

Paulo Ricardo Cardoso Júnior

**CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS  
AMBIENTAIS DECORRENTES DA  
IMPLANTAÇÃO DO PORTO FLUVIAL NO  
MUNICÍPIO DE HUMAITÁ – ATERROS E  
CONTENÇÕES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Instituto de Tecnologia  
Mestrado Profissional e Processos Construtivos e  
Saneamento Urbano

Dissertação orientada pelo Professor Dr. Ronaldo Lopes  
Rodrigues Mendes

Belém – Pará – Brasil  
2014



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
MESTRADO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO**

**CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS  
DECORRENTES DA IMPLANTAÇÃO DO PORTO FLUVIAL NO  
MUNICÍPIO DE HUMAITÁ – ATERROS E CONTENÇÕES**

**PAULO RICARDO CARDOSO JÚNIOR**

**Belém – PA  
2014**



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
MESTRADO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO**

**CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS  
DECORRENTES DA IMPLANTAÇÃO DO PORTO FLUVIAL NO  
MUNICÍPIO DE HUMAITÁ – ATERROS E CONTENÇÕES**

**PAULO RICARDO CARDOSO JÚNIOR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano da Universidade Federal do Pará como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

**Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes**

**Co-orientador: Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira**

Belém – PA  
2014

# **CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA IMPLANTAÇÃO DO PORTO FLUVIAL NO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ – ATERROS E CONTENÇÕES**

**PAULO RICARDO CARDOSO JÚNIOR**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, área de concentração Saneamento Urbano, *definida de acordo com o Regimento do PPCS*, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano (PPCS) do Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014.

---

Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira  
(Coordenador do PPCS)

---

Prof. Dr. Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes  
(Orientador – UFPA)

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. João Augusto Pereira Neto  
(Examinador Externo – UFPA)

---

Prof. Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves  
(Examinador Interno – UFPA)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho a minha esposa, as minhas filhas, meus pais e a toda a minha família.

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela Sua infinita misericórdia.

Aos meus pais, irmãs, esposa e filhas pelo apoio constante e razão *sine qua non* do que sou hoje.

Aos superiores, pares e subordinados que auxiliaram de forma direta ou indireta na conclusão deste trabalho.

Agradeço ao Professor Orientador e a todos os colegas de curso pelo incentivo ao término desse trabalho.

Ao grande amigo Francisco Helder, pelo apoio durante esta pesquisa.

A Universidade Federal do Pará- UFPA, a todos os professores do curso, em especial ao Dr. Ronaldo Mendes e Denio Raman, meus orientadores, pelo direcionamento com excelência.

Ao Instituto Galileo da Amazônia – ITEGAM, Dr . Jandecy Cabral Leite e Tereza Filipe, por proporcionar o curso de mestrado e apoio durante todo o trajeto.

Há homens que lutam um dia e são bons.  
Há outros que lutam um ano e são  
melhores.

Há os que lutam muitos anos e são muito  
bons.

Porém, há os que lutam toda a vida.  
Esses são os imprescindíveis."

**Bertolt Brecht.**

## RESUMO

O presente estudo apresenta as ideias que conduziram a pesquisa realizada no período entre os anos 2012 e 2014, no município de Humaitá localizado às proximidades da margem esquerda do Rio Madeira. O trabalho visou caracterizar os impactos ambientais decorrentes da implantação do porto fluvial no município de Humaitá – aterros e contenções. Neste contexto, a implantação de um Terminal Hidroviário alavancou significativamente a organização portuária para embarque e desembarque de passageiros e de cargas. Porém, evidenciou problemas construtivos na execução do aterro e na contenção em geo-célula que passou a ser motivo de investigação. Para isso, a divulgação dos dados obtidos em visita técnicas ao longo da construção e definições de parâmetros da melhor solução de implementação serviram de alicerce da metodologia empregada, qual foi possível trabalhar com as pesquisas do tipo bibliográfica, exploratória, assim caracterizando um estudo de caso o qual proporcionou um maior esclarecimento do tema proposto e resultados obtidos. Para melhor compressão dos dados obtidos foi utilizado o método qualitativo fazendo o uso de tabelas para demonstração e esclarecimento dos resultados alcançados. Diante das análises dos dados obtidos foi possível identificar os locais em que o solo possa sofrer erosão e sugerir-se a presença de monitoramento contínuo através de um consultor na área ambiental e paisagística, disponibilização de recursos financeiros inseridos com as problemáticas e cronogramas de projeto melhores definidos. Explorar novas soluções tecnológicas, promovendo a sustentabilidade nas ações relacionadas à instalação e operação dos terminais, distinguindo o porto como um líder ambiental e de cumprimento da legislação e engajando e educando a comunidade sobre o desenvolvimento do porto e seus programas ambientais segue como premissa deste trabalho. É necessário que as Autoridades Portuárias parem de ver os custos em meio ambiente como um gasto extra da atividade, redutor dos lucros, passando a encarar esses gastos como investimento, são algumas das oportunidades que levamos a divulgar amplamente aos nossos sucessores, não ficando somente a construção física de uma estrutura portuária o sentimento de dever cumprido.

**Palavras-chave:** Impactos Ambientais. Porto Fluvial. Aterros e Contenção.

## ABSTRACT

This study presents the ideas that led to the research conducted in the period between the years 2012 and 2014, the city of Humaita located close to the left bank of the Rio Madeira. The study aimed to characterize the environmental impacts of implementing the river port in the city of Humaita - landfills and containment. In this context, the implementation of a Waterway Terminal significantly leveraged the port organization for embarkation and disembarkation of passengers and cargo. However, showed constructive problems running the landfill and containment geo-cell that became the focus of research. For this, the dissemination of data in technical visits throughout construction and parameter settings of the best deployment solution served as the foundation of the methodology, which was able to work with the research literature, exploratory, thus characterizing a case study which provided further clarification of the proposed theme and results. To better compression of the qualitative data method making use of tables for demonstration and explanation of the results obtained was used. Given the analysis of the data was possible to identify the locations where the soil may erode and suggest the presence of continuous monitoring through a consultant in environmental and landscape area, availability of financial resources inserted with the problem and project timelines best defined. Explore new technological solutions promoting sustainability in activities related to the installation and operation of terminals, distinguishing the port as an environmental leader and compliance and engaging and educating the community about the development of the port and its environmental programs follows the premise of this work . It is necessary that the Port Authorities stop to see the costs on the environment as an extra expense of activity, reducing the profits going to face these expenses as an investment, are some of the opportunities we take to widely disseminate our successors, not only getting the physical construction of a port structure the feeling of accomplishment.

**Key-words:** Environmental Impacts. River Port. Landfill and Containment.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	21
1.0 OBJETIVOS	24
2.0 METODOLOGIA	25
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b>	28
3.1 MORFOLOGIA DOS TERRENOS NA ORLA DO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ	28
3.2 ASPECTOS CONSIDERADOS EM PROJETO RELACIONADOS À EXECUÇÃO DA OBRA	33
3.2.1 Proteção e estabilização das margens	35
3.2.2 Ação erosiva das Correntes	41
3.2.3 Velocidade Média Máxima Admissível	42
3.3 PROTEÇÕES CONTÍNUAS	43
3.3.1 Revestimentos flexíveis	44
3.3.2 Proteção com Enrocamento	45
<b>4 BATIMETRIA E HIDROLOGIA DO RIO MADEIRA SOBRE O PORTO DE HUMAITÁ – VARIAÇÃO DA INFLUÊNCIA HIDRÍCA NA REGIÃO</b>	47
4.1 BATIMETRIA: CONCEITOS E DEFINIÇÕES	47
4.2 DEPOSIÇÃO DE MATERIAIS NAS ENCOSTAS	49
4.3 ACÚMULO DE MATÉRIA ORGÂNICA NOS PORTOS	51
<b>5 IMPACTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DAS ALTERAÇÕES NA ORLA FLUVIAL DO PORTO FLUVIAL DE HUMAITÁ</b>	54
5.1 Relação da obra com o contexto hídrico e ambiental	58
<b>6 ASPECTOS AMBIENTAIS PARA NOVOS PORTOS</b>	62
<b>CONCLUSÃO</b>	68
<b>REFERÊNCIAS</b>	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Porto de Humaitá.....	29
Figura 2: Vista frontal da Cidade.....	30
Figura 3: Geologia da região no porto de Humaitá.....	31
Figura 4: Precipitação média anual para a Cidade de Humaitá.....	33
Figura 5: Cotas do rio Madeira.....	34
Figura 6: Sedimentação após a vazante do rio Madeira.....	35
Figura 7: Esquema da instabilidade geotécnica.....	40
Figura 8: Detalhe de reforço da geogrelha.....	43
Figura 9: Detalhe da geocélula.....	44
Figura 10: Tipos de proteção por enrocamento.....	45
Figura 11: levantamento batimétrico.....	47
Figura 12: Acúmulo de materiais nas Encostas de Humaitá.....	50
Figura 13: Formas de margens.....	50
Figura 14: Lançamentos de águas pluviais na orla de Humaitá.....	56
Figura 15: Ações do rio na orla de Humaitá.....	57
Figura 16: Acumulo de sedimentos na orla de Humaita.....	59
Figura 17: Alterações na orla durante a construção do porto.....	61
Figura 18: Impactos durante a cheia do Rio Madeira.....	61
Figura 19: Acúmulo de sedimentos no talude.....	63
Figura 20: Danos provocados em períodos de cheia.....	64
Figura 21: Trincas no talude.....	64
Figura 22: Acúmulo de sedimentos.....	65
Figura 23: Acúmulo de sedimentos.....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Inclinação dos taludes.....	40
Tabela 2: Inclinação dos taludes.....	41
Tabela 3: Velocidades Máximas Admissíveis.....	42
Tabela 4: Graduação e os detalhes construtivos.....	46
Tabela 5: Matriz de impactos positivos e negativos do porto de Humaitá.....	54
Tabela 6: Impactos causados durante a implantação e operação do porto.....	55

## INTRODUÇÃO

O aumento excessivo da população no planeta, somado ao crescimento acelerado e desordenado das grandes metrópoles faz com que a humanidade torne-se cada vez mais capitalista e menos humanista. Tal constatação proporciona uma dicotomia, de um lado o crescimento econômico, e do outro o aumento dos problemas ambientais, que decorrem de uma política excessiva da produção e do consumo exagerado.

