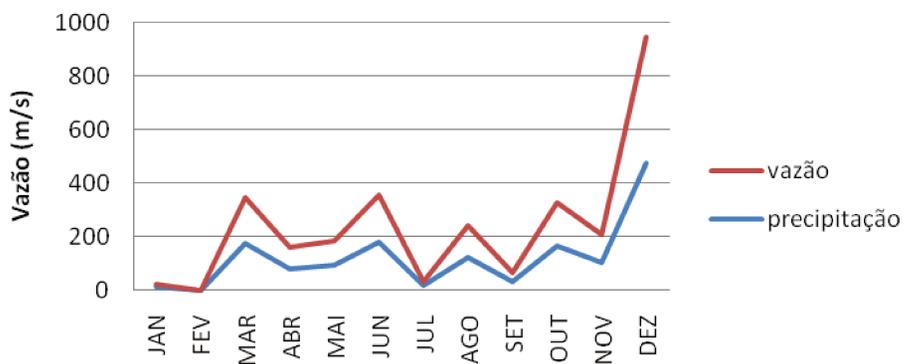
ANO	PRECIPITAÇÃO												MED	TOTAL ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
1989	11,2	0	172,9	79,7	92,1	177	'	121,1	33,2	164,5	104,2	473,2	130	1429,1
1990	45,6	83	8,3	55,5	28,5	77	31	114	41	233,4	186,7	213	93	1117
1991	133,3	26,4	121	65	128	86,8	55,6	86,3	18,4	81	210,8	149	97	1161,6
1992	277,4	263,2	139	26	58,5	80	70,1	91	82	99,4	160,6	208,4	130	1555,6
1993	85,4	129,4	7	98,8	58,4	150,2	75,6	28	9	97,2	96	114,2	79	949,2
1994	81,6	91,2	148,8	115	93	27,2	167,6	49,4	47,6	107,4	145,6	93,6	97	1168
1995	37	1	90,6	142,4	86,4	46,2	183,2	56,6	43,4	65,2	157,2	206,4	93	1115,6
1996	38,3	22	141,6	54,4	6	32,2	6	64,4	76,6	77	275,1	73,4	72	867
1997	55,4	143	291,2	135,4	50,3	59,2	69,3	27	70,1	74,1	32	131,4	95	1138,4
1998	102,6	2	76,7	81,1	90,8	13,1	55,3	47,1	95,5	111,5	191,8	127,9	83	995,4
1999	40,1	77	167,7	139,5	97,5	46,4	166,1	70,6	25	48,2	192,7	297,7	114	11496,9
2000	119,6	191,8	245,7	108,6	77,3	30,4	83,5	46,3	60,9	59,9	189,8	285,4	125	1499,2
2001	41,1	29,6	90	177,5	53,7	128,5	89	89,2	49,4	130,3	13,6	116,4	84	1008,3
2002	274,3	78,6	139,2	81,8	78,1	93,6	88,3	99,2	174,6	35,7	77,2	193,9	118	1414,5
2003	3,4	94,5	38,3	144,4	63,7	13,9	68,6	48,2	53,7	84,8	28,1	6,8	54	648,4
2004	127,6	236,3	218,8	92,8	141,4	81,4	84,1	20	21	55,9	238,3	17,3	111	1334,9
2005	59,7	216,3	113,2	173,3	103,4	142,2	49,7	71,2	39,4	16,6	203,1	89,7	106	1277,8
2006	170,2	43,8	263,3	114,6	11,9				14,6	68,6	256,2	96,4	116	1039,6
2007	55,6	260,9	104	143,5	33	29	69,4	59,7	51,4	57,2	233,6	152,6	104	1249,9
2008	78	115,3	74,3	52,9	7,7	98,6	43,9	16,3	12,3	60,8	154,8	176,5	74	891,4
2009	189,9	47,2	112,3	189,7									135	

**VAZÃO**                      m3/s

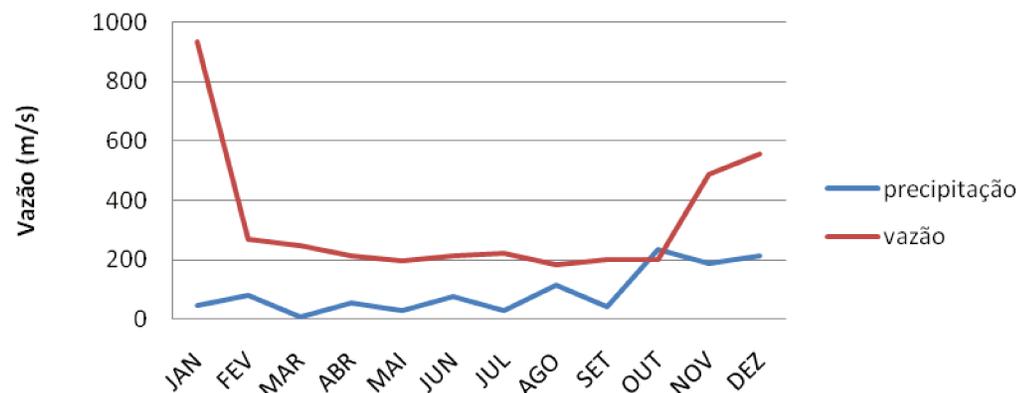
<b>ITAPEBI (188)</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>	<b>MED</b>	<b>TOTAL ANUAL</b>
<b>1988</b>	559	475	351	217	168	172	148	129	130	178	311	911	312	3749
<b>1989</b>	280	261	478	218	148	151	157	132	123	269	331	3055	467	5603
<b>1990</b>	933	271	248	214	196	212	222	183	203	202	489	556	327	3929
<b>1991</b>	952	549	497	304	225	290	199	194	190	224	539	406	381	4569
<b>1992</b>	1917	3572	736	342	289	216	192	165	142	328	1478	2539	993	11916
<b>1993</b>	1221	499	299	282	233	135	116	89	81	179	223	501	322	3858
<b>1994</b>	590	197	999	405	237	174	156	128	84	64	241	409	307	3684
<b>1995</b>	205	289	256	344	155	94	68	62	55	67	272	860	227	2727
<b>1996</b>	548	177	158	158	90	67	50	45	39	59	702	505	217	2598
<b>1997</b>	737	188	984	333	202	135	99	76	60	80	118	591	300	3603
<b>1998</b>	294	304	163	98	60	51	43	37	24	65	678	1018	236	2835
<b>1999</b>	372	134	558	145	122	84	74	57	46	61	483	787	244	2923
<b>2000</b>	700	460	634	258	168	119	107	88	94	74	479	1070	354	4251
<b>2001</b>	343	163	163	94	93	82	65	59	53	126	364	303	159	1908
<b>2002</b>	1608	1045	347	204	141	127	115	91	100	110	235	523	387	4646
<b>2003</b>	817	226	161	160	88	55	48	45	56	43	90	113	159	1902
<b>2004</b>	608	630	951	765	228	153	138	90	147	191	158	444	375	4503
<b>2005</b>	367	661	608	184	139	148	97	78	59	50	354	1126	323	3871
<b>2006</b>	214	103	570	516	181	123	105	84	83	186	1008	1351	377	4524
<b>2007</b>	513	931	344	226	166	138	107	93	67	57	119	338	258	3099
<b>2008</b>	206	315	355	233	130	70	66	48	34	49	252	959	226	2717
<b>TOTAL MENSAL</b>	13984	11450	9860	5700	3459	2796	2372	1973	1870	2662	8924	18365		
<b>MAX</b>	1917	3572	999	765	289	290	222	194	203	328	1478	3055	993	
<b>MIN</b>	205	103	158	94	60	51	43	37	24	43	90	113	159	
<b>MED TOTAL</b>	666	545	1333	1182	926	543	320	260	219	182	173	249	864	
<b>MED - 10</b>	749	617	470	265	182	154	132	113	103	156	489	1032	372	
<b>MED + 10</b>	575	467	469	278	146	110	92	73	74	95	354	701	286	
<b>MAX</b>	2508	4124	1594	1465	572	390	313	255	228	531	1579	3055	993	

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MED
1989	280	261	478	218	148	151	157	132	123	269	331	3055	312
1989	11,2	0	172,9	79,7	92,1	177	15,6	121,1	33,2	164,5	104,2	473,2	
1990	933	271	248	214	196	212	222	183	203	202	489	556	
1990	45,6	83	8,3	55,5	28,5	77	31	114	41	233,4	186,7	213	93

### INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE 1989 EM ITAPEBI

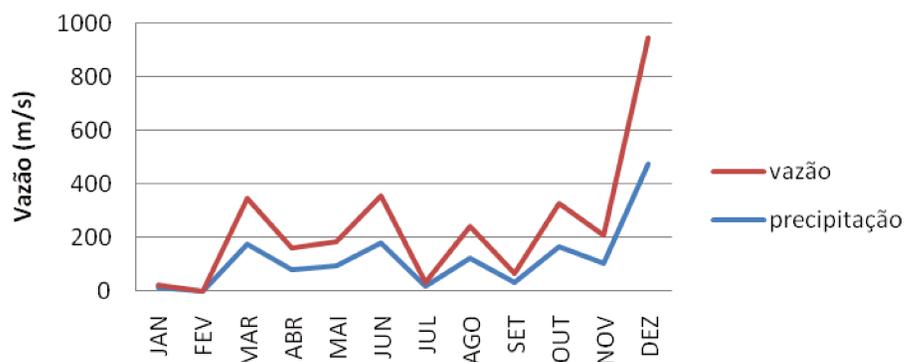


### INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE 1990 EM ITAPEBI

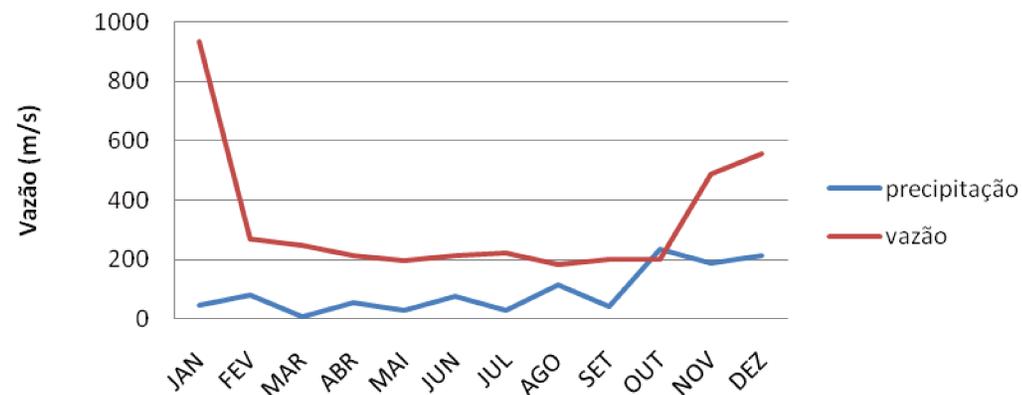


	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MED
1989	280	261	478	218	148	151	157	132	123	269	331	3055	312
1989	11,2	0	172,9	79,7	92,1	177	15,6	121,1	33,2	164,5	104,2	473,2	
1990	933	271	248	214	196	212	222	183	203	202	489	556	
1990	45,6	83	8,3	55,5	28,5	77	31	114	41	233,4	186,7	213	93

### INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE 1989 EM ITAPEBI



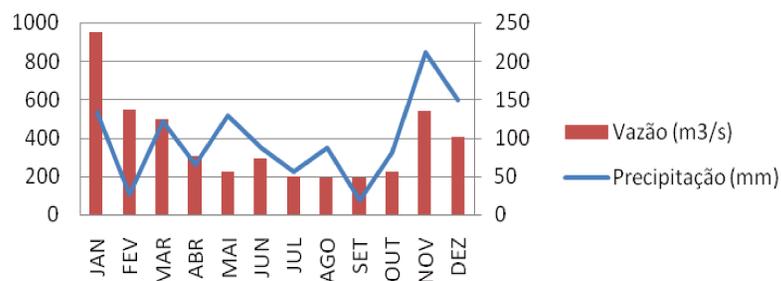
### INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE 1990 EM ITAPEBI



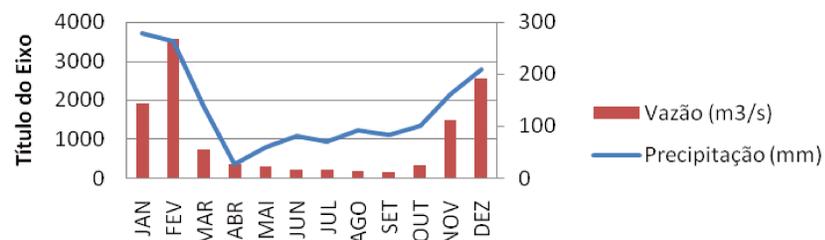
<b>1991</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>
Precipitação(mm)	133,3	26,4	121	65	128	86,8	55,6	86,3	18,4	81	210,8	149
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	952	549	497	304	225	290	199	194	190	224	539	406

<b>1992</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>
Precipitação(mm)	277,4	263,2	139	26	58,5	80	70,1	91	82	99,4	160,6	208,4
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	1917	3572	736	342	289	216	192	165	142	328	1478	2539

**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE 1991 EM ITAPEBI**



**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE DE 1992 EM ITAPEBI**

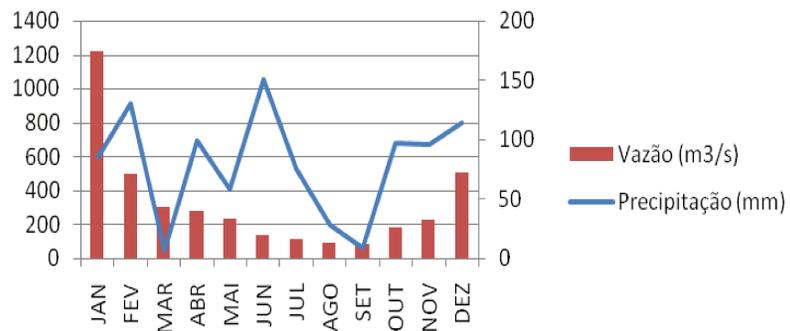


<b>1993</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>
Precipitação(mm)	85,4	129,4	7	98,8	58,4	150,2	75,6	28	9	97,2	96	114,2
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	1221	499	299	282	233	135	116	89	81	179	223	501

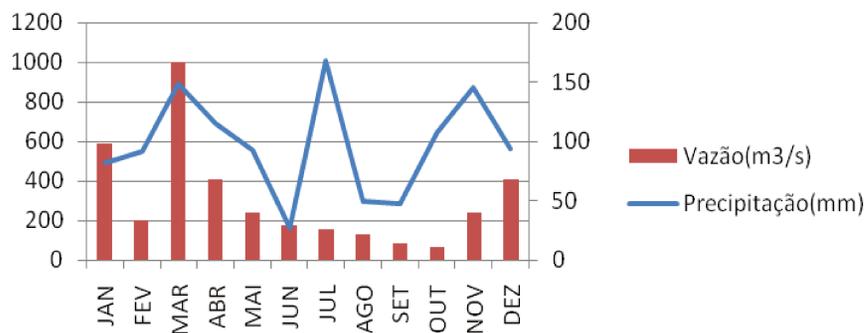
<b>1994</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>
Precipitação(mm)	81,6	91,2	148,8	115	93	27,2	167,6	49,4	47,6	107,4	145,6	93,6

Vazão (m <sup>3</sup> /s)	590	197	999	405	237	174	156	128	84	64	241	409
---------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	-----	-----

### INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE 1993 EM ITAPEBI



### INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE 1994 EM ITAPEBI

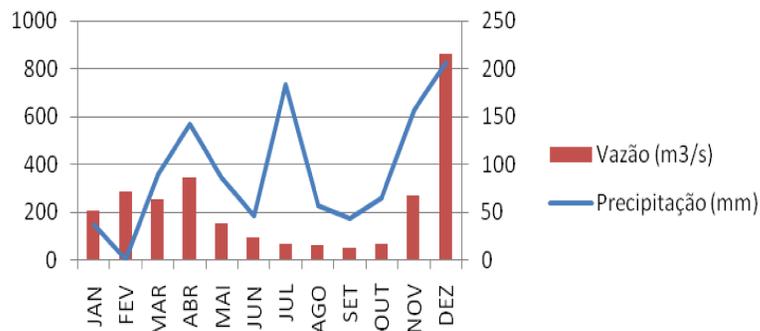


1995	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Precipitação(mm)	37	1	90,6	142,4	86,4	46,2	183,2	56,6	43,4	65,2	157,2	206,4
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	205	289	256	344	155	94	68	62	55	67	272	860

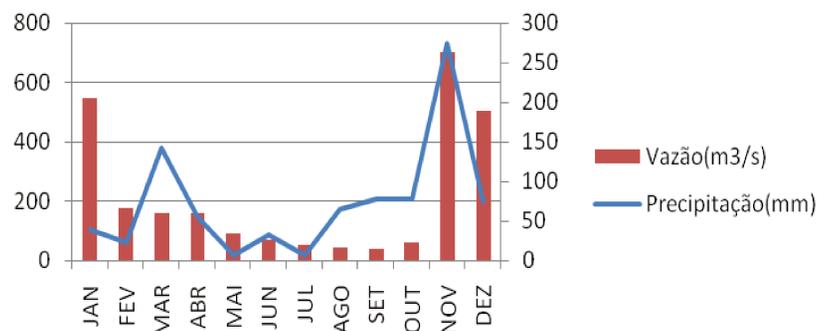
  

1996	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Precipitação(mm)	38,3	22	141,6	54,4	6	32,2	6	64,4	76,6	77	275,1	73,4
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	548	177	158	158	90	67	50	45	39	59	702	505

### INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE 1995 EM ITAPEBI

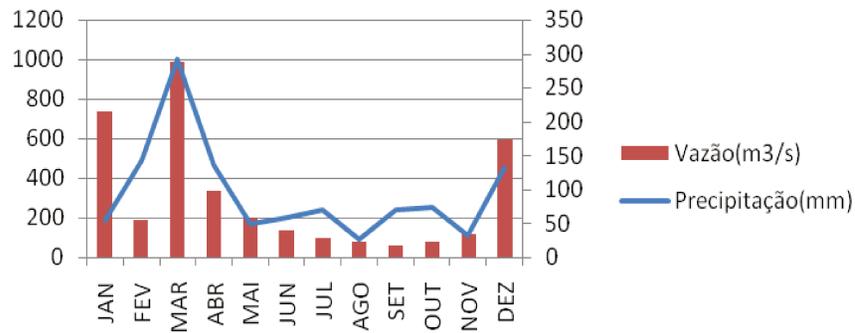


### INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE 1996 EM ITAPEBI

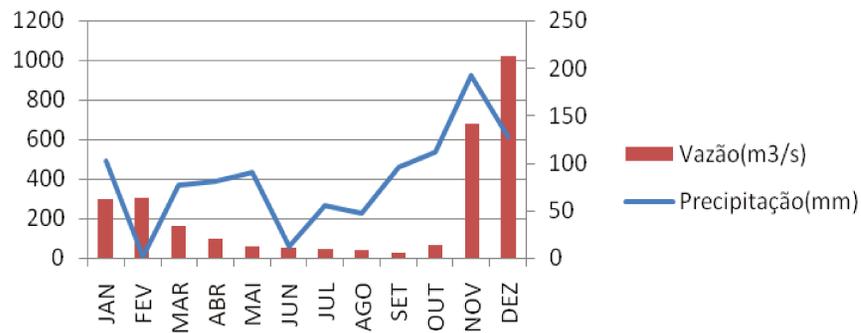


<b>1997</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>
Precipitação(mm)	55,4	143	291,2	135,4	50,3	59,2	69,3	27	70,1	74,1	32	131,4
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	737	188	984	333	202	135	99	76	60	80	118	591
<b>1998</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>
Precipitação(mm)	102,6	2	76,7	81,1	90,8	13,1	55,3	47,1	95,5	111,5	191,8	127,9
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	294	304	163	98	60	51	43	37	24	65	678	1018

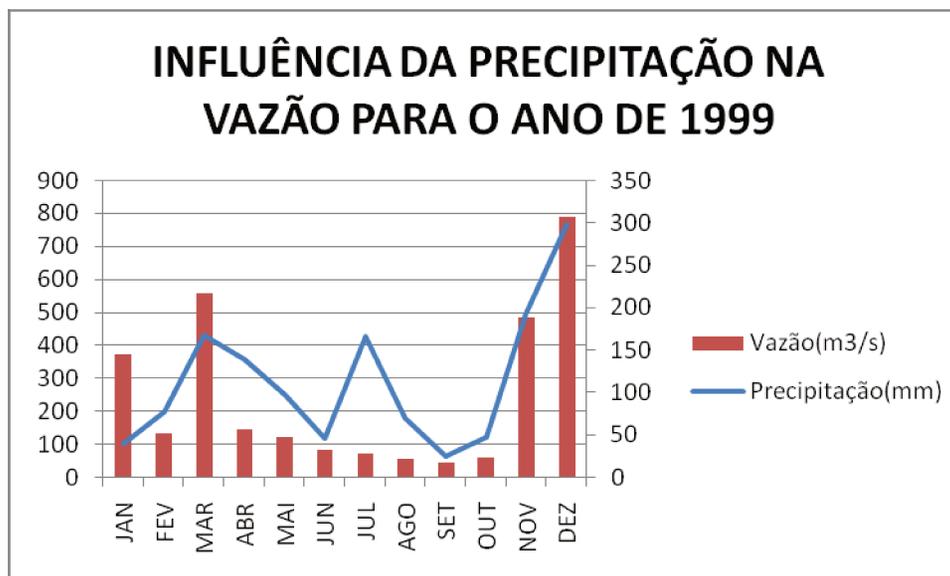
### INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE 1997 EM ITAPEBI



### INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO PARA O ANO DE 1998 EM ITAPEBI



1999	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Precipitação(mm)	40,1	77	167,7	139,5	97,5	46,4	166,1	70,6	25	48,2	192,7	297,7
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	372	134	558	145	122	84	74	57	46	61	483	787





# APÊNDICES

## ANÁLISES PVC LABORATÓRIO

### **MARGEM ESQUERDA- PONTO 1.** Total = 30 cm

Camada 1 = 9 cm 2.5 Y 6/2

Camada 2 = 5 cm 2.5 Y 6/3

Camada 3 = 10 cm 2.5 Y 7/2

Camada 4 = 8 cm 2.5 Y 5/2

Observação: areia grossa de origem marinha, coloração sem mudança abrupta

### **MARGEM ESQUERDA- PONTO 2.** Total = 77 cm

Camada 1 = 28 cm 10 YR 8/2

Camada 2 = 1 cm 2.5 Y 7/3

Camada 3 = 6 cm 2.5 Y 4/1

Camada 4 = 1 cm 10 YR 7/3

Camada 5 = 2 cm dessa camada em diante oscila

Observações: Camada 1, presença de raiz a areia é mais grossa, algumas diferenciações relacionadas provavelmente a umidade e material de origem

**MARGEM ESQUERDA- PONTO 3.** Total = 56 cm

Camada 1 = 20 cm 10Y 3/2

Camada 2 = 20 cm 10 Y 3/1

Camada 3 = 10 cm 10 Y 5/2

Observações: Camadas com coloração escura alaranjada as demais camadas seguem com as seguintes características: Camada 1, Raízes médias, Camada 2 raízes finas, Camada 3 ausência de raiz

**MARGEM ESQUERDA- PONTO 4. Área alagada não coletada**

**MARGEM ESQUERDA- PONTO 5.** Total = 56 cm

Camada 1 = 23 cm 10 YR 4/1 (material totalmente arenoso mudando gradativamente da cor escura, para amarela ferruginosa)

Camada 2 = 27 cm 10 YR 6/3

Camada 3 = 3 cm 10 YR 6/3

Camada 4 = 16 cm 10 YR 7/3

Observações: Camada 1 material totalmente arenoso mudando gradativamente da cor escura, para amarela ferruginosa

**MARGEM ESQUERDA- PONTO 6.** Total = 68 cm

Camada 1 = 11 cm 2.5 Y 4/1 (Areia sem compactação, solta, poucas raízes)

Camada 2 = 8 cm 2.5 Y 7/2 (Descoloração, material compactado com raiz, material orgânico mosqueado com raiz)

Camada 3 = 5 cm 10 YR 6/2 (Camada mais escura em tom de grafite)

Camada 4 = 15 cm 10 YR 8/1 (Mosqueados de preto, tons de amarelo e riscos de preto ao redor)

Observações: Seguiram 4 camadas para o laboratório, no entanto, houve a necessidade de se descrever a 5<sup>a</sup> camada com 3,5 cm de cor escura bem definida e a 6<sup>a</sup> Camada com algumas raízes no limite entre a 5<sup>a</sup> camada com restante da camada esbranquiçada

**MARGEM ESQUERDA- PONTO 7.** Total =122 cm

Camada 1 = 36 cm 10YR 5/1 (presença de poucas raízes, tonalidade escura indicando matéria orgânica)

Camada 2 = 47 cm 10R 5/6 (mais clara em relação a camada anterior, tom amarelado)

Camada 3 = 16 cm 2.5 YR 5/6 (a partir dessa camada tom amarelado mais claro)

Camada 4 = 15 cm 5 YR 4/1 ( características semelhante a camada anterior porém com a tonalidade amarela mais clara)

Camada 5 = 9 cm 5 YR 4/1 ( tom oscilando de escuro para mais claro)

Observações: todo o ponto mantém as características de mosqueado de Ferro e matéria orgânica.

**MARGEM ESQUERDA- PONTO 8.** Total = 100 cm

Camada 1 = 23 cm 10 YR 4/1 (material escuro com presença de matéria orgânica)

Camada 2 = 27 cm 10 YR 4/1 (mosqueado entre preto, amarelo e branco)

Camada 3 = 3 cm 10 YR 4/1 (mosqueado com laranja)

Camada 4 = 16 cm 10 YR 4/1 (material mais esbranquiçado)

Observações: material totalmente arenoso mudando gradativamente da cor escura, mosqueada a clara.

**MARGEM ESQUERDA- PONTO 9.** Total = 80 cm

Camada 1 = 32 cm 5YR 5/4 (Areia sem compactação, solta, poucas raízes)

Camada 2 = 58 cm 10R 5/6 (Material compactado com raiz, material orgânico mosqueado com raiz)

Camada 3 = 14 cm 2.5 YR 5/6 ( Cor alaranjada, presença de Fe)

Camada 4 = 16 cm 5 YR 4/1 ( Sem presença de matéria orgânica,com aumento de areia)

Observações: Camada 1 Areia sem compactação, solta, poucas raízes, Camada 2 Material compactado com raiz, material orgânico mosqueado com raiz; Camada 3 Cor alaranjada, presença de Fe; Camada 4 Presença de matéria orgânica,com aumento de areia.

**MARGEM ESQUERDA- PONTO 10.** Total = 106 cm

Camada 1 = 10 cm 10 YR 3/2

Camada 2 = 31 cm 10 YR 6/3

Camada 3 = 6 cm 10 YR 4/2

Camada 4 = 10 cm 10 YR 4/6

Camada 5 = 26 cm 10 YR 3/1

Camada 6 = 19 cm 10 YR 4/1

Observações: Camada 1, muita argila escura, Camada 2 diminui-se a presença de argila e intensifica-se a coloração mais escura; Camada 3 marrom claro arenosa; Camada 4 marrom mais claro em tom alaranjado Camada 5 cor mai escura com mosqueados cor preta.

**MARGEM ESQUERDA- PONTO 11** Total = 109 cm

Camada 1 = 32 cm 5YR 5/4

Camada 2 = 58 cm 10R 5/6

Camada 3 = 14 cm 2.5 YR 5/6

Camada 4 = 16 cm 5 YR 4/1

Observações: Camada 1 Areia sem compactação, solta, poucas raízes, Camada 2 Material compactado com raiz, material orgânico mosqueado com raiz; Camada 3 Cor alaranjada, presença de Fe; Camada 4 Presença de matéria orgânica, com aumento de areia.

**MARGEM ESQUERDA- PONTO 12**

Total = 54 cm

Camada 1 = 23 cm 5 YR 5/2 (material totalmente arenoso mudando gradativamente da cor escura, para amarela ferruginosa)

Camada 2 = 27 cm 5 YR 5/3 ( acentua-se a pigmentação da argila para cor vermelha começando a aparecer raiz)

Camada 3 = 3 cm 5 YR 3/4 ( mais matéria orgânica, muitas raízes, mais úmido e volta escurecer em direção a R)

Observações: Camada 1 material totalmente arenoso mudando gradativamente da cor escura, para amarela ferruginosa

. Total = 66 cm

Camada 1 = 41 cm 5 YR 4/2

Camada 2 = 25 cm 10 YR 4/1

Observações: Camada 1, argila com a cor vermelha e marrom muita escura, presença de raiz Camada 2 vermelho e marrom mais claro em tom alaranjado.

**MARGEM ESQUERDA- PONTO 13** Total = 106 cm

Camada 1 = 10 cm 10 YR 3/2

Camada 2 = 31 cm 10 YR 6/3

Camada 3 = 6 cm 10 YR 4/2

Camada 4 = 10 cm 10 YR 4/6

Camada 5 = 26 cm 10 YR 3/1

Camada 6 = 19 cm 10 YR 4/1

Observações: presença de raiz apenas na primeira camada

**DELTA**

**DELTA - PONTO 1.** Total = 55 cm

Camada 1 = 32 cm 2.5 Y 6/4

Camada 2 = 23 cm GLEY 1 2.5/ N

Observações: Camada 1 Sedimento grosso e solto, depois afina-se a areia, Camada 2 material muito escuro cor preta relacionado a mangue enterrado

**DELTA - PONTO 2** Total = 81cm

Camada 1 = 52 cm 10 YR 4/2

Camada 2 = 29 cm 10 YR 5/1

Observações: Camada 1 Presença de raiz com areia com cor vermelha, Camada 2 camada de areia de cinza para branca

**DELTA - PONTO 3** Total = 100 cm

Camada 1 = 37 cm 5 YR 3/1

Camada 2 = 38 cm 10 YR 3/1

Camada 3 = 25 cm 10 YR 7/2

Observações: Camada 1 Sedimento cor vermelha, Camada 2 solo sem raiz gley mangue enterrado, Camada areia solta sem a presença de raiz

**DELTA - PONTO 4** Total = 100 cm

Camada 1 = 10 cm 10 YR 4/2

Camada 2 = 19 cm 10 YR 6/4

Camada 3 = 39 cm 10 YR 5/3

Camada 4 = 16 cm 10 YR 4/1

Camada 5 = 17 cm 10 YR 5/1

Observações: Camada 1 Cor marrom escura, Camada 2 marrom mais clara, com presença de areia levemente alaranjada com batante raiz, Camada 3 Tonalidade de marrom mais escuro em relação a camada anterior, Camada 4 tonalidade mais escura do Ponto, camada 5 tonalidade escura com presença de areia mais grossa.

**MARGEM DIREITA**

**MARGEM DIREITA- PONTO 1.** Total = 68 cm

Camada 1 = 10 cm 10 YR 8/3

Camada 2 = 8 cm 10 YR 6/4

Camada 3 = 23 cm 10 YR 7/4

Camada 4 = 3 cm 10 YR 6/4

Camada 5 = 22 cm 10 YR 8/3

Observação: pacote homogêneo de areia de origem marinha que pela umidade apresenta pequenas diferenças de cores.

**MARGEM DIREITA- PONTO 2** Total = 110 cm

Camada 1 = 22 cm 10 YR 4/3

Camada 2 = 14 cm 10 YR 5/3

Camada 3 = 26 cm 10 YR 4/2

Camada 4 = 7 cm 10 YR 7/1

Observação: pacote homogêneo de gleysado apresenta diferenças de cores na camada 2 e camada 3 principalmente com a presença de mosqueados escuros e pequenas raízes, a camada 4 é caracterizada pela ausência desses mosqueados.

**MARGEM DIREITA- PONTO 3** Total = 77 cm

Camada 1 = 24 cm 10 YR 4/1

Camada 2 = 53 cm 10 YR 4/3

Camada 3 = 23 cm 10 YR 7/4

Camada 4 = 3 cm 10 YR 6/4

Camada 5 = 22 cm 10 YR 8/3

Observação: Camada 1 cor mais escura, presença de raiz, Camada 2 presença de raízes e manchas verticais no Ponto.

**MARGEM DIREITA- PONTO 4** Total = 110 cm

Camada 1 = 23 cm 10 YR 5/4

Camada 2 = 45 cm 10 YR 7/2

Camada 3 = 40 cm 10 YR 3/1

Observação: Camada areia grossa solta, Camada 2 areia fina um pouco mais escura, material em decomposição tronco de mangue.