Por estas consequências ao ambiente, pesquisadores e cientistas buscam maneiras para solucionar ou minimizar os problemas ambientais do planeta, utilizando como principal arma, a execução do Desenvolvimento Sustentável, uma arma que veem sendo bastante utilizada para diminuir um grande problema de impacto ambiental.

Diante deste contexto o presente trabalho teve como objetivo geral caracterizar os impactos ambientais decorrentes da implantação do porto fluvial no município de Humaitá – aterros e contenções. Visto que o rio Madeira se encontra em franco processo de enchente sazonal e neste período a força da correnteza chega a alcançar até 9 nós (16,2 km/h) de velocidade, em alguns trechos, dos 1.100 quilômetros navegáveis do rio, desde a sua foz, no município amazonense de Itacoatiara, até a cidade de Porto Velho, no estado de Rondônia. Por ser o rio geomorfologicamente novo, está em constante busca do seu canal preferencial de navegação, sendo o seu leito dinâmico e suas margens pouco resistentes ao ímpeto das enchentes, admitindo, então, mudanças no seu traçado de navegação de algo em torno de 10 por cento anualmente, (RACHID, 2010).

No Brasil, a engenharia de portos em seu próprio conceito, é considerada como obra especial, isto é, pela natureza da agressividade natural da água corrente em uma estrutura artificial; as Normas Brasileiras que regem este tipo de construção abordam uma mão-de-obra especializada; uma necessária manutenção constante; a rigorosa escolha dos insumos utilizados em sua construção e também pelas próprias condições geológicas e geotécnicas como uma variável que influencia todo o contexto da futura construção que tem variações dependendo do local aonde venha a ser construída.

Conforme explica Rachid (2010, p. 10), a movimentação das águas, os sedimentos carregados, os efeitos imediatos, a médio e longo prazo na estrutura, a descrição dos processos costeiros e estuarinos de dinâmica do escoamento das águas que caracterizam o conjunto essencial descritivo do comportamento desses corpos d'água, são alguns itens que devem ser analisados para melhor compreensão de uma obra portuária.

Ainda para Rachid (2010), os portos fluviais diferem dos marítimos por não exigirem quase nunca abrigo contra a agitação. Ao longo das hidrovias interiores, as embarcações podem sempre acostar nas margens, desde que existam condições de acesso, não se exigindo grande concentração de instalações portuárias.

O tema que foi tratado no presente trabalho, destaca-se por sua operacionalidade logística, já que proporcionará dados que são relevantes para uma construção portuária como essa do Porto de Humaitá e também servirá como literatura para que haja mais estudos sobre o assunto.

O Brasil possui 63 mil quilômetros de extensão total de águas, 40.000km de rios, lagos e lagoas potencialmente navegáveis, 29.000km disponíveis, mas hoje só utilizam comercialmente pouco mais de 13 mil quilômetros. Ao todo, são nove grandes bacias, sendo que a principal delas, a Amazônica, conta com 18.300km de rios, formando um dos maiores patrimônios hídricos do mundo e, atualmente, são transportadas pelas hidrovias brasileiras cerca de 45 milhões de toneladas de cargas/ano. Contudo, estima-se em 160 milhões de toneladas o potencial de carga que poderia ser transportada, se todas as hidrovias estivessem plenamente implantadas (TEIXEIRA; CAMPEÃO, 2013).

Os projetos dos portos fluviais amazônicos, além da necessidade de incorporar solução para operação em locais com elevada variação de nível d'água, entre os períodos de cheia e vazante, devem também produzir o menor impacto ambiental. Nesse aspecto, por acompanharem a variação do nível d'água e não oferecerem obstáculos à descarga fluvial, o que poderia resultar em assoreamento ou outras transformações no relevo da margem e do leito do rio, o cais flutuante tem apresentado grande vantagem, em relação aos demais projetos portuários fluviais, na Amazônia. Historicamente, o porto de Manaus foi construído com essa técnica no início do século XX, e a Portobras construiu outros cinco nos anos oitenta, que estão sendo reformados (RACHID, 2010).

A variação do nível d'água nos rios da bacia hidrográfica do Amazonas, entre as estações de vazante e cheia, pode chegar a 15 metros e inviabiliza a elaboração de projetos convencionais para os seus terminais hidroviários, obrigando aos projetistas a utilização de soluções diferentes das adotadas para a maioria dos portos da costa marítima brasileira. O emprego de cais flutuantes para atracação e acostagem de embarcações e de estruturas de acesso de passageiros e cargas ajustáveis à variação do nível d'água possibilita diferentes posicionamentos ao terminal hidroviário, entre as estações de vazante e cheia, que é fundamental para a garantia de sua operação ininterrupta (VIANA JÚNIOR et al., 2010).

Diante dos sérios problemas ambientais observados no município, surgiu à necessidade de caracterizar os impactos ambientais decorrentes da implantação do porto fluvial no município de Humaitá – aterros e contenções. Esta problemática foi verificada a partir das experiências vivenciadas na obra, podendo-se cogitar a falta de trabalhos e propostas que integram as questões relacionadas a natureza e desenvolvimento sustentável.

Desse modo, é necessário implementar e fazer avançar a concepção da sustentabilidade através da execução de práticas que possam melhorar a proteção em determinadas áreas de impacto ambiental, trabalhando nas questões de conservação e Desenvolvimento Sustentável nas implantações de portos fluviais, visando uma conscientização em prol do desenvolvimento ambiental para a sustentabilidade no município.

Assim, espera-se que esta pesquisa tenha auxiliado os profissionais da engenharia, biólogos e demais profissionais envolvidos com a qualidade de um ambiente fora dos impactos e, assim possam obter uma visão ampla e uma concepção no que se concerne a relação homem-natureza, instrumentalizando indivíduos e sociedades a buscar valores para se viver e trabalhar de maneira sustentável.

## **1.0 OBJETIVOS:**

### **1.1 OBJETIVO GERAL:**

- Caracterizar os impactos ambientais decorrentes da implantação do porto fluvial no município de Humaitá – aterros e contenções.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Proporcionar dados relevantes para uma construção portuária como esta do Porto de Humaitá;
- Identificar na literatura para que haja mais estudos sobre os possíveis impactos ambientais na construção de portos;
- Evidenciar problemas construtivos na execução do aterro e na contenção em geocélula do porto de Humaitá.

## 2. METODOLOGIA

A pesquisa desenvolveu-se a partir de um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados. A mesma foi desenvolvida no Município de Humaitá precisamente na implantação do porto fluvial enfatizando em aterros e contenções.

Para a realização desta pesquisa buscou-se trabalhar com um estudo de caso que segundo Yin (2001) “o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que compreende um método que abrange tudo em abordagens específicas de coletas e análise de dados”.

Quanto à abordagem a pesquisa foi qualitativa que segundo Goldenberg (1997) não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. Os pesquisadores que adotam a abordagem qualitativa opõem-se ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências, já que as ciências sociais têm sua especificidade, o que pressupõe uma metodologia própria. Assim, os pesquisadores qualitativos recusam o modelo positivista aplicado ao estudo da vida social, uma vez que o pesquisador não pode fazer julgamentos nem permitir que seus preconceitos e crenças contaminem a pesquisa.