Camada 3 mangue enterrado com raízes grossas e finas. Esse ponto foi o motivador da pesquisa

**MARGEM DIREITA- PONTO 5** Total = 64cm

Camada 1 = 26 cm 10 YR 5/1

Camada 2 = 10 cm 10 YR 8/3

Camada 3 = 28 cm 10 YR 7/1

Observação: Camada 1 presença de raiz com sedimento de cor acinzentada, Camada 2 presença de raiz com o sedimento cor mais esbranquiçada, Camada 3 sem raiz tonalidade mais acinzentada em relação a camada 2

**MARGEM DIREITA- PONTO 6** Total = 76 cm

Camada 1 = 15 cm 10 YR 4/2

Camada 2 = 60 cm 10 YR 10/4

Observação: existe diferenciação nas camadas apenas com a coloração mais escura que indica presença maior de matéria orgânica. A camada 2 também diferencia-se por ter raízes mais grossas

**MARGEM DIREITA- PONTO 7** Total = 62 cm

Camada 1 = 20 cm 10 YR 4/1

Camada 2 = 42 cm 10 YR 8/2

Observação: Ponto com a mesma composição, alteração de cor do escuro H-A para o claro em direção ao H- r com raízes. Todo o Ponto está preenchido por raízes de mangue pouco desenvolvido e algumas raízes de gramínea.

**MARGEM DIREITA- PONTO 8** Total = 63 cm

Camada 1 = 63 cm 10 R 4/2

Observação: Bloco homogêneo tem apenas uma camada ou amostra

**MARGEM DIREITA- PONTO 9.** Total só técnica de trado

**Amostras granulométricas dos sedimentos em três pontos de coleta no perfil a jusante da Barragem de Itapebi**

Amostra	AREIA						ARGILA	SILTE	
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	AREIA TOTAL			
	g/kg								
P1	0-20cm	167	385	365	67	0	984	0	16
	20-40cm	134	343	444	49	0	970	4	26
	40-60cm	190	373	375	41	0	979	0	21
	60-80cm	288	403	261	29	0	981	1	18
P2	0-20cm	89	547	351	0	0	987	1	12
	20-40cm	174	558	245	8	0	985	2	13
P3	0-20cm	177	408	341	63	0	989	1	10
	20-40cm	307	405	246	28	0	986	2	12
	40-60cm	119	369	393	93	0	974	4	22
	60-80cm	155	351	352	114	10	982	6	12
	80-100cm	75	276	423	181	16	971	8	21

**Amostras de análises químicas dos sedimentos em três pontos de coleta no perfil a jusante da Barragem de Itapebi**

Amostra	pH		%	ppm	mEq / 100 ml TFSA							V %	g/dm <sub>3</sub>	mmolc / dm <sub>3</sub>							ppm					
	CaCl <sub>2</sub>	Agua	M.O	P res	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	M.O		K	Ca	Mg	Al	H	CTC	S	Na	Fe	ME	Cu	Zn	B	
P1 00-20	5,5	6,1	0,7	4,5	0,02	0,4	0,2	0,1	0,8	1,52	40,79	7	0,2	4	2	1	8	15,2	1,8	2	109,1	10,5	0,7	1,8	0,3	
P1 20-40	5,9	6,3	0,8	2,7	0,03	0,4	0,2	0,1	0,7	1,43	44,06	8	0,3	4	2	1	7	14,3	1,6	12	93,6	11,1	0,6	1	0,1	
P1 40-60	6	6,4	0,9	2,9	0,03	0,3	0,2	0,1	0,7	1,33	39,85	9	0,3	3	2	1	7	13,3	1,4	7	85,5	10,3	0,7	1,1	0,1	
P1 60-80	5,9	6,3	n/d	n/d	0,03	0,3	0,2	0,1	0,7	1,33	39,85	0	0,3	3	2	1	7	13,3	0	10	84,4	11,6	0,7	1,8	0,2	
P2 00-20	6,1	6,5	0,7	4,3	0,02	0,4	0,2	0,1	0,7	1,42	43,66	7	0,2	4	2	1	7	14,2	1,6	2	75,4	12,4	0,7	1	0,2	
P2 20-40	6,1	6,6	0,9	2,8	0,02	0,4	0,2	0,1	0,7	1,42	43,66	9	0,2	4	2	1	7	14,2	3,1	2	70,2	13	0,6	1,1	0,1	
P3 00-20	6,1	6,6	0,7	2,9	0,03	0,3	0,2	0,1	0,8	1,43	37,06	7	0,3	3	2	1	8	14,3	1,9	2	97,7	19,6	0,7	1,4	0,1	
P3 20-40	6,2	6,6	0,6	2,8	0,03	0,4	0,2	0,1	0,7	1,43	44,06	6	0,3	4	2	1	7	14,3	1,8	3	94,3	15,7	0,8	1,4	0,3	
P3 40-60	6,2	6,6	0,6	3	0,03	0,4	0,2	0,1	0,9	1,63	38,65	6	0,3	4	2	1	9	16,3	1	4	96,7	17,1	0,8	1,3	0,3	
P3 60-80	6,2	6,6	0,6	3,7	0,05	0,3	0,2	0,1	0,7	1,35	40,74	6	0,5	3	2	1	7	13,5	1,4	12	107	19,9	0,9	1,5	0,2	
P3 80-100	6,3	6,7	0,7	3,8	0,07	0,4	0,2	0,1	0,8	1,57	42,68	7	0,7	4	2	1	8	15,7	1,6	5	96,1	17,9	1	2,3	0,2	

**Amostras granulométricas da margem esquerda na foz da BHRJ no município de Belmonte**

Amostra	AREIA						ARGILA	SILTE
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	AREIA TOTAL		
	g/kg							
ME P1 0-20cm	274	346	231	123	9	983	1	16
20-40cm	120	290	392	153	16	971	9	20
40-60cm	134	346	346	135	9	970	4	26
60-80cm	129	409	348	81	0	967	11	22
80-100cm	173	358	326	101	0	958	8	34
100-120cm	148	368	325	120	10	971	8	21
ME P2 0-20cm	0	12	53	765	157	987	3	10
20-40cm	0	149	372	406	45	972	6	22
40-60cm	29	245	367	327	22	990	4	6
60-80cm	40	167	409	335	22	973	6	21
80-100cm	11	91	330	492	43	967	3	30
100-120cm	11	113	284	517	49	974	4	22
ME P3 -20cm	0	0	27	367	72	466	326	208
20-40cm	0	0	27	406	96	529	282	189
40-60cm	0	0	38	680	89	807	121	72
ME P4 submerso								
ME P5 0-20cm	0	3	117	781	79	980	4	16
20-40cm	0	0	121	805	58	984	4	12
40-60cm	0	0	49	811	114	974	6	20

60-80cm	0	0	78	781	116	975	7	18
ME P 6 0- 20cm	0	38	126	594	195	953	9	38
20-40cm	0	13	68	652	234	967	11	22
40-60cm	0	16	66	692	201	975	11	14
60-80cm	0	0	42	675	248	965	9	26
80-100cm	0	0	98	645	221	964	8	28
ME P7 0- 20cm	0	0	18	118	324	460	145	395
20-40cm	0	0	11	76	314	401	187	412
40-60cm	0	0	12	55	177	244	284	472
ME P8 0- 20cm	17	113	324	455	62	971	8	21
20-40cm	6	50	284	608	34	982	3	15
40-60cm	40	185	412	300	37	974	12	14
60-80cm	0	0	231	716	41	988	4	8
80-100cm	0	13	476	468	26	983	4	13
100-120cm	0	38	683	259	0	980	6	14
ME P9 0- 20cm	0	0	0	20	153	173	255	572
20-40cm	0	0	0	15	108	123	290	587
40-60cm	0	0	8	17	118	143	270	587
60-80cm	0	0	6	11	112	129	289	582
80-100cm	0	0	0	14	115	129	284	587
100-120cm	0	6	6	10	124	146	288	566
ME P10 0-20cm	0	0	10	221	403	634	126	240
20-40cm	0	0	0	103	377	480	158	362
40-60cm	0	0	0	228	444	672	121	207
60-80cm	0	0	0	305	478	783	72	145

80-100cm	0	0	0	364	475	839	48	113
100-120cm	0	0	0	328	486	814	55	131
ME P11 0-20cm	0	0	0	277	577	854	42	104
20-40cm	0	0	0	137	448	585	113	302
40-60cm	0	0	0	113	288	401	191	408
60-80cm	0	0	0	98	277	375	198	427
80-100cm	0	0	0	108	303	411	194	395
100-120cm	0	0	17	313	316	646	120	234
ME P12 0-20cm	0	0	0	138	491	629	129	242
20-40cm	0	0	0	124	496	620	129	251
40-60cm	0	0	0	116	522	638	115	248
60-80cm	0	0	58	255	428	741	83	176
80-100cm	0	0	32	274	429	735	88	177
ME P13 0-20cm	0	0	15	220	343	578	137	285
20-40cm	0	0	0	300	535	835	41	124
40-60cm	0	0	6	248	532	786	44	170
60-80cm	0	0	8	308	488	804	44	152
80-100cm	0	0	6	209	435	650	88	263
100-120cm	0	0	15	151	386	552	123	325

**Análises químicas das amostras de sedimentos da margem esquerda na foz da BHRJ no município de Belmonte**

Amostra	Sistema Normal											Sistema Internacional						
	pH		%	ppm	mEq / 100 ml TFSA							g/dm <sup>3</sup>	mmolc / dm <sup>3</sup>					
	CaCl <sub>2</sub>	Água	M. O	P res	K	Ca	Mg	Al	H	CT C	V %	M.O	K	Ca	Mg	Al	H	CT C
ME P1 00-20	6,2	6,6	0,2	2,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,8	1,8	48,9	2,0	0,6	5,0	3,0	1,0	8,0	17,6
ME P1 20-40	8,0	8,2	0,3	2,6	0,2	0,7	0,5	0,1	0,7	2,2	62,8	3,0	1,5	7,0	5,0	1,0	7,0	21,5
ME P1 40-60	8,3	8,4	0,2	2,5	0,2	0,9	0,5	0,1	0,7	2,4	67,2	2,0	2,4	9,0	5,0	1,0	7,0	24,4
ME P1 60-80	8,4	8,5	0,2	2,1	0,3	0,8	0,6	0,1	0,7	2,5	67,5	2,0	2,6	8,0	6,0	1,0	7,0	24,6
ME P1 80-100	8,2	8,6	0,3	2,5	0,3	1,0	0,6	0,1	0,7	2,7	70,5	3,0	3,1	10,0	6,0	1,0	7,0	27,1
ME P1 100-120	8,3	8,6	0,2	2,1	0,3	1,0	0,5	0,1	0,7	2,6	69,1	2,0	2,9	10,0	5,0	1,0	7,0	25,9
ME P2 00-20	6,4	7,2	0,2	2,3	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,3	39,4	2,0	0,2	3,0	2,0	1,0	7,0	13,2
ME P2 20-40	6,4	7,0	0,2	2,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,3	39,4	2,0	0,2	3,0	2,0	1,0	7,0	13,2
ME P2 40-60	6,5	7,1	0,3	2,3	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,3	39,9	3,0	0,3	3,0	2,0	1,0	7,0	13,3
ME P2 60-80	6,5	6,9	0,3	2,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,3	39,9	3,0	0,3	3,0	2,0	1,0	7,0	13,3
ME P2 80-100	6,8	7,2	0,2	2,3	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,3	39,9	2,0	0,3	3,0	2,0	1,0	7,0	13,3
ME P2 100-120	6,4	6,9	0,2	2,4	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,3	39,9	2,0	0,3	3,0	2,0	1,0	7,0	13,3
ME P3 00-20	6,0	6,1	3,2	10,3	1,4	3,0	1,8	0,1	1,5	7,8	79,4	32,0	13,6	30,0	18,0	1,0	15,0	77,6
ME P3 20-40	5,6	5,7	2,3	8,4	1,0	2,8	1,3	0,1	1,7	6,9	74,0	23,0	10,3	28,0	13,0	1,0	17,0	69,3
ME P3 40-60	4,4	5,1	1,2	7,5	0,1	1,1	0,1	0,1	2,1	5,1	45,1	12,0	5,4	13,0	5,0	1,1	27,0	51,4

					5	3	5	1	7		5			0		0	0	
ME P4 NÃO COLETADO (PONTO ALAGADO)																		
ME P5 00-20	6,0	6,5	0,3	15,1	0,1	0,5	0,3	0,1	0,7	1,7	52,1	3,0	0,7	5,0	3,0	1,0	7,0	16,7
ME P5 20-40	6,0	6,3	0,2	14,9	0,1	0,5	0,3	0,1	0,8	1,8	50,8	2,0	1,3	5,0	3,0	1,0	8,0	18,3
ME P5 40-60	6,1	6,3	0,3	15,4	0,2	0,5	0,3	0,1	0,8	1,9	51,9	3,0	1,7	5,0	3,0	1,0	8,0	18,7
ME P5 60-80	6,2	6,4	0,2	2,8	0,2	0,6	0,4	0,1	0,8	2,1	56,5	2,0	1,7	6,0	4,0	1,0	8,0	20,7
ME P6 00-20	4,2	5,5	0,5	3,0	0,0	0,3	0,2	0,1	0,0	1,6	32,9	5,0	0,4	3,0	2,0	1,0	10,0	16,4
ME P6 20-40	4,6	5,7	0,2	9,0	0,0	0,3	0,2	0,1	0,4	2,0	25,7	2,0	0,2	3,0	2,0	1,0	14,0	20,2
ME P6 40-60	4,9	5,9	0,2	9,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,4	1,8	17,1	2,0	0,1	2,0	1,0	1,0	14,0	18,1
ME P7 00-20	4,3	4,9	0,7	2,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,1	1,7	31,0	7,0	0,4	3,0	2,0	1,0	11,0	17,4
ME P7 20-40	4,5	5,4	0,2	2,3	0,0	0,3	0,2	0,1	0,9	1,5	34,2	2,0	0,2	3,0	2,0	1,0	9,0	15,2
ME P7 40-60	4,5	5,6	0,2	2,8	0,0	0,3	0,2	0,1	0,9	1,5	34,2	2,0	0,2	3,0	2,0	1,0	9,0	15,2
ME P7 60-80	4,8	5,9	0,3	2,2	0,0	0,2	0,1	0,1	0,8	1,2	26,2	3,0	0,2	2,0	1,0	1,0	8,0	12,2
ME P7 80-100	4,7	5,9	0,2	2,6	0,0	0,2	0,1	0,1	0,7	1,1	29,2	2,0	0,3	2,0	1,0	1,0	7,0	11,3
ME P7 100-120	4,8	6,1	0,2	2,7	0,0	0,3	0,2	0,1	0,8	1,4	36,6	2,0	0,2	3,0	2,0	1,0	8,0	14,2
ME P8 00-20	3,8	5,0	0,6	5,3	0,0	0,5	0,3	0,1	0,1	3,0	27,6	6,0	0,4	5,0	3,0	1,0	21,0	30,4
ME P8 20-40	4,0	5,2	0,2	4,3	0,0	0,3	0,2	0,1	0,1	1,7	30,6	2,0	0,3	3,0	2,0	1,0	11,0	17,3
ME P8 40-60	4,4	5,6	0,3	3,4	0,0	0,3	0,2	0,1	0,0	1,6	32,5	3,0	0,3	3,0	2,0	1,0	10,0	16,3
ME P8 60-80	4,7	6,1	0,2	14,9	0,0	0,3	0,2	0,1	0,9	1,5	34,2	2,0	0,2	3,0	2,0	1,0	9,0	15,2

ME P8 80-100	4,4	5,5	0,2	15,0	0,0	0,3	0,2	0,1	1,0	1,6	32,5	2,0	0,3	3,0	2,0	1,0	10,0	16,3
ME P9 00-20	6,2	6,2	2,8	13,2	1,1	4,6	2,3	0,1	1,4	9,5	84,1	28,0	10,6	46,0	23,0	1,0	14,0	94,6
ME P9 20-40	5,6	5,6	2,5	12,9	1,2	3,0	1,9	0,1	1,9	8,1	75,4	25,0	12,2	30,0	19,0	1,0	19,0	81,2
ME P9 40-60	5,8	5,9	2,5	13,7	1,2	3,6	1,9	0,1	2,1	8,9	75,2	25,0	11,7	36,0	19,0	1,0	21,0	88,7
ME P9 60-80	6,0	6,1	3,1	12,8	1,2	3,7	1,8	0,1	1,4	8,2	81,7	31,0	11,9	37,0	18,0	1,0	14,0	81,9
ME P9 80-100	5,6	5,6	3,2	13,4	1,2	3,9	1,9	0,1	1,9	9,0	77,7	32,0	11,5	39,0	19,0	1,0	19,0	89,5
ME P9 100-120	5,5	5,6	2,9	14,8	1,1	4,2	2,0	2,1	1,4	9,8	74,5	29,0	10,9	42,0	20,0	1,0	24,0	97,9
ME P10 00-20	6,2	6,4	0,6	4,3	0,5	0,6	0,4	0,1	1,0	2,6	56,9	6,0	4,5	6,0	4,0	1,0	10,0	25,5
ME P10 20-40	5,8	5,9	0,9	5,0	0,5	1,3	0,8	0,1	1,2	3,9	66,7	9,0	5,0	13,0	8,0	1,0	12,0	39,0
ME P10 40-60	5,6	5,9	0,3	5,3	0,4	2,4	1,2	0,1	1,1	5,2	76,9	3,0	3,9	24,0	12,0	1,0	11,0	51,9
ME P10 60-80	5,9	6,1	0,2	4,5	0,3	1,3	0,9	0,1	1,0	3,6	69,5	2,0	3,1	13,0	9,0	1,0	10,0	36,1
ME P10 80-100	5,7	6,1	0,2	3,8	0,2	1,2	0,9	0,1	1,1	3,5	66,1	2,0	2,4	12,0	9,0	1,0	11,0	35,4
ME P10 100-120	5,8	6,1	0,3	4,6	0,3	0,8	0,5	0,1	1,0	2,7	58,8	3,0	2,7	8,0	5,0	1,0	10,0	26,7
ME P11 00-20	5,6	5,7	0,5	3,2	0,4	0,7	0,5	0,1	1,0	2,7	59,3	5,0	4,0	7,0	5,0	1,0	10,0	27,0
ME P11 20-40	5,7	5,9	0,6	2,6	0,5	1,0	0,7	0,1	1,5	3,8	57,5	6,0	4,6	10,0	7,0	1,0	15,0	37,6
ME P11 40-60	5,6	5,9	0,6	5,2	0,5	1,4	0,6	0,1	1,9	4,5	55,7	6,0	5,1	14,0	6,0	1,0	19,0	45,1
ME P11 60-80	5,6	5,6	0,6	3,4	0,5	1,3	0,8	0,1	1,5	4,2	61,9	6,0	5,0	13,0	8,0	1,0	15,0	42,0
ME P11 80-100	5,5	5,7	0,6	3,4	0,5	1,3	0,8	0,1	1,4	4,1	63,1	6,0	4,7	13,0	8,0	1,0	14,0	40,7
ME P11 100-120	4,9	5,3	0,7	2,6	0,1	1,0	0,0	0,1	1,3	3,6	55,5	7,0	4,2	10,0	6,0	1,0	15,0	36,2

					4	0	6	1	5		8			0		0	0	
ME P12 00-20	6,2	6,5	0,8	4,3	0,5	1,2	0,5	0,1	1,5	3,8	57,5	8,0	4,6	12,0	5,0	1,0	15,0	37,6
ME P12 20-40	5,9	6,0	0,6	4,3	0,4	1,2	0,5	0,1	1,0	3,2	66,1	6,0	4,4	12,0	5,0	1,0	10,0	32,4
ME P12 40-60	5,4	5,6	1,1	6,4	0,4	0,9	0,5	0,1	1,2	3,1	58,6	11,0	4,4	9,0	5,0	1,0	12,0	31,4
ME P12 60-80	5,5	5,8	0,4	6,3	0,4	1,3	0,6	0,1	1,4	3,8	60,3	4,0	3,8	13,0	6,0	1,0	14,0	37,8
ME P12 80-100	5,3	5,3	1,5	6,5	0,3	1,0	0,6	0,1	1,1	3,1	61,8	15,0	3,4	10,0	6,0	1,0	11,0	31,4
ME P12 100-120	4,9	5,2	1,1	3,7	0,4	1,2	0,7	0,1	1,5	3,9	58,6	11,0	3,6	12,0	7,0	1,0	15,0	38,6
ME P13 00-20	5,2	5,5	0,6	2,1	0,3	1,0	0,6	0,1	1,4	3,4	56,3	6,0	3,3	10,0	6,0	1,0	14,0	34,3
ME P13 20-40	5,3	5,7	0,2	2,3	0,2	0,8	0,5	0,1	1,1	2,7	55,2	2,0	1,8	8,0	5,0	1,0	11,0	26,8
ME P13 40-60	5,5	5,8	0,2	2,5	0,2	0,8	0,5	0,1	1,1	2,7	55,1	2,0	1,7	8,0	5,0	1,0	11,0	26,7
ME P13 60-80	5,4	5,8	0,3	2,4	0,2	0,7	0,5	0,1	1,1	2,6	53,1	3,0	1,6	7,0	5,0	1,0	11,0	25,6
ME P13 80-100	5,2	5,5	1,4	4,5	0,3	1,2	0,5	0,1	1,2	3,3	60,5	14,0	2,9	12,0	5,0	1,0	12,0	32,9
ME P13 100-120	5,4	5,7	1,4	4,6	0,3	1,5	0,8	0,1	2,4	5,1	51,4	14,0	3,4	15,0	8,0	1,0	24,0	51,4