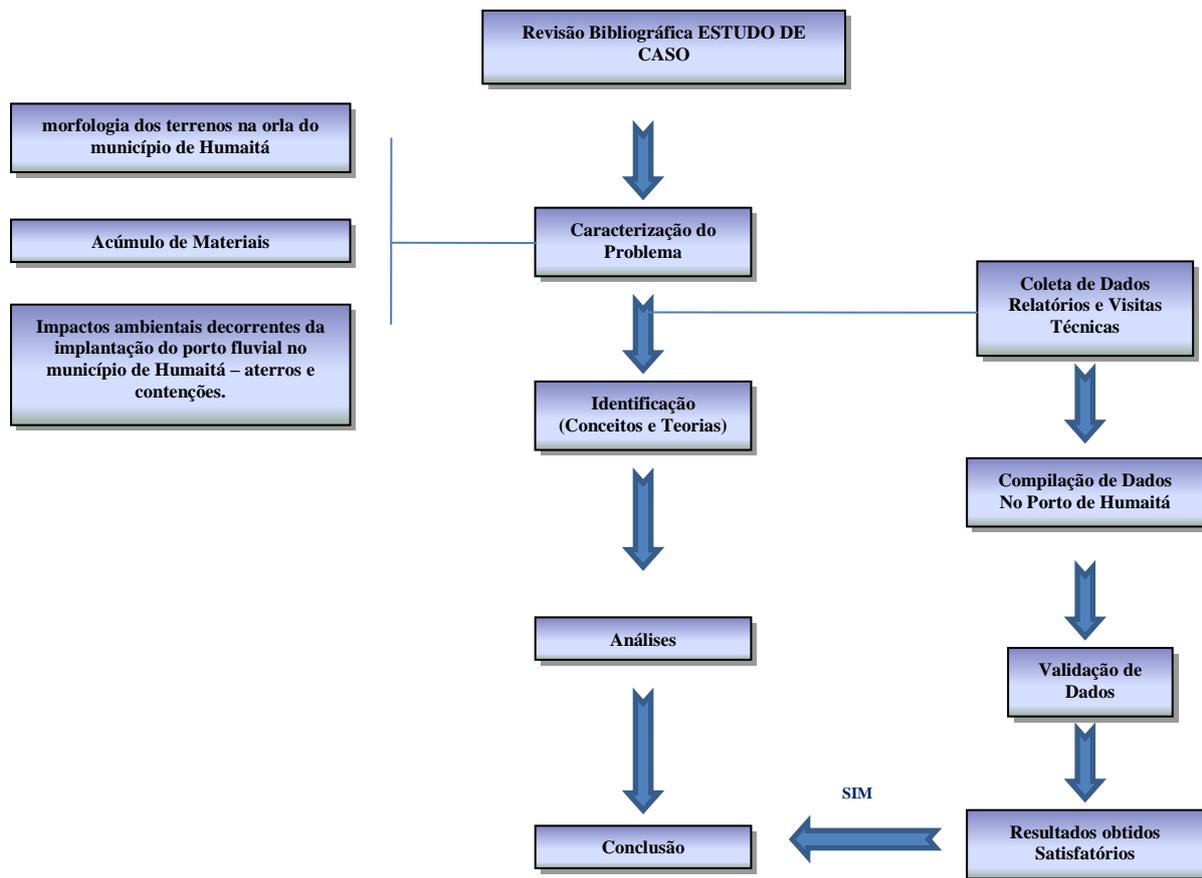
Os pesquisadores que utilizam os métodos qualitativos buscam explicar o por que das coisas, exprimindo o que convém ser feito, mas não quantificam os valores as trocas simbólicas nem se submetem à prova de fatos, pois os dados analisados são não-métricos (suscitados e de interação) e se valem de diferentes abordagens.

Quanto aos objetivos a pesquisa foi exploratória, que de acordo com Gil (2007), este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A grande maioria dessas pesquisas envolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado, mas que não ocorreu; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão. Essas pesquisas podem ser classificadas como: pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Quanto aos procedimentos foi pesquisa bibliográfica, que ressalta Gil (2007), ser feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem, porém pesquisas científicas que se baseiam unicamente na

pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta.

### Fluxograma Metodológico



No fluxograma acima se faz um resumo de todos os procedimentos metodológicos utilizados no decorrer desta pesquisa.

A estrutura da presente dissertação será composta:

No primeiro capítulo serão abordadas breves considerações sobre o tema em questão, com os objetivos geral e específico, a justificativa do assunto tratado, a revisão bibliográfica e a metodologia com a trajetória a ser feita para chegar aos resultados propostos.

No segundo capítulo, será tratada a morfologia dos terrenos na orla do município de Humaitá; formação geológica e os aspectos considerados em projeto relacionados a execução da obra.

No terceiro capítulo será ressaltada a hidrologia do rio madeira sobre o porto de Humaitá e a variação da influência hídrica na região; a batimetria dos projetos; a variação dos cursos d'água; a deposição de materiais nas encostas e o acúmulo de matéria orgânica nos portos.

No quarto capítulo, por uma relação dos impactos positivos e negativos das alterações na orla fluvial do porto fluvial de Humaitá; a relação da obra com o contexto hídrico e ambiental e a limpeza mecanizada do porto.

No quinto capítulo, abordaram-se as possíveis soluções para o problema que ocorre no Terminal Hidroviário de Humaitá.

### **3 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 MORFOLOGIA DOS TERRENOS NA ORLA DO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ**

A cidade de Humaitá se encontra no chamado arco do desmatamento, região com grande pressão agropecuária (FEARNSIDE & GRAÇA, 2006). Humaitá dista apenas 200 km de Porto Velho-RO. As cidades são ligadas pela BR-319, pavimentada e em plenas condições de tráfego, e pela BR 230, sem pavimentação, porém, permitindo tráfego tanto no sentido do município de Apuí/AM como no sentido de Tapauá, no Rio Purus. Outra grande estrada que atravessa a cidade é a Transamazônica, que liga Humaitá e Belém. Possui um aeroporto com pista pavimentada, não homologada, que permite pouso de aeronaves tipo Boeing 737-200. O grande crescimento urbano a partir da década de 1970 trouxe a exploração desordenada de madeira e animais, e a formação de enormes campos para agricultura e a pecuária (FENLEY, 2007; PETCON, 2008). Atualmente, o cultivo de soja, vindo da região centro-oeste, é a atividade que mais movimentou o comércio e o governo vem priorizando a produção de grãos, com as plantações objetivando as exportações, que vem procedente de Humaitá e de Mato Grosso e segue através da hidrovia do Rio Madeira até Itacoatiara. (REIS et al, 2006)

O porto de Humaitá localiza-se nas coordenadas (latitude 07° 30'31,9" e longitude 63° 01'07,8"), no centro da cidade (mapa 1). O porto visa a atender a demanda comercial de exportação, e será um dos principais terminais da hidrovia do Rio Madeira, que segundo o governo federal comporá a revitalização desta hidrovia, barateando o transporte de soja, fertilizantes, combustíveis, hortifrutigranjeiros, alimentos, contêineres, automóveis, cimento e carga em geral, do Acre, Sul do Amazonas, Mato Grosso e Rondônia. Também vai assegurar condições de navegação segura entre Porto Velho-RO e Humaitá-AM (FENLEY, 2007) e escoar as produções.



Figura 1: Porto de Humaitá  
Fonte: Google Maps, 2013

A área onde foi implantado o porto, na margem esquerda do rio madeira, assenta em sedimentos flúvio-lacustres recentes, e é conhecida regionalmente como pertencente à Formação Solimões. É formada por sedimentos argilosos, caulíníticos, inconsolidados, contendo grânulos de seixos de quartzo esparsos, com estratificação cruzada e plano-paralela, conforme projeto. Os níveis argilosos e arenosos da sedimentação fluvial da Formação Solimões são comumente observados ao longo das margens dos rios e igarapés, como, por exemplo, ao longo da margem esquerda do Rio Madeira, na região de Humaitá. Nesse pacote argilo-arenosos é que estão desenvolvidas as concreções ferruginosas e a crosta laterítica comum em toda a região. O horizonte de solo está subdividido em saprolítico, argiloso, ferruginoso e o latossólico, (RADAM BRASIL, 2012).

O perfil laterítico mais comum na região de estudo é o ferruginoso. Esse perfil compreende o horizonte saprolítico, na base, caracterizado por manchas de óxi-hidróxido de ferro em matriz argilosa, geralmente caulínítica. A crosta ferruginosa situada acima desse horizonte está representada por fragmentos ferruginosos, com dimensão variada (blocos e bolsões) e de forma irregular, apresentando uma matriz caulínítica, de espessura variável e que mostra significativa continuidade lateral. Os fragmentos ferruginosos têm textura homogênea e são compostos por grãos de quartzo hialino, herdados da rocha-fonte e imersos na massa ferruginosa (avermelhada) constituída por hematita, goethita e gibbsita. Estruturas

do tipo colunar, contendo nódulos de hematita e goethita, são feições normalmente encontradas. (RADAM BRASIL, 2012).

A cidade de Humaitá está inserida na província geológica dos depósitos Cenozóicos, representados pela Formação Solimões e pelos aluviões holocênicos. Os Aluviões Holocênicos são depósitos detríticos recentes, de natureza, fluvial, lacustre ou marinho constituído por cascalho, areia, silte e argila transportados por corrente sobre planície de inundação, encontram-se ao longo dos rios da região e principalmente no rio Madeira. (SILVA, et al. 2010)

As formações geológicas tratam-se de um corpo rochoso formada pela homogeneidade litológica de forma comumente tabular geralmente com continuidade lateral e mapeável na superfície terrestre ou na subsuperfície. O preenchimento da bacia consiste de pacotes sedimentares separados por discordâncias bem marcadas, formando supersequências de períodos (IBGE, 2013)

A Cobertura Detrito-Laterítica é atribuída à origem sedimentar pós-cretácica, com ocorrências conglomeráticas basais, recobertas por camadas ou níveis de arenitos, argilitos, compõem mantos de intemperismo profundos com latossolos vermelhos. Esse tipo de formação está presente numa pequena porção no município de Borba, na parte oeste do Novo Aripuanã e Manicoré e na parte leste do município de Humaitá.



Figura 2: Visão da frente do Município de Humaitá, onde se chega por via fluvial.  
Fonte: IP4- 2010.

Aluviões Holocênicos se sobrepõem à Formação Solimões relacionados à rede de drenagem amazônica atual. São depósitos que acompanham os cursos d'água da Planície Amazônica, registrando a evolução da rede de drenagem que, hoje, é geralmente ampla, com cursos d'água predominantemente sinuosos ou meândricos, com exceção do rio Madeira, mais retilíneo (RAPP PY-DANIEL, 2007).

Os aluviões mais antigos constituem-se principalmente de areias quartzosas com estratificação gradacional, formando depósitos de barra em pontal. Os atuais são representados por sedimentos inconsolidados de planície fluvial, como siltes, argilas, areias de muito finas a grossas e cascalhos subordinados, comumente observados ao longo das margens dos rios e igarapés.

A maior parte da bacia do rio Madeira em solo brasileiro, trecho médio e inferior, corre em um vale aluvial, sujeito a inundações temporárias. A flutuação nessa parte do rio, onde está inserida a cidade de Humaitá, pode chegar a pouco mais de 10 metros, e boa parte dessa marcada flutuação é causada pelo barramento do rio Amazonas.



Figura 3: Geologia da região no porto de Humaitá.  
Fonte: IP4, 2010.

Na sua margem côncava, geralmente atingindo sedimentos da Formação Solimões, não se verifica inundação provocada pelo rio com barrancos mais altos. Ainda assim, na cidade de Humaitá, o rio Madeira bate perpendicular ao barranco, cavando e carregando sedimentos não consolidados típicos da formação Solimões.

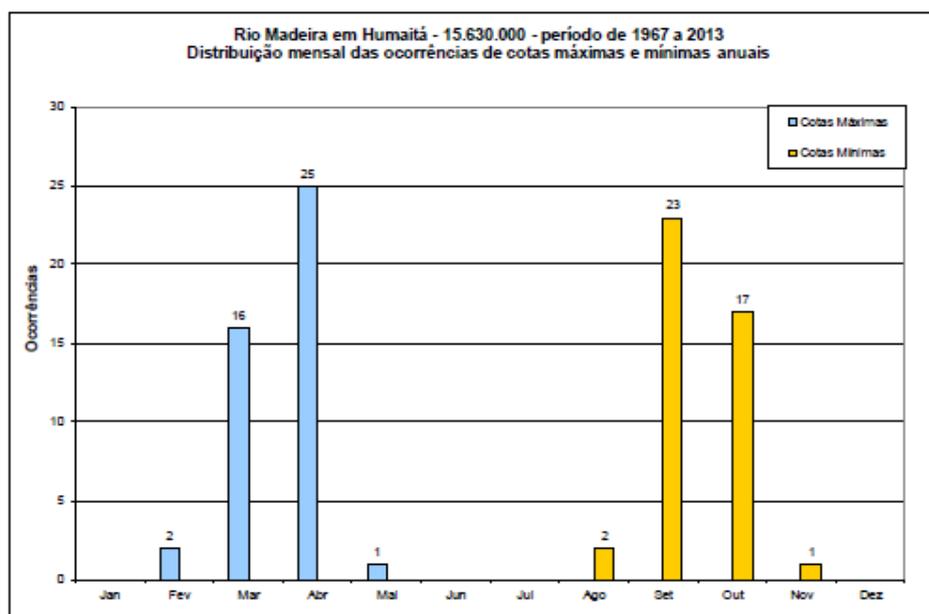
Como a formação Solimões é constituída de sedimentos não consolidados, com estratos argilosos, siltosos e arenosos, é um ambiente de fácil erosão quando expostos, quer por desmatamentos, quer por terraplenagem. Desta forma, a área do porto de Humaitá é muito susceptível de sofrer fortes processos erosivos de ordem pluvial e fluvial.

Não há informações geotécnicas suficientes sobre a orla fluvial de área Humaitá, onde é comum a ocorrência de forte ação erosiva provocada pelo rio madeira. Durante o período da cheia é comum a interdição de segmentos da avenida beira rio em decorrência desmoronamento erosivo da pista. Em toda a extensão da margem em frente à cidade e a montante, é comum a ocorrência de desabamento da margem, fenômeno denominado de “terras caídas”.

De acordo com a base cartográfica da região de estudo (na escala 1: 100.000), a área está constituída por dois níveis topográficos entre 50 m e 100 m. O relevo mais elevado compreende colinas pequenas e médias, e é bastante dissecado, com cotas em torno de 100 m. Nos vales, a topografia alcança a ordem de 50 metros. A drenagem do rio madeira se caracteriza por uma drenagem assimétrica, em que os canais da margem esquerda são menores que o da margem oposta. O clima predominante no município de Humaitá é típico da Amazônia Central, que, é um clima do tipo “AM”, tropical úmido de monção caracterizado por um longo período com precipitação pluviométrica elevada (entre 2.300 mm a 3.470,3 mm) e uma curta estação seca (figura 4) (RADAM BRASIL, 2012).

Entre os diversos fatores que contribuem para o clima estão a posição geográfica, (latitude 05° sul e longitude em torno de 60° oeste), a insolação e as diferentes massas de ar que incidem sobre a região. As massas de ar responsáveis pelo tempo quente úmido são originadas nas dorsais anticiclônicas formadas pelo anticiclone tropical dos Açores e dos anticiclones tropicais sul.

### Características das cheias em Humaitá – 15.630.000



O gráfico mostra que dos 47 anos de observação das cotas em Humaitá, 25 tiveram o valor máximo anual no mês de abril, 16 em março, 2 em fevereiro e uma em maio. Quanto aos valores mínimos anuais, 23 ocorreram em setembro, 17 em outubro, 2 em agosto e uma em novembro.

Figura 4: Precipitação média da época de cheia e seca anual para a Cidade de Humaitá.  
Fonte: ANA – Monitoramento Hidrológico, 2013.

Entre os diversos fatores que contribuem para o clima estão a posição geográfica, (latitude 05° sul e longitude em torno de 60° oeste), a insolação e as diferentes massas de ar que incidem sobre a região. As massas de ar responsáveis pelo tempo quente úmido são originadas nas dorsais anticiclônicas formadas pelo anticiclone tropical dos açores e dos anticiclones tropicais sul.

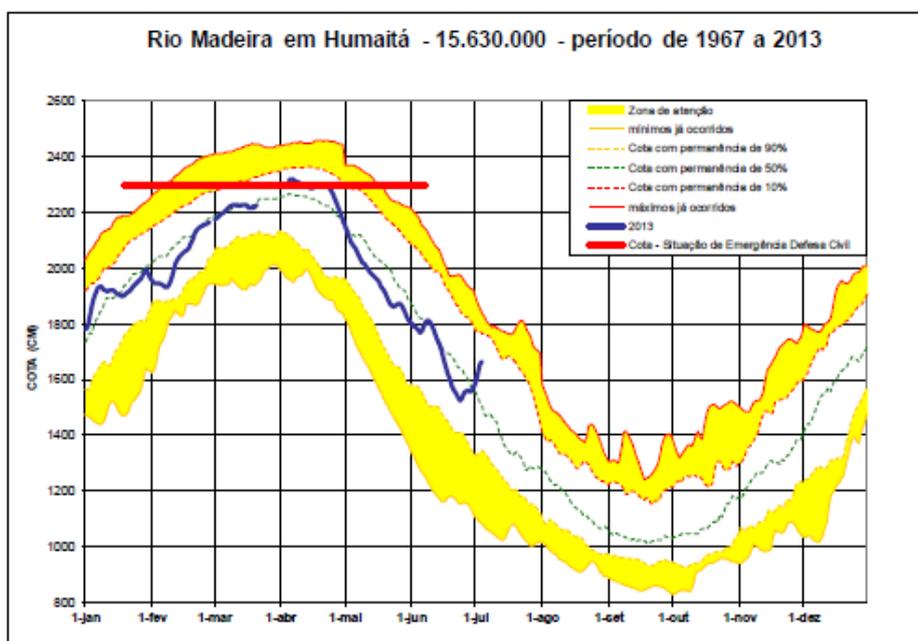
### 3.2 ASPECTOS CONSIDERADOS EM PROJETO RELACIONADOS À EXECUÇÃO DA OBRA

Os portos brasileiros são objetos tardios de políticas ambientais. Ao mesmo tempo em que os objetivos de incremento do comércio exterior dão urgência a investimentos de melhoria, obras nas vias de acesso, dragagens, projetos de expansão das instalações, por outro lado esbarram na falta de regularidade ambiental. O Rio Grande é o único porto, dos 11 que estão na Agenda Portos do governo federal para receber aporte de recursos, que conta com uma licença de operação junto ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (VASCONCELOS, 2010).

Segundo Cunha (2006, p. 2), as situações de conflito ambiental referentes às operações portuárias representam desafios para todos os segmentos afetados, envolvendo um leque extraordinário de agências governamentais com algum tipo de atribuição de controle, como a administração do porto, os governos locais, grupos da população que utilizam — produtivamente ou não — os recursos ambientais em que o porto interfere.

Um fator específico preocupante para as áreas de implantação dos portos é a cota de topo da terraplenagem. No caso do porto de Humaitá, existem registros de 1967 que foram considerados pra projeto de implantação, como demonstra a Figura 5.