Amostra	Sistema Normal											Sistema Internacional						
	pH		%	ppm	mEq / 100 ml TFSA						V %	g/dm <sub>3</sub>	mmolc / dm <sub>3</sub>					
	CaCl <sub>2</sub>	Agua	M.O	P res	K	Ca	Mg	Al	H	CTC		M.O	K	Ca	Mg	Al	H	CTC
ME PVC P1 CAMADA 1	6,5	8,1	0,2	2,1	0,1	1,0	0,5	0,1	0,5	2,2	73,2	2,0	1,4	10,0	5,0	1,0	5,0	22,4
ME PVC P1 CAMADA 2	7,1	8,2	0,1	2,3	0,1	0,8	0,4	0,1	0,5	1,9	69,1	1,0	1,4	8,0	4,0	1,0	5,0	19,4
ME PVC P1 CAMADA 3	7,4	8,3	0,3	2,1	0,1	0,8	0,4	0,1	0,5	1,9	68,9	3,0	1,3	8,0	4,0	1,0	5,0	19,3
ME PVC P1 CAMADA 4	7,7	8,5	0,2	28,3	0,2	0,7	0,5	0,1	0,7	2,2	63,5	2,0	1,9	7,0	5,0	1,0	7,0	21,9
ME PVC P2 CAMADA 1	5,7	6,5	0,3	24,9	0,0	0,3	0,2	0,1	0,8	1,4	36,6	3,0	0,2	3,0	2,0	1,0	8,0	14,2
ME PVC P2 CAMADA 2	6,0	6,8	0,2	24,3	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,3	39,4	2,0	0,2	3,0	2,0	1,0	7,0	13,2
ME PVC P2 CAMADA 3	6,1	7,0	0,1	27,2	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,3	39,4	1,0	0,2	3,0	2,0	1,0	7,0	13,2
ME PVC P2 CAMADA 4	6,4	7,1	0,2	27,7	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,3	38,9	2,0	0,1	3,0	2,0	1,0	7,0	13,1
ME PVC P3 CAMADA 1	4,5	4,7	2,2	27,4	0,8	3,7	1,9	0,1	5,1	11,6	55,3	22,0	8,3	37,0	19,0	1,0	51,0	116,3
ME PVC P3 CAMADA 2	4,6	4,6	3,7	6,4	1,1	4,2	1,8	0,1	3,0	10,2	69,6	37,0	11,0	42,0	18,0	1,0	30,0	102,0
ME PVC P3 CAMADA 3	5,1	5,3	1,5	5,1	0,6	1,8	0,8	0,1	1,9	5,2	61,2	15,0	5,5	18,0	8,0	1,0	19,0	51,5
ME PVC P4 (área alagada)																		
ME PVC P5 CAMADA 1	6,1	6,6	0,4	4,3	0,3	1,3	0,8	0,1	0,9	3,4	70,4	4,0	2,8	13,0	8,0	1,0	9,0	33,8
ME PVC P5 CAMADA 2	5,7	6,0	0,7	2,5	0,4	1,4	0,7	0,1	1,2	3,8	66,0	7,0	4,2	14,0	7,0	1,0	12,0	38,2
ME PVC P5 CAMADA 3	5,6	6,0	0,7	5,0	0,3	0,8	0,5	0,1	1,4	3,1	51,0	7,0	2,6	8,0	5,0	1,0	14,0	30,6
ME PVC P5 CAMADA 4	4,9	5,2	0,7	6,0	0,3	1,0	0,6	0,1	1,9	3,9	48,6	7,0	2,9	10,0	6,0	1,0	19,0	38,9
ME PVC P6 CAMADA 1	6,1	6,3	2,7	5,0	1,3	2,5	1,5	0,1	1,2	6,6	80,3	27,0	12,9	25,0	15,0	1,0	12,0	65,9
ME PVC P6 CAMADA 2	6,4	6,5	3,4	7,9	1,1	3,0	1,6	0,1	1,1	6,9	82,7	34,0	11,3	30,0	16,0	1,0	11,0	69,3
ME PVC P6 CAMADA 3	6,1	6,2	4,3	7,0	1,1	3,2	1,8	0,1	1,9	8,1	75,3	43,0	10,9	32,0	18,0	1,0	19,0	80,9
ME PVC P7 CAMADA 1	4,0	5,2	0,6	2,1	0,0	0,3	0,2	0,1	1,5	2,1	25,2	6,0	0,4	3,0	2,0	1,0	15,0	21,4
ME PVC P7 CAMADA 2	4,5	5,6	0,2	2,1	0,0	0,3	0,2	0,1	1,2	1,8	28,2	2,0	0,1	3,0	2,0	1,0	12,0	18,1
ME PVC P7 CAMADA 3	5,7	6,2	0,3	2,2	0,1	0,5	0,3	0,1	0,7	1,7	52,4	3,0	0,8	5,0	3,0	1,0	7,0	16,8
ME PVC P7 CAMADA 4	6,3	7,4	0,2	2,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,7	1,7	52,9	2,0	1,0	5,0	3,0	1,0	7,0	17,0
ME PVC P8 CAMADA 1	5,5	5,8	0,6	7,0	0,4	1,6	0,7	0,1	1,2	4,0	67,4	6,0	3,9	16,0	7,0	1,0	12,0	39,9
ME PVC P8 CAMADA 2	5,5	5,7	0,6	7,9	0,4	1,5	0,6	0,1	1,9	4,5	55,1	6,0	3,5	15,0	6,0	1,0	19,0	44,5
ME PVC P8 CAMADA 3	5,3	5,4	0,4	8,5	0,5	1,8	1,2	0,1	1,5	5,1	68,3	4,0	4,5	18,0	12,0	1,0	15,0	50,5

ME PVC P9 CAMADA 1	4,3	5,0	0,6	2,1	0,0	0,3	0,2	0,1	1,1	1,7	31,0	6,0	0,4	3,0	2,0	1,0	11,0	17,4
ME PVC P9 CAMADA 2	4,7	5,7	0,3	2,2	0,0	0,3	0,2	0,1	1,1	1,7	30,2	3,0	0,2	3,0	2,0	1,0	11,0	17,2
ME PVC P9 CAMADA 3	4,9	6,0	0,1	2,1	0,0	0,3	0,2	0,1	1,0	1,6	31,7	1,0	0,1	3,0	2,0	1,0	10,0	16,1
ME PVC P9 CAMADA 4	5,0	6,1	0,1	2,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,8	1,4	36,2	1,0	0,1	3,0	2,0	1,0	8,0	14,1
ME PVC P9 CAMADA 5	5,0	6,3	0,2	2,2	0,0	0,3	0,2	0,1	0,8	1,4	36,2	2,0	0,1	3,0	2,0	1,0	8,0	14,1
ME PVC P 10 CAMADA 1	5,5	5,8	0,6	7,0	0,4	1,6	0,7	0,1	1,2	4,0	67,4	6,0	3,9	16,0	7,0	1,0	12,0	39,9
ME P PVC 10 CAMADA 2	5,5	5,7	0,6	7,9	0,4	1,5	0,6	0,1	1,9	4,5	55,1	6,0	3,5	15,0	6,0	1,0	19,0	44,5
ME PVC 10 CAMADA 3	5,3	5,4	0,4	8,5	0,5	1,8	1,2	0,1	1,5	5,1	68,3	4,0	4,5	18,0	12,0	1,0	15,0	50,5
ME PVC P11 CAMADA 1	4,2	5,5	0,3	2,3	0,0	0,3	0,2	0,1	1,9	2,5	20,6	3,0	0,2	3,0	2,0	1,0	19,0	25,2
ME PVC P11 CAMADA 2	4,6	6,0	0,2	2,5	0,0	0,3	0,2	0,1	1,1	1,7	30,2	2,0	0,2	3,0	2,0	1,0	11,0	17,2
ME PVC P11 CAMADA 3	4,5	5,8	0,2	2,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,8	1,4	36,2	2,0	0,1	3,0	2,0	1,0	8,0	14,1
ME PVC P11 CAMADA 4	5,0	6,1	0,2	2,4	0,0	0,3	0,2	0,1	0,8	1,4	36,2	2,0	0,1	3,0	2,0	1,0	8,0	14,1
ME PVC P12 CAMADA 2	6,0	6,7	0,2	2,1	0,1	0,5	0,3	0,1	0,9	1,9	46,5	2,0	0,7	5,0	3,0	1,0	9,0	18,7
ME PVC P12 CAMADA 3	5,2	6,3	0,2	2,3	0,0	0,4	0,2	0,1	0,8	1,5	40,4	2,0	0,1	4,0	2,0	1,0	8,0	15,1
ME PVC P12 CAMADA 4	5,4	6,7	0,3	3,2	0,0	0,4	0,2	0,1	0,8	1,5	40,4	3,0	0,1	4,0	2,0	1,0	8,0	15,1
ME PVC P13 CAMADA 1	5,4	5,6	0,6	9,4	0,5	1,5	0,8	0,1	1,4	4,3	65,1	6,0	5,0	15,0	8,0	1,0	14,0	43,0
ME PVC P13 CAMADA 2	5,5	5,7	0,2	8,1	0,2	0,9	0,4	0,1	1,0	2,6	57,5	2,0	1,9	9,0	4,0	1,0	10,0	25,9
ME PVC P13 CAMADA 3	5,5	5,8	0,4	9,6	0,2	1,0	0,7	0,1	1,2	3,2	59,8	4,0	2,3	10,0	7,0	1,0	12,0	32,3
ME PVC P13 CAMADA 4	5,7	6,1	0,4	9,5	0,1	0,7	0,5	0,1	1,4	2,8	47,2	4,0	1,4	7,0	5,0	1,0	14,0	28,4
ME PVC P13 CAMADA 5	5,5	5,7	4,0	12,1	0,4	1,9	1,2	0,1	1,4	5,0	70,2	40,0	4,4	19,0	12,0	1,0	14,0	50,4
ME PVC P13 CAMADA 6	5,9	6,2	1,4	13,4	0,4	1,5	0,9	0,1	1,4	4,3	64,9	14,0	3,7	15,0	9,0	1,0	14,0	42,7

### Amostras granulométricas Delta na foz da BHRJ no município de Belmonte

Amostra	AREIA						ARGILA	SILTE
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	AREIA TOTAL		
	g/kg							
Delta P1 0-20cm	429	425	125	0	0	979	9	12
20-40cm	287	422	246	4	0	959	22	19
40-60cm	207	411	210	7	0	835	88	77
60-80cm	216	387	217	0	0	820	89	91
80-100cm	316	421	157	0	0	894	50	56
100-120cm	306	373	174	10	0	863	65	72
Delta P2 0-20cm	13	24	82	351	298	768	115	117
20-40cm	13	30	92	328	281	744	129	127
40-60cm	11	25	93	315	335	779	108	113
60-80cm	18	49	175	298	288	828	61	111
80-100cm	14	34	166	400	265	879	43	78
100-120cm	57	102	189	272	245	865	51	84
Delta P3 0-20cm	24	68	84	57	140	373	244	383
20-40cm	43	78	66	46	117	350	252	398
40-60cm	29	78	84	58	128	377	268	355
60-80cm	45	110	112	79	143	489	210	301
80-100cm	26	152	255	169	112	714	113	173
100-120cm	82	156	206	183	129	756	85	159
Delta P4 0-20cm	0	0	17	165	321	503	149	349
20-40cm	0	0	15	121	280	416	145	439

40-60cm	0	20	11	80	274	385	168	447
60-80cm	0	4	15	76	261	356	192	452
80-100cm	0	8	28	97	316	449	180	371
100-120cm	10	38	74	100	350	572	130	298