Curvas envoltórias das cotas diárias observadas em Humaitá – 15.630.000



Cota do rio Madeira em 04/07/2013: 1.666 cm

Figura 5: Cotas do rio Madeira

Fonte: ANA – Monitoramento Hidrológico, 2013

O processo de reformas do setor portuário, deflagrado pela Lei de Modernização dos Portos (Lei no 8.630/93), que constituiu o chamado “novo modelo portuário brasileiro”, não contemplou de forma decisiva a questão ambiental. Por não ser considerada um fator estratégico na grande complexidade das reformas pretendidas, a dimensão ambiental entrou no sistema pela via judicial, geralmente resultante de demandas do Ministério Público. Como consequência, mesmo passados tantos anos da promulgação da Lei de Modernização dos Portos, poucas autoridades portuárias têm unidades ambientais adequadamente estruturadas, com pessoal qualificado e em número suficiente, orçamento próprio e políticas consistentes e continuadas. Da mesma forma, poucas empresas privadas do sistema portuário tratam as

questões ambientais no âmbito do planejamento, como uma estratégia proativa, que reduz custos e diminui impactos ambientais, evitando as ações de comando e controle que são reativas, dispendiosas e ineficazes em termos socioambientais. Ao contrário, em muitos casos tais preocupações são ainda restritas ao setor jurídico, visando o cumprimento da exigente legislação ambiental (KITZMANN; ASMUS, 2006, p. 1043).

### 3.2.1 Proteção e estabilização das margens

As estruturas para proteção das margens de um rio têm como objetivo dotar a margem de uma resistência adicional, que lhe permita resistir às ações provocadas pelo escoamento dos caudais do rio, e deste modo contribuir para a defesa de propriedades e bens públicos ou privados, localizados perto das margens do rio. As tensões no perímetro molhado do escoamento a partir de um dado caudal, num rio cujo leito e secção não se encontram adaptados a um associado maior transporte líquido e de sólidos, fazem com que se crie uma tendência à alteração da morfologia do rio de forma a dissipar essas tensões, num fenómeno dinâmico erosivo. É então que surge a erosão no leito e nas margens, sendo a segunda que interessa aprofundar no contexto da investigação entra em ação (ANTÃO, 2012, p. 27).



Figura 6: Sedimentação após a vazante do rio Madeira.  
Fonte: IP4 2008.

Conforme destaca ANTÃO (2012), a implantação de estruturas para a proteção das margens é uma medida estrutural que aumenta a resistência da margem por intermédio de:

cobertura da superfície, ancoragem do solo, estruturação, coesão, drenagem e ativação biológica sendo que os principais materiais de construção usados são as plantas, os inertes e os geotêxteis.

Como condição de estabilidade de um curso d'água entende-se o equilíbrio entre a ação do escoamento sobre o leito do rio e a resistência ao movimento dos materiais constituintes. Este equilíbrio pode ser alterado naturalmente em função da ocorrência de grandes cheias, ou em função da evolução contínua do traçado. A alteração no equilíbrio pode ocorrer através de intervenção direta, com obras no próprio curso d'água (barragens, retificações) e também pela intervenção indireta, por ações na bacia hidrográfica que causem alteração no uso do solo, tais como desflorestamentos e urbanização, por exemplo. (MACCAFERRI, 2001, *apud* SILVA et al., 2011, p. 2).

A ação hidráulica sobre as margens se dá na forma de correntes, que arrastam o material constituinte e na forma de ondas, provocadas pelo próprio escoamento, vento, operação de estruturas hidráulicas ou pelo movimento das embarcações (MARTINS, 2001, p. 3).

A inclinação das margens é definida após os critérios de estabilidade que levam em conta aspectos como as características geotécnicas do solo, saturação do material, esforços e carregamentos decorrentes de tráfego, construções, etc. Em muitos casos o revestimento, que tem como finalidade principal a proteção contra a ação hidráulica, contribui também com a estabilidade geotécnica, como no caso do emprego dos gabiões tipo caixa. (SILVA et al., 2011, p. 5).

Para Silva et al. (2012, p. 3), podem-se identificar as causas da erosão devido à instabilidade geotécnica dos taludes de margem pela diminuição do ângulo natural de equilíbrio relativo ao material, diminuindo sua resistência, pelo rompimento generalizado da margem causado pela subida ou descida rápida do nível d'água ou a elevação do lençol freático ou pela retro erosão ou "*piping*", fenômeno este, causado pelo escoamento através de caminhos preferenciais, em pontos fracos do terreno, permitindo que as partículas do talude sejam transportadas pelo fluxo.

As formas de proteção usualmente empregadas contra a ação hidráulica são classificadas em dois grupos, os revestimentos ou proteções diretas ou contínuas e os diques e espigões, também considerados como proteções indiretas ou descontínuas (MARTINS, 2001, p. 3).

### **a) Causas das margens instáveis**

De acordo com Bandeira (2005, p. 22), existe uma constante busca de equilíbrio entre descarga líquida, erosão, transporte e deposição de sedimentos. As atividades humanas desenvolvidas no trecho de um rio podem alterar, de diferentes formas e intensidade, a dinâmica desse equilíbrio, com a construção de portos, reservatórios e canalizações, substituição de mata ciliar por terras cultivadas, urbanização e exploração de alúvios, modificando o comportamento da descarga e da carga sólida do rio.

Para a elaboração de um projeto de proteção de margens é fundamental o conhecimento dos fatores que afetam a estabilidade tais como as causas e tipos de erosões, desbarrancamentos e etc. Estas causas podem de modo geral ser classificados em ação fluvial, devido ao escoamento instabilidade geotécnica, resultados da saturação e infiltrações de água. As causas das instabilidades por ação do escoamento são subdivididas em: (MARTINS, 2001, p. 3).

### **b) Ação erosiva das correntes**

Na ação erosiva das correntes consideram-se as forças erosivas críticas sobre o material constituinte das margens e do leito. Se a força erosiva atuante for superior à força erosiva limite do material, ocorrerá a erosão. A erosão dos pés dos taludes provoca o solapamento dos mesmos, acarretando no recuo das margens (SILVA et al., 2011, p. 2).

Os mesmos autores ressaltam ainda que, as erosões causadas pela ação das ondas contra as margens podem ocorrer devido a diferentes agentes como o movimento de embarcações, o vento ou a operação de estruturas hidráulicas como usinas hidrelétricas e estações elevatórias. A presença de irregularidades no escoamento como pilares de pontes, extremidades de espigões, afloramentos rochosos e outros podem gerar turbilhões na corrente líquida causando o solapamento da parte inferior das margens.

A erosão marginal, ou erosão das margens de um rio, como componente da erosão fluvial, é aquela que destrói as margens dos rios, desempenhando importante papel no aumento da largura do canal. Este tipo de erosão contribui significativamente no incremento da carga de fundo dos rios e provoca destruição progressiva da área marginal, desvalorizando os terrenos ribeirinhos e limitando o seu uso adequado. A ocorrência desse processo é devido à remoção dos materiais do barranco pela ação fluvial (correntes, ondas) ou pela precipitação

pluviométrica. A denominação de barranco é usada em quase todo o Brasil para as margens de um rio que apresentam certa altura (CASADO et al. 2002, p. 2).

Segundo Guerra e Guerra (1997) *apud* Vasconcelos, (2010, p. 33), existe uma variedade de tipos de erosão. Na necessidade de se aprofundar no assunto específico, parece coerente conhecer os diferentes tipos de erosão já existentes:

- Erosão acelerada: realiza-se na superfície terrestre pela intervenção humana e seres vivos, em geral, ocasionando um desequilíbrio ambiental. É o aceleração da erosão nas camadas superficiais do solo, motivado por desmatamento, cortes de barrancos em estradas etc.

- Erosão antrópica ou antropogenética: é marcada pelo desenvolvimento de processos que transformam a paisagem natural, após a realização de um trabalho feito pelo homem. Erosão antropogenética é também sinônimo de erosão acelerada.

- A erosão atmosférica é usada no sentido amplo de erosão provocada por agentes geológicos exógenos, como: vento (eólica), água das chuvas (pluvial), águas correntes (fluvial).

- A erosão das margens é aquela que ocorre nas margens dos rios. Esse tipo de erosão aumenta à medida que aumenta a quantidade de água e a velocidade da água, no canal fluvial. A erosão em um rio ocorre com maior intensidade na margem côncava, onde a velocidade é maior.

- A erosão de ravinamento é o escavamento produzido pelo lençol de escoamento superficial ao sofrer certas concentrações.

- A erosão fluvial é de grande importância para os morfologistas, pois do estudo da rede hidrográfica podem, muitas vezes, tirar conclusões de ordem morfológica. Um traçado em “baioneta” ou uma série de capturas, por exemplo, é um indício de uma estrutura inclinada (NE da bacia de Paris). Uma rede hidrográfica com ângulos pronunciados, e com as mesmas direções, pode indicar uma adaptação a uma série de diáclases (SW da Bahia).

O mesmo autor diz ainda que, a erosão normal ocorre segundo os geomorfólogos da zona temperada. Trata-se da erosão feita pelos rios, isto é, erosão fluvial. Todavia, se considerarmos a linguagem utilizada pelos pedólogos, erosão normal é sinônimo de erosão geológica ou ainda erosão natural, exercida pelos agentes exodinâmicos, em oposição à erosão acelerada onde o homem intervém como agente acelerador da erosão.

### **c) Ação das Ondas**

As erosões causadas pelo movimento das ondas contra as margens podem ocorrer devido a diferentes agentes como o vento, embarcações ou a operação de estruturas hidráulicas do tipo comportas, usinas hidrelétricas e estações elevatórias (MARTINS, 2001, p. 3).

Segundo Vasconcelos, (2010, p. 24), o vento que sopra sobre a superfície da água cria ondas por transferência de energia do movimento do ar para a água. Quando uma brisa suave de 5 a 20 km/hora começa a soprar sobre a superfície do mar calmo, ondas capilares – pequenas ondas de menos de 1 cm de altura – tomam forma. À medida que a velocidade do vento aumenta para cerca de 30 km/hora, as pequenas ondulações tornam-se vagas. Ventos mais fortes formam ondas maiores e sopram os seus topos para formar topos brancos. A altura da onda aumenta à medida que: a velocidade do vento aumenta; o vento sopra por mais tempo; aumenta a distância na qual o vento sopra na superfície da água. A junção desses fatores e a variabilidade de combinações possíveis permite compreender a diversidade de ondas presentes nas praias. Algumas mais altas outras mais volumosas, pequenas ondulações, fortes recuos, todos esses fatores são influenciados pela interação da velocidade do vento, duração e distância da superfície da água.

### **d) Irregularidades localizadas no escoamento**

Para Martins (2001, p. 3), diante disso, a presença de extremidade de espigões, pilares de pontes, afloramentos rochosos e outros podem gerar turbilhões na corrente líquida que causam o solapamento da parte inferior das margens. As causas da erosão devido à instabilidade geotécnica dos taludes de margem podem ser identificadas por:

#### **a) Diminuição do ângulo natural de equilíbrio**

A saturação do terreno tem por consequência uma redução do ângulo natural de equilíbrio relativo ao material, diminuindo sua resistência.

#### **b) rompimento generalizado da margem**

A descida ou subida rápida do nível d'água ou a elevação do lençol freático podem provocar o escorregamento do talude da margem.

c) *piping* ou retro erosão

Este fenômeno, causado pela existência de escoamento através de caminhos preferenciais, em pontos fracos do terreno, permite que as partículas do talude sejam transportadas pelo fluxo provocando assim a erosão progressiva retrógrada.

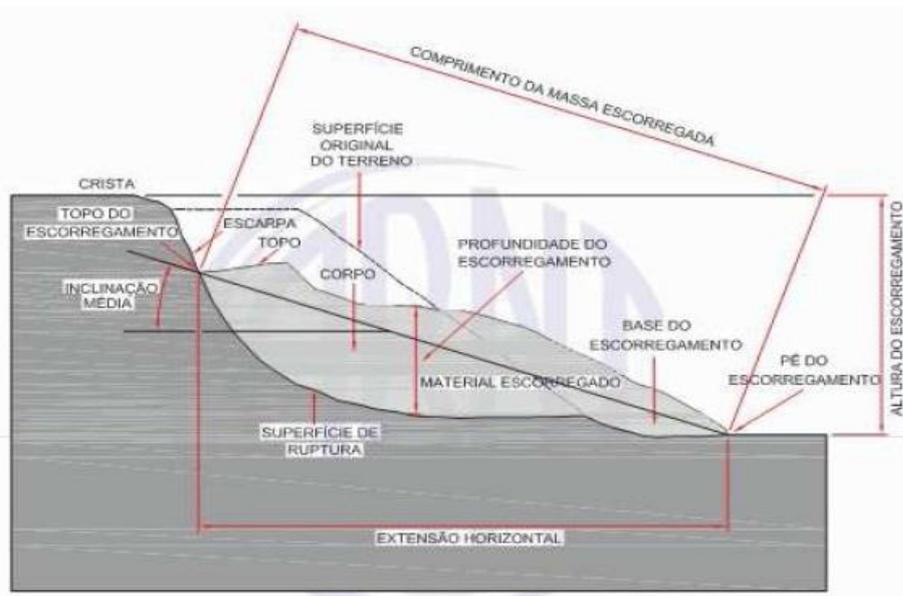


Figura 7: Esquema da instabilidade geotécnica  
 Fonte: <https://qualidadeonline.wordpress.com/2013/02>.

A verificação da estabilidade dos canais sob a ação do escoamento é considerada após a análise da estabilidade geotécnica como se pode observar na Figura 7. Em muitos casos o revestimento, que tem como finalidade principal a proteção contra a ação hidráulica, acaba por contribuir com a estabilidade geotécnica, como no caso do emprego dos gabiões tipo caixa. A inclinação das margens é antes de tudo definida após os critérios de estabilidade que levam em conta aspectos como as características geotécnicas do solo, saturação do material, esforços e carregamentos decorrentes de tráfego ou construções, efeitos sísmicos e etc (MARTINS, 2001, p. 6).

Tabela 1: Inclinação de margem recomendada para os taludes dos canais

Horizontal/Vertical			
Natureza dos taludes	Inclinação	Natureza dos taludes	Inclinação
Rocha dura,	0 a 1/4	Aluviões compactos	1/1
Alvenaria ordinária, concreto		Cascalho grosso	3/2
Rocha fissurada, alvenaria de pedra seca	1/2	Terra ordinária, areia grossa	2/1
Argila dura	3/4	Terra mexida, areia normal	2,5/1 a 3/1

Fonte: Martins, 2001.

Tabela 2: Inclinação dos taludes

<b>Material</b>	<b>Inclinação dos taludes H:V</b>
Rocha	0:1
Solos pedregosos	0,25:1
Canais em terra revestidos de concreto	0,5:1 a 1:1
Argila resistente e compacta	1,5:1
Solos argilo-arenosos	2:1
Solos arenosos ou argilosos de alta porosidade	3:1

Fonte: Martins, 2001.

A geomorfologia de uma dada região é condicionada, entre outros fatores, pelos movimentos de terrenos em taludes. Estes são, juntamente com os fenômenos de erosão, os principais responsáveis pela evolução das formas do relevo. O conhecimento de ocorrências de movimentos de terrenos passados permite compreender a morfologia atual e prever a sua evolução futura. Esta evolução encontra-se na dependência dos mecanismos que levam ao desencadeamento dos movimentos de terrenos que afetam uma dada região (SANTOS, 2012, p. 5).

O mesmo autor ressalta que, para melhor entender as razões que levam à instabilização de taludes é necessário identificar os diferentes mecanismos dos movimentos de terrenos, bem como os seus principais agentes e causas. Os movimentos de terrenos afetando uma determinada área podem ser representados cartograficamente, baseando-se tal representação, em grande parte num conjunto de elementos obtidos no campo. Não sendo habituais neste gênero de estudos, as galerias de reconhecimento como meio para obtenção desses elementos, revestem-se de grande utilidade.

### **3.2.2 Ação das Correntes**

O projeto e a preservação das margens dos canais sob a ação do escoamento está diretamente relacionado com a distribuição de velocidades ao longo da seção transversal. Os métodos usuais de análise levam em conta a velocidade máxima admissível e a tensão de arraste (MARTINS, 2001).

### 3.2.3 Velocidade Média Máxima Admissível

A velocidade máxima admissível é a máxima velocidade média que não causará erosão no corpo do canal. Esta velocidade limite está relacionada ao tipo de material do leito e margens, profundidade do escoamento e traçado do leito. Sugere que esta velocidade depende também da idade do canal, indicando que canais com mais tempo de utilização são mais estáveis que os novos em função da sedimentação de partículas coloidais (MARTINS, 2001).

Tabela 3: Velocidades Máximas Admissíveis  
Materiais não Coesivos

Material	Diâmetro mm	Velocidade média $\text{ms}^{-1}$	Material	Diâmetro mm	Velocidade média $\text{ms}^{-1}$
Lodo	0,005	0,15	Cascalho fino	15,0	1,20
Areia fina	0,05	0,20	Cascalho médio	25,0	1,40
Areia média	0,25	0,30	Cascalho grosso	40,0	1,80
Areia grossa	1,00	0,55		75,0	2,40
Lodo fino	2,50	0,65		100,0	2,70
Lodo médio	5,00	0,80		150,0	3,50
Lodo grosso	10,00	1,00		200,0	3,90
	15,00	1,20			

Materiais Coesivos					
Material coesivo do leito	Natureza do leito	Muito pouco compactado com uma seleção de vazios de 20 a 12	Pouco compactado com uma relação de vazios de 13 a 0,6	Compactado com relação de vazios de 0,6 a 0,3	Muito compactado com uma relação de vazios de 0,1 a 0,2
Argilas arenosas (porcentagem da areia inferior a 50%)		0,45	0,90	1,30	1,80
Solos com grandes quantidades de argilas		0,40	0,85	1,25	1,70
Argilas		0,35	0,80	1,20	1,65
Argilas muito finas		0,32	0,70	1,05	1,35

Profundidades Y = 1,00m									
Altura média - m	0,3	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
Fator corretivo	0,8	0,9	0,95	1,0	1,1	~1,1	1,2	~1,2	

Grau de Sinuosidade				
Grau de Sinuosidade	Tetilíneo	Pouco sinuoso	Moderadamente sinuoso	Muito sinuoso
Fator corretivo	1,00	0,95	0,87	0,78

Fonte: Martins, 2001.