### Análises químicas das amostras de sedimentos do Delta na foz da BHRJ no município de Belmonte

Amostra	Sistema Normal										Sistema Internacional								
	pH		%	ppm	mEq / 100 ml TFSA							g/dm <sub>3</sub>	mmolc / dm <sub>3</sub>						
	CaCl <sub>2</sub>	Agua	M.O	P res	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V %	M.O	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	
DELTA P1 00-20	6,1	7,5	0,2	9,6	0,1	0,5	0,3	0,1	0,8	1,8	51,1	2,0	1,4	5,0	3,0	1,0	8,0	18,4	
DELTA P1 20-40	6,2	6,8	0,3	9,8	0,4	0,9	0,5	0,1	0,7	2,6	69,1	3,0	3,9	9,0	5,0	1,0	7,0	25,9	
DELTA P1 40-60	4,8	4,8	1,4	10,4	0,7	1,9	1,0	0,1	1,5	5,2	69,3	14,0	7,1	19,0	10,0	1,0	15,0	52,1	
DELTA P1 60-80	4,5	4,5	0,7	13,2	0,5	1,8	0,9	0,1	1,5	4,8	66,5	7,0	4,7	18,0	9,0	1,0	15,0	47,7	
DELTA P1 80-100	4,6	4,6	0,9	9,8	0,4	1,5	0,8	0,1	1,2	4,0	67,6	9,0	4,1	15,0	8,0	1,0	12,0	40,1	
DELTA P1 100-120	4,9	5,0	1,1	11,1	0,4	1,5	0,9	0,1	1,4	4,3	65,0	11,0	3,9	15,0	9,0	1,0	14,0	42,9	
DELTA P2 00-20	5,6	6,2	0,2	12,0	0,5	1,3	0,6	0,1	1,0	3,5	68,7	2,0	5,1	13,0	6,0	1,0	10,0	35,1	
DELTA P2 20-40	5,9	6,3	0,2	11,8	0,5	1,0	0,6	0,1	1,1	3,3	63,6	2,0	5,0	10,0	6,0	1,0	11,0	33,0	
DELTA P2 40-60	4,7	4,7	0,7	11,3	0,5	1,4	0,6	0,1	1,2	3,8	65,8	7,0	5,0	14,0	6,0	1,0	12,0	38,0	
DELTA P2 60-80	3,9	3,9	0,4	10,0	0,4	1,5	0,8	0,3	1,7	4,7	57,4	4,0	3,9	15,0	8,0	3,0	17,0	46,9	
DELTA P2 80-100	3,8	3,8	0,3	12,3	0,3	0,7	0,4	0,3	1,3	3,0	47,4	3,0	3,4	7,0	4,0	3,0	13,0	30,4	
DELTA P2 100-120	3,8	3,9	0,2	13,1	0,3	0,9	0,5	0,2	1,3	3,2	53,4	2,0	3,2	9,0	5,0	2,0	13,0	32,2	
DELTA P3 00-20	6,5	6,6	0,7	20,0	0,8	1,5	0,8	0,1	1,1	4,3	71,9	7,0	7,7	15,0	8,0	1,0	11,0	42,7	
DELTA P3 20-40	6,6	6,8	0,8	20,0	0,9	1,6	0,8	0,1	0,9	4,3	76,5	8,0	8,6	16,0	8,0	1,0	9,0	42,6	
DELTA P3 40-60	6,5	6,5	0,6	20,1	0,9	1,5	0,7	0,1	1,1	4,3	71,8	6,0	8,6	15,0	7,0	1,0	11,0	42,6	
DELTA P3 60-80	5,4	5,4	0,3	19,1	0,7	1,9	1,0	0,1	1,4	5,1	70,7	3,0	7,1	19,0	10,0	1,0	14,0	51,1	
DELTA P3 80-100	4,6	4,6	0,6	17,0	0,4	1,7	0,7	0,1	2,4	5,3	52,9	6,0	4,1	17,0	7,0	1,0	24,0	53,1	
DELTA P3 100-120	4,9	5,2	0,2	14,3	0,4	1,0	0,6	0,1	1,4	3,5	56,9	2,0	3,8	10,0	6,0	1,0	14,0	34,8	
DELTA P4 00-20	5,6	5,7	0,7	10,9	0,4	1,6	0,8	0,1	1,2	4,1	68,5	7,0	4,3	16,0	8,0	1,0	12,0	41,3	
DELTA P4 20-40	5,5	5,5	0,7	9,8	0,4	1,2	0,7	0,1	1,4	3,8	60,4	7,0	3,9	12,0	7,0	1,0	14,0	37,9	
DELTA P4 40-60	5,6	5,6	0,7	8,5	0,4	1,0	0,6	0,1	1,2	3,3	60,4	7,0	3,8	10,0	6,0	1,0	12,0	32,8	
DELTA P4 60-80	5,6	5,8	0,9	9,6	0,4	1,3	0,7	0,1	1,5	4,0	59,7	9,0	3,7	13,0	7,0	1,0	15,0	39,7	
DELTA P4 80-100	5,0	5,0	1,1	14,3	0,4	1,5	0,9	0,1	1,7	4,6	61,2	11,0	4,4	15,0	9,0	1,0	17,0	46,4	
DELTA P4 100-120	4,3	4,5	1,2	18,3	0,4	1,0	0,6	0,1	1,7	3,8	53,1	12,0	4,4	10,0	6,0	1,0	17,0	38,4	

Amostra	Sistema Normal											Sistema Internacional						
	pH		%	ppm	mEq / 100 ml TFSA							g/dm <sub>3</sub>	mmolc / dm <sub>3</sub>					
	CaCl <sub>2</sub>	Agua	M.O	P res	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V %	M.O	K	Ca	Mg	Al	H	CTC
DELTA PVC P1 CAMADA 1	5,2	5,5	0,2	10,0	0,2	0,3	0,2	0,1	0,7	1,5	44,8	2,0	1,5	3,0	2,0	1,0	7,0	14,5
DELTA PVC P1 CAMADA 2	5,6	6,1	4,5	0,0	1,7	6,8	3,5	0,1	1,2	13,3	90,2	45,0	17,1	68,0	35,0	1,0	12,0	133,1
DELTA PVC P2 CAMADA 1	5,7	5,9	0,4	10,4	0,4	1,0	0,6	0,1	1,1	3,2	62,5	4,0	4,0	10,0	6,0	1,0	11,0	32,0
DELTA PVC P3 CAMADA 1	6,1	6,2	0,3	14,9	0,6	1,8	1,0	0,1	1,2	4,7	72,3	3,0	5,9	18,0	10,0	1,0	12,0	46,9
DELTA PVC P3 CAMADA 2	4,5	4,8	1,4	12,0	0,5	2,1	1,0	0,1	2,1	5,8	61,7	14,0	4,5	21,0	10,0	1,0	21,0	57,5
DELTA PVC P3 CAMADA 3	4,4	4,6	0,2	8,9	0,0	0,5	0,3	0,1	0,9	1,8	45,7	2,0	0,4	5,0	3,0	1,0	9,0	18,4
DELTA PVC P4 CAMADA 1	6,1	6,2	0,6	7,9	0,6	1,6	0,8	0,1	1,1	4,2	71,6	6,0	6,3	16,0	8,0	1,0	11,0	42,3
DELTA PVC P4 CAMADA 2	5,9	6,0	0,4	7,0	0,3	1,1	0,6	0,1	1,1	3,2	63,0	4,0	3,4	11,0	6,0	1,0	11,0	32,4
DELTA PVC P4 CAMADA 3	5,9	6,1	0,6	12,1	0,4	1,4	0,9	0,1	0,9	3,7	72,8	6,0	3,7	14,0	9,0	1,0	9,0	36,7
DELTA PVC P4 CAMADA 4	5,7	5,9	1,7	13,6	0,6	1,8	1,0	0,1	1,1	4,6	74,1	17,0	6,3	18,0	10,0	1,0	11,0	46,3

**Amostras granulométricas da margem direita na foz da BHRJ no município de Belmonte**

Amostra	AREIA						ARGILA	SILTE
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	AREIA TOTAL		
	g/kg							
MD P1 0-20cm	49	537	382	17	0	985	3	12
20-40cm	74	746	160	0	0	980	6	14
40-60cm	202	653	102	8	0	965	9	26
60-80cm	199	629	128	10	0	966	9	25
MD P2 0-20cm	424	376	166	5	0	971	1	28
20-40cm	71	93	472	329	12	977	1	22
40-60cm	75	63	460	349	18	965	5	30
60-80cm	85	108	466	280	23	962	4	34
80-100cm	109	138	412	235	38	932	22	46
100-120cm	110	129	280	164	116	799	57	144
MD P3 0-20cm	8	80	188	517	167	960	12	28
20-40cm	11	79	176	513	185	964	17	19
40-60cm	0	23	91	639	216	969	13	18
MD P4 0-20cm	9	19	107	381	302	818	71	111
20-40cm	6	19	61	336	273	695	109	196
40-60cm	6	11	71	250	344	682	113	205
60-80cm	0	5	61	255	345	666	126	208
80-100cm	0	13	62	247	351	673	127	200
100-120cm	0	30	669	275	13	987	1	12

MD P5 não coletado (raízes aéreas de mangue)

MD P6	0-								
20cm		0	0	191	575	207	973	13	14
20-40cm		0	45	265	529	128	967	9	24
40-60cm		0	42	300	511	109	962	14	24
60-80cm		0	65	353	467	81	966	9,5	24,5
MD P7	0-								
20cm		0	5	9	18	279	311	197	492
20-40cm		0	0	0	12	236	248	231	521
40-60cm		0	0	0	8	243	251	219	530
60-80cm		0	0	6	8	264	278	209	513
80-100cm		0	0	0	13	254	267	205	528
100-120cm		43	68	78	31	244	464	155	381
MD P8	0-								
20cm		0	0	20	98	369	487	121	392
20-40cm		0	0	15	68	329	412	163	425
40-60cm		0	0	8	74	305	387	168	446
60-80cm		0	0	10	73	336	419	183	398
80-100cm		0	0	15	74	351	440	189	371
100-120cm		0	0	25	158	329	512	148	340

**Análises químicas das amostras de sedimentos da margem direita na foz da BHRJ no município de Belmonte**

Amostra	Sistema Normal										Sistema Internacional							
	pH		%	ppm	mEq / 100 ml TFSA						g/dm <sup>3</sup>	mmolc / dm <sup>3</sup>						
	CaCl <sub>2</sub>	Água	M.O	Pres	K	Ca	Mg	Al	H	CT	V %	M.O	K	Ca	Mg	Al	H	CT
MD P1 00-20	6,7	7,2	0,3	3,3	0,1	1,0	0,6	0,1	0,7	2,5	67,6	3,0	0,7	10,0	6,0	1,0	7,0	24,7
MD P1 20-40	7,7	8,7	0,2	5,4	0,1	0,5	0,3	0,1	0,7	1,7	53,2	2,0	1,1	5,0	3,0	1,0	7,0	17,1
MD P1 40-60	8,1	8,9	0,2	5,3	0,1	1,0	0,7	0,1	0,7	2,6	69,2	2,0	1,0	10,0	7,0	1,0	7,0	26,0
MD P1 60-80	8,3	8,8	0,2	5,6	0,1	0,9	0,7	0,1	0,7	2,5	68,1	2,0	1,1	9,0	7,0	1,0	7,0	25,1
MD P2 00-20	5,0	5,8	0,5	6,4	0,1	0,3	0,2	0,1	1,1	1,8	31,4	5,0	0,5	3,0	2,0	1,0	11,0	17,5
MD P2 20-40	5,3	6,1	0,3	6,5	0,0	0,3	0,2	0,1	1,1	1,7	31,0	3,0	0,4	3,0	2,0	1,0	11,0	17,4
MD P2 60-80	5,6	6,3	0,5	6,9	0,1	0,3	0,2	0,1	0,9	1,6	35,9	5,0	0,6	3,0	2,0	1,0	9,0	15,6
MD P2 80-100	5,4	6,3	0,2	6,6	0,0	0,3	0,2	0,1	0,8	1,4	37,1	2,0	0,3	3,0	2,0	1,0	8,0	14,3
MD P3 00-20	4,9	5,9	0,6	6,0	0,0	0,4	0,2	0,1	1,0	1,7	36,8	6,0	0,4	4,0	2,0	1,0	10,0	17,4
MD P3 20-40	5,2	6,3	0,3	6,7	0,1	0,3	0,2	0,1	0,9	1,6	35,5	3,0	0,5	3,0	2,0	1,0	9,0	15,5
MD P3 40-60	5,2	6,1	0,2	10,2	0,0	0,3	0,2	0,1	1,2	1,8	29,4	2,0	0,4	3,0	2,0	1,0	12,0	18,4
MD P4 00-20	5,7	5,9	0,5	15,6	0,5	1,2	0,9	0,1	1,4	4,1	63,5	5,0	5,1	12,0	9,0	1,0	14,0	41,1
MD P4 20-40	5,8	5,9	0,7	14,8	0,5	1,4	1,0	0,1	1,2	4,2	68,8	7,0	4,7	14,0	10,0	1,0	12,0	41,7
MD P4 40-60	5,7	5,8	0,9	10,0	0,0	1,1	1,1	0,0	1,1	4,8	75,0	9,0	7,3	18,0	11,0	1,0	11,0	48,3