### 3.3 PROTEÇÕES CONTÍNUAS

Também denominadas de proteções diretas ou revestimentos, são aplicadas paralelamente à direção do fluxo, ficando em contato direto com o material da margem propriamente dito.

As proteções contínuas podem flexíveis, quando acompanham as deformações do material base componente dos leitos, sem perder seu aspecto de integridade. Os exemplos deste tipo são as proteções de enrocamento naturais e sintéticos, colchões, revestimentos vegetais naturais ou consolidados, gabiões não revestidos, elementos tipo sacos de areia, solocimento e argamassa arrumados (MARTINS, 2001).

ANTUNES (2008) reporta que as geogrelhas são materiais planares flexíveis, formados por uma rede regular de elementos, com aberturas de tamanhos suficiente para interagir com o material de enchimento circundante.

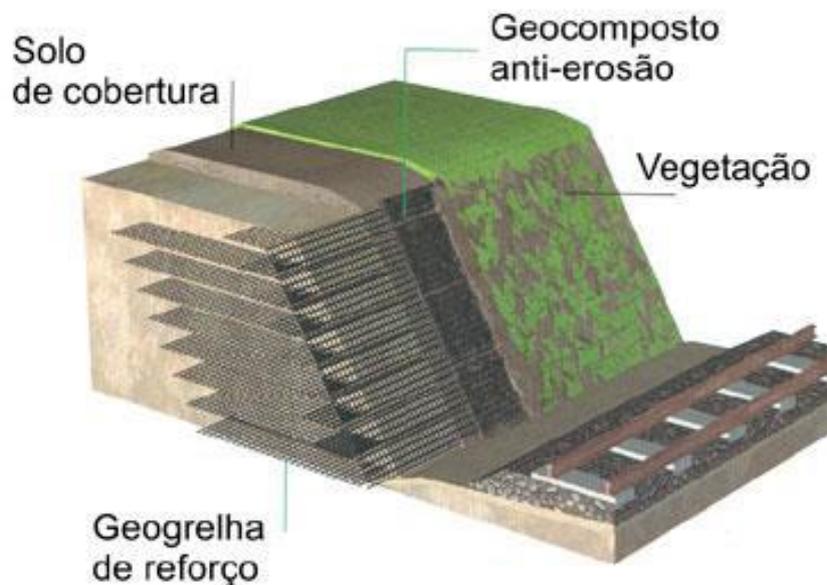


Figura 8: Detalhe de reforço com geogrelha  
Fonte: Antunes, 2008.

Por sua vez os revestimentos rígidos não admitem deformação sem a perda de alguma de suas características, como a impermeabilidade, rugosidade, aspecto visual e etc. Entre estes revestimentos destacam-se os painéis de concreto moldados e pré-moldados, muros de alvenaria, gabiões e elementos revestidos de concreto ou argamassa (MARTINS, 2001).

Deve ser observado que embora classificados como revestimentos, alguns tipos muitas vezes são empregados com função estrutural, para consolidação das margens e sustentação de

estruturas, como é o caso de gabiões, enrocamento natural e sintético, elementos tipo saco e muros de modo geral (MARTINS, 2001).

As geocélulas apresentam configuração de tipo de um favo de mel, com elevada espessura e grande volume de vazios que serão preenchidos por solo. Esse solo ficará confinado lateralmente pelas paredes de cada célula. A sua principal aplicação é a proteção superficial do solo contra a erosão, necessitando de ser fabricados com materiais resistentes. (OLIVEIRA, 2014).

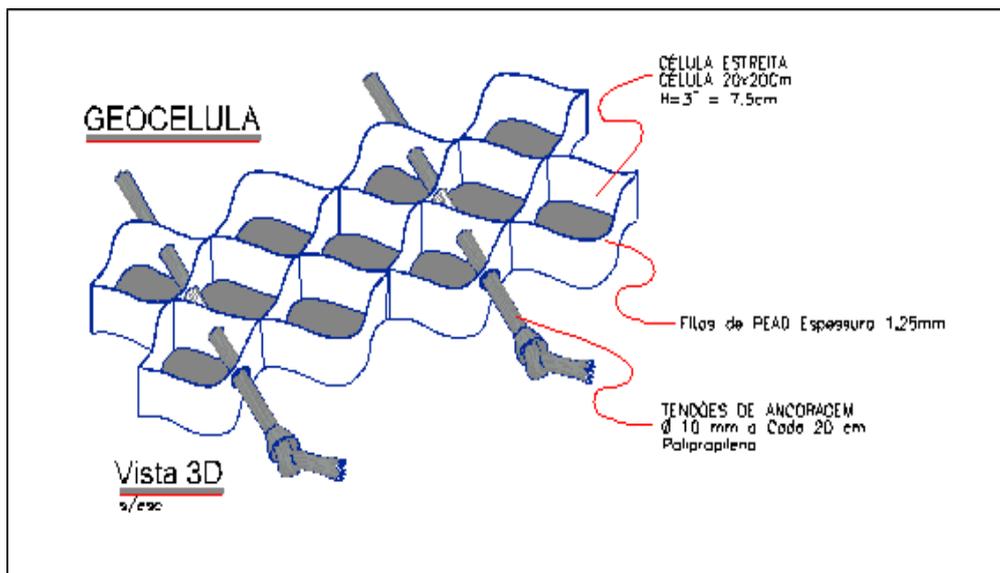


Figura 9: Detalhe da Geocelula  
Fonte: DNIT - 2012

### 3.3.1 Revestimentos flexíveis

Para Martins, (2001), a característica básica dos revestimentos flexíveis é a de admitir deformações sem a perda de suas características. Especial atenção deve ser dada para:

- taludamento das margens quando o revestimento não tem função estrutural, para inclinações da ordem de 1V:2H ou 1V:4H, garantindo a estabilidade em função das características geotécnicas do material componente;

- revestimento deve ser poroso e drenante de forma a permitir o alívio de pressões oriundas do fluxo d'água através do maciço componente das margens;

- uso obrigatório de filtros no contato entre o revestimento e o material original, composto de material granular ou sintético, impedindo a perda de material tanto por ação da velocidade como por retro erosão;

- como a erosão no pé dos taludes de margens é a causa principal da instabilização, atenção especial deve ser tomada quanto à proteção destes pontos, com o prolongamento dos revestimentos para o interior do escoamento ou aplicação de material de proteção do revestimento.

### 3.3.2 Proteção com Enrocamento

A proteção com enrocamento lançado é forma padrão de revestimento desde que haja material disponível em dimensões (diâmetro) e quantidade para aplicação no projeto. Por enrocamento entende-se material granular de origem natural tais o como produzido em pedreiras e aqueles provenientes de desmonte natural de rochas como os seixos rolados. O enrocamento arrumado apresenta economia de material, tanto de proteção como filtro e tem a vantagem de resultar numa rugosidade final menor. Exige melhor mão de obra e deve ser feito a seco (MARTINS, 2001, p. 27).

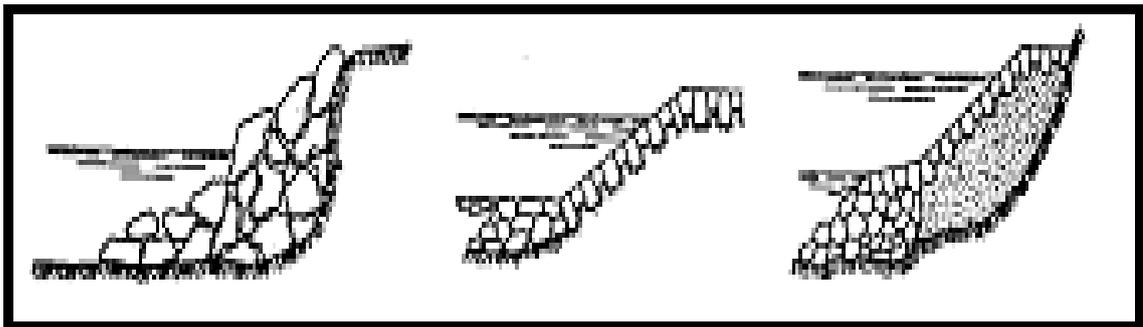


Figura 10: Tipos de proteção por enrocamento.  
Fonte: Martins, 2001.

#### 3.3.2.1 Dimensionamento

A verificação da necessidade de proteção é feita através dos critérios de tensão de arraste ou velocidade admissível e altura das ondas (MARTINS, 2001, p. 27).

#### 3.3.2.2 Disposição e Detalhes Construtivos

A graduação e os detalhes construtivos devem obedecer:

Tabela 4: graduação e os detalhes construtivos

Item	Fonte	Critério	
Graduação dos Blocos	USBR	$D < 25\% D_{\text{maior}}$	
		$D > 2,5 \text{ a } 3 D_{\text{maior}}$	
		$D_{50} = 2 D_{20}$	
		$D_{\text{max}} = 2 D_{50}$	
		Nenhum bloco com $D_{\text{maior}} \geq 3 D_{\text{menor}}$	
	U.S. Corp of Engineers	$D_{\text{max}} = 2 \text{ a } 5 D_{50}$ $D_{\text{max}} < 16 D_{15}$	
	Depart. Estradas USA	$3 D_{50} \rightarrow 100\%$ $2 D_{50} \rightarrow 80\%$ $0,1 D_{50} \rightarrow \text{n\~{a}o exceder } 10\%$	
Espessura da Camada	Mínima	$2 D_{50}$	
	Base de talude	$3 D_{50}$	
Proteção do pé do talude		avaliar a evolução do fundo	
Transição ou Filtro	U.S. Corp of Engineers	$5 < D_{15 \text{ filtro}} / D_{15 \text{ base}} < 40$	
		$D_{15 \text{ filtro}} / D_{85 \text{ base}} \leq 5$	
		$D_{50 \text{ filtro}} / D_{50 \text{ base}} \leq 25$	
Espessura das camadas		$e \geq 10 \text{ cm}$ Para $D_{50} \geq 5 \text{ cm} \rightarrow 2 D_{50}$	
	Borda Livre da Proteção	Escoamento	0,50 a 1,00m
		Ondas	1,5 H

Fonte: Martins, 2001.