				5	7	8	1	1	1		2			0	0		0	
MD P4 60-80	5,6	5,6	1,4	9,6	0,7	1,6	0,9	0,1	1,1	4,4	72,5	14,0	6,7	16,0	9,0	1,0	11,0	43,7
MD P4 80-100	5,7	5,7	1,1	9,9	0,9	1,5	0,8	0,1	1,5	4,8	66,4	11,0	8,6	15,0	8,0	1,0	15,0	47,6
MD P4 100-120	4,6	4,6	2,6	12,3	0,7	1,9	1,2	0,1	2,7	6,6	57,4	26,0	6,7	19,0	12,0	1,0	27,0	65,7
MD P5 não coletado (raízes mangue)																		
MD P6 00-20	5,6	5,9	2,2	14,3	0,7	2,0	1,6	0,1	1,9	6,3	68,4	22,0	7,2	20,0	16,0	1,0	19,0	63,2
MD P6 20-40	5,3	5,4	2,6	14,2	0,8	2,2	1,5	0,1	1,7	6,3	71,6	26,0	8,3	22,0	15,0	1,0	17,0	63,3
MD P6 40-60	5,1	5,2	4,2	15,3	1,0	3,2	1,9	0,1	3,3	9,5	64,3	42,0	10,3	32,0	19,0	1,0	33,0	95,3
MD P7 00-20	4,4	4,5	1,7	11,5	0,4	0,9	0,4	0,2	2,6	4,5	37,4	17,0	3,7	9,0	4,0	2,0	26,0	44,7
MD P7 20-40	4,2	4,5	2,0	13,4	0,5	1,2	0,7	0,2	2,6	5,2	45,7	20,0	4,6	12,0	7,0	2,0	26,0	51,6
MD P7 40-60	4,8	4,9	1,7	10,9	0,7	1,5	0,8	0,1	2,7	5,8	51,6	17,0	6,8	15,0	8,0	1,0	27,0	57,8
MD P7 60-80	4,8	5,1	1,8	11,0	0,7	1,2	0,9	0,1	3,0	5,9	47,6	18,0	7,1	12,0	9,0	1,0	30,0	59,1
MD P7 80-100	4,6	4,9	1,8	10,6	0,6	1,6	0,9	0,1	4,1	7,3	42,8	18,0	6,4	16,0	9,0	1,0	41,0	73,4
MD P7 100-120	4,6	4,6	2,2	10,2	0,7	2,0	1,5	0,1	4,1	8,4	50,1	22,0	7,2	20,0	15,0	1,0	41,0	84,2
MD P8 00-20	5,6	5,8	0,2	9,8	0,0	0,4	0,2	0,1	0,8	1,5	40,8	2,0	0,2	4,0	2,0	1,0	8,0	15,2
MD P8 20-40	6,6	7,7	0,3	10,2	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,3	39,9	3,0	0,3	3,0	2,0	1,0	7,0	13,3
MD P8 40-60	6,7	7,5	0,2	9,8	0,1	0,3	0,2	0,1	0,7	1,4	41,2	2,0	0,6	3,0	2,0	1,0	7,0	13,6
MD P8 60-80	3,1	3,1	0,4	9,9	0,0	0,6	0,4	0,9	1,6	3,5	29,0	4,0	0,2	6,0	4,0	9,0	16,0	35,2
MD P8 80-100	3,2	3,2	0,5	11,9	0,0	0,9	0,5	0,1	2,1	4,5	31,6	5,0	0,3	9,0	5,0	10,0	21,0	45,3

MD P8 100-120	3,6	3,6	1,7	12,8	0,3	1,5	0,7	0,5	4,7	7,7	32,5	17,0	3,0	15,0	7,0	5,0	47,0	77,0
MD P9 00-20	5,6	5,8	0,2	9,8	0,0	0,4	0,2	0,1	0,8	1,5	40,8	2,0	0,2	4,0	2,0	1,0	8,0	15,2
MD P9 20-40	6,6	7,7	0,3	10,2	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,3	39,9	3,0	0,3	3,0	2,0	1,0	7,0	13,3
MD P9 40-60	6,7	7,5	0,2	9,8	0,1	0,3	0,2	0,1	0,7	1,4	41,2	2,0	0,6	3,0	2,0	1,0	7,0	13,6
MD P9 60-80	3,1	3,1	0,4	9,9	0,0	0,6	0,4	0,9	1,6	3,5	29,0	4,0	0,2	6,0	4,0	9,0	16,0	35,2
MD P9 80-100	3,2	3,2	0,5	11,9	0,0	0,9	0,5	1,0	2,1	4,5	31,6	5,0	0,3	9,0	5,0	10,0	21,0	45,3
MD P9 100-120	3,6	3,6	1,7	12,8	0,3	1,5	0,7	0,5	4,7	7,7	32,5	17,0	3,0	15,0	7,0	5,0	47,0	77,0

Amostra	Sistema Normal											Sistema Internacional							
	pH		%	ppm	mEq / 100 ml TFSA							g/dm <sub>3</sub>	mmolc / dm <sub>3</sub>						
	CaCl <sub>2</sub>	Agua	M. O	P res	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V %	M.O	K	Ca	Mg	Al	H	CT C	
MD PVC P1 CAMADA 1	6,6	7,3	0,2	4,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,7	1,7	51,5	2,0	0,5	5,0	3,0	1,0	7,0	16,5	
MD PVC P1 CAMADA 2	7,5	8,4	0,2	2,5	0,1	0,6	0,3	0,1	0,7	1,8	54,3	2,0	0,5	6,0	3,0	1,0	7,0	17,5	
MD PVC P1 CAMADA 3	7,8	8,6	0,3	2,9	0,1	0,6	0,3	0,1	0,7	1,8	54,8	3,0	0,7	6,0	3,0	1,0	7,0	17,7	
MD PVC P1 CAMADA 4	8,1	8,6	0,3	4,3	0,1	0,9	0,4	0,1	0,7	2,2	63,5	3,0	0,9	9,0	4,0	1,0	7,0	21,9	
MD PVC P2 CAMADA 1	6,5	7,2	0,2	4,5	0,0	0,4	0,2	0,1	0,7	1,4	44,1	2,0	0,3	4,0	2,0	1,0	7,0	14,3	
MD PVC P2 CAMADA 2	7,0	7,8	0,2	2,9	0,1	0,3	0,2	0,1	0,7	1,4	41,6	2,0	0,7	3,0	2,0	1,0	7,0	13,7	
MD PVC P2 CAMADA 3	4,2	4,4	2,6	10,8	0,5	2,4	0,7	0,3	2,5	6,4	56,5	26,0	5,3	24,0	7,0	3,0	25,0	64,3	
MD PVC P3 CAMADA 1	5,0	6,2	0,3	2,1	0,1	0,6	0,4	0,1	0,9	2,1	51,2	3,0	0,5	6,0	4,0	1,0	9,0	20,5	
MD PVC P3 CAMADA 2	5,5	6,6	0,2	2,1	0,0	0,4	0,2	0,1	0,8	1,5	40,8	2,0	0,2	4,0	2,0	1,0	8,0	15,2	
MD PVC P4 CAMADA ÚNICA	4,0	4,2	1,6	7,3	0,4	1,2	0,5	0,3	2,5	4,9	43,1	16,0	4,2	12,0	5,0	3,0	25,0	49,2	
MD PVC P5 (RAÍZES NÃO COLETADO)																			
MD PVC P6 CAMADA 1	5,2	5,9	0,4	2,7	0,1	0,4	0,2	0,1	0,9	1,7	39,8	4,0	0,6	4,0	2,0	1,0	9,0	16,6	
MD PVC P6 CAMADA 2	5,9	6,6	0,2	2,9	0,1	0,4	0,2	0,1	0,8	1,6	42,3	2,0	0,6	4,0	2,0	1,0	8,0	15,6	
MD PVC P6 CAMADA 3	6,0	6,7	0,3	2,1	0,0	0,4	0,2	0,1	0,8	1,5	40,8	3,0	0,2	4,0	2,0	1,0	8,0	15,2	
MD PVC P7 CAMADA 1	4,6	5,0	2,4	9,4	0,5	1,8	0,8	0,1	1,7	4,9	63,1	24,0	4,8	18,0	8,0	1,0	17,0	48,8	
MD PVC P7 CAMADA 2	5,6	6,0	0,8	8,5	0,5	1,7	0,7	0,1	1,2	4,2	68,9	8,0	4,8	17,0	7,0	1,0	12,0	41,8	
MD PVC P8 CAMADA 1	6,6	8,5	0,6	2,5	0,1	0,4	0,2	0,1	0,7	1,5	47,4	6,0	1,2	4,0	2,0	1,0	7,0	15,2	
MD PVC P8 CAMADA 2	6,8	7,6	0,2	2,4	0,1	0,5	0,3	0,1	0,7	1,7	52,1	2,0	0,7	5,0	3,0	1,0	7,0	16,7	
MD PVC P9 CAMADA 1	4,6	4,7	0,3	10,1	0,3	1,0	0,6	0,1	3,3	5,3	36,3	3,0	3,4	10,0	6,0	1,0	33,0	53,4	
MD PVC P9 CAMADA 2	4,7	4,9	0,2	10,5	0,4	1,0	0,6	0,1	2,1	4,2	47,2	2,0	3,7	10,0	6,0	1,0	21,0	41,7	
MD PVC P9 CAMADA 3	5,5	5,6	0,3	9,8	0,4	1,4	0,7	0,1	1,1	3,7	67,3	3,0	3,7	14,0	7,0	1,0	11,0	36,7	
MD PVC P9 CAMADA 4	5,4	5,7	0,6	9,3	0,5	1,4	0,7	0,1	1,5	4,2	61,8	6,0	4,9	14,0	7,0	1,0	15,0	41,9	