## 4 BATIMETRIA E HIDROLOGIA DO RIO MADEIRA SOBRE O PORTO DE HUMAITÁ – VARIAÇÃO DA INFLUÊNCIA HIDRÍCA NA REGIÃO

### 4.1 BATIMETRIA: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A superfície terrestre é composta de aproximadamente dois terços cobertos por água, porém apenas uma pequena fração está disponível ao homem sob a forma de lagos, rios ou reservatórios. O restante está presente nos oceanos, nos aquíferos subterrâneos, na atmosfera da terra sob a forma de vapor d'água e nas geleiras (FERREIRA et al. 2012).

Apesar da baixa disponibilidade, a utilização dos recursos hídricos pelo homem tem sido muito questionada. O processo de urbanização, desmatamento e a consequente impermeabilização dos solos resultam num conjunto de problemas ambientais, como mudanças climáticas locais, erosão dos solos e assoreamento das fontes hídricas. É fato que os recursos hídricos estão se exaurindo, e grande parte desse problema deve-se aos assoreamentos que ocorrem nos reservatórios que abastecem os centros urbanos. O assoreamento é causado principalmente pelos processos erosivos, uma vez que é este que fornece os materiais que ao serem transportados e depositados darão origem ao assoreamento (FERREIRA et al. 2012).

A batimetria consiste na medição da profundidade de mares, lagos e rios por meio de equipamentos chamados ecobatímetros. Seu resultado é apresentado normalmente em mapas de 2 dimensões (2D) com curvas que unem os pontos de mesma profundidade equidistantes verticalmente, semelhantes aos mapas de curvas de nível topográfico, ou em modelos de 3 dimensões (3D).

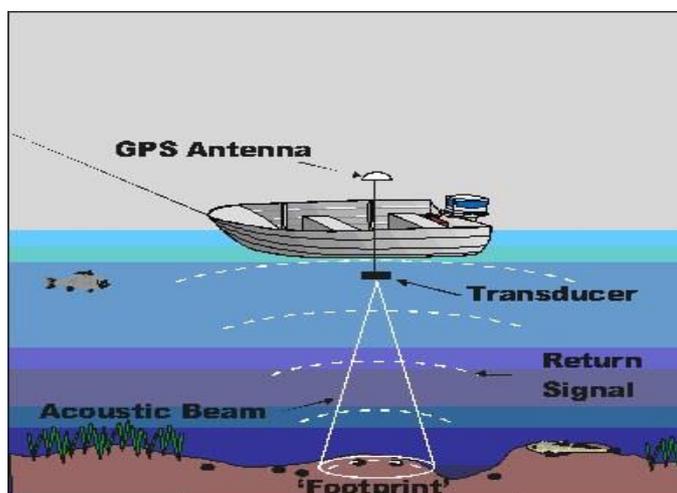


Figura 11: Sonar fazendo levantamento batimétrico.

Fonte: [www.mundogeo.com](http://www.mundogeo.com), 2014.

O ecobatímetro se baseia na medição do tempo decorrido entre a emissão de um pulso sonoro, e a recepção do mesmo após ser refletido pelo fundo da área estudada. Este fenômeno pode ser observado na Figura 10, que demonstra como as informações de profundidade são adquiridas em tempo real (FERREIRA et al. 2012).

O principal equipamento utilizado na medição de distâncias sob a água é o sonar. Este equipamento permite a realização de medidas de distância através da emissão de pulsos mecânicos. Esta medição é feita através da diferença de tempo entre a emissão e a recepção do pulso pelo sonar. Quando o sonar é configurado para realização de medições de profundidade, a este é dado o nome de ecobatímetro. A Figura 11 ilustra o processo de medição de profundidades com um ecobatímetro (PACHECO, 2010).

Os levantamentos batimétricos automatizados são essenciais na modelagem e gestão de recursos hídricos, pois permitem estimar o grau de assoreamento, calcular volumes de armazenamento, atualizar as curvas de capacidade, modelar o relevo submerso, além de subsidiar informações aos órgãos competentes, para tomadas de decisões no gerenciamento e utilização dos recursos hídricos (FERREIRA et al. 2012).

Os levantamentos batimétricos automatizados são realizados a bordo de embarcações utilizando-se de ecobatímetros para medição de profundidades numa alta taxa de amostragem e de um ou mais receptores GPS (Global Positioning System) para o posicionamento planimétrico diferencial. Estes levantamentos são relativamente de baixo custo, reduzido tempo de execução e com alto grau de eficiência. O princípio fundamental de funcionamento de um ecobatímetro consiste na transmissão vertical de um feixe de ondas sonoras ou ultrasonoras por um emissor instalado na embarcação de sondagem, chamado transdutor. As ondas sonoras emitidas pelo transdutor atravessam o meio líquido e atingem o fundo. Parte da energia refletida, o eco, retorna a superfície, onde é detectada pelo transdutor, o tempo decorrente da emissão e recepção da onda sonora é então medido pelo ecobatímetro. Conhecendo-se a velocidade de propagação do som na água é possível medir a profundidade. A profundidade medida é tecnicamente conhecida como 'sondagem' (FERREIRA et al. 2012).

A velocidade do som nos corpos aquáticos é cerca de quatro vezes a sua velocidade no ar, à 25°C é de aproximadamente 1500 m/s. A explicação para este fenômeno é que conforme aumenta a densidade do meio, aumenta a velocidade de propagação das ondas mecânicas. A densidade da água não é constante e sim dependente de três fatores, a saber: temperatura, pressão e salinidade. Assim, para minimizar a influência desses parâmetros, e para uma

melhor precisão das medidas de profundidade, é necessário realizar uma calibração do ecobatímetro. A calibração consiste em utilizar uma chapa metálica circular, de 30 a 40 mm de diâmetro, fixada a um cabo de aço graduado, arriada abaixo do transdutor. Sabendo-se a profundidade já submersa da placa (observando-se a graduação no cabo de aço), verifica-se se a profundidade indicada pelo ecobatímetro está correta, altera-se a velocidade do som, se necessário, até que as profundidades verificadas no ecobatímetro e no cabo de aço sejam iguais. A calibração deve ser realizada, no mínimo, até 70% da profundidade máxima do local. Uma das maiores dificuldades em levantamentos batimétricos sempre foi o controle do posicionamento planimétrico da embarcação de sondagem, em razão da impossibilidade de se materializar pontos estáveis de observação (marcos) e tampouco efetuar medições repetidas, para um posterior ajustamento das profundidades (FERREIRA et al. 2012).

Atualmente, o estado da arte na batimetria consiste no uso de ecobatímetros monofeixe, ecobatímetros multifeixe, varredura aérea por laser e sensoriamento remoto. O ecobatímetro monofeixe é o equipamento mais utilizado nos dias de hoje, embora haja um grande crescimento no uso dos ecobatímetros multifeixe. O uso de varredura laser e sensoriamento remoto não são muito utilizados devido a suas condições de operação, pois não possuem bons resultados – ainda – em regiões com muito sedimento nas águas (PACHECO, 2010).

#### 4.2 DEPOSIÇÃO DE MATERIAIS NAS ENCOSTAS

A ação hidráulica sobre as margens se dá na forma de correntes, que arrastam o material constituinte e na forma de ondas, provocadas pelo próprio escoamento, vento, operação de estruturas hidráulicas ou pelo movimento das embarcações.



Figura 12: Acúmulo de materiais nas encostas de Humaitá.  
Fonte: IP4, 2012.

Os tipos de problemas causados pelos sedimentos dependem da quantidade e da natureza dos sedimentos, fatores estes que são dependentes dos processos de produção, transporte e deposição (BRANCO, 1998), o que equivale dizer que os sedimentos causam três tipos de prejuízos: no local de origem, no trecho onde transitam e no local de sua deposição.

A perda de solo que ocorre na área de uma bacia hidrográfica está diretamente relacionada com o uso e manejo do solo, e os sedimentos originam-se de um processo de erosões que geralmente ocorrem no solo por diferentes formas de ação (FIGUEIREDO, 1989).

Erosão é um processo que envolve trabalho, onde a energia para tal é fornecida pelo impacto das gotas de chuva que caem sobre a superfície do solo e pelo fluxo de água que escoar superficialmente sob a ação da gravidade. Dentre as várias formas de erosão existentes na natureza, a que merece maior importância e estudo é a provocada pela ação da água das chuvas, denominada erosão hídrica, que existente na bacia hidrográfica, diminui a capacidade produtiva do solo e é responsável pela produção de sedimentos nesta bacia (BRANCO, 1998).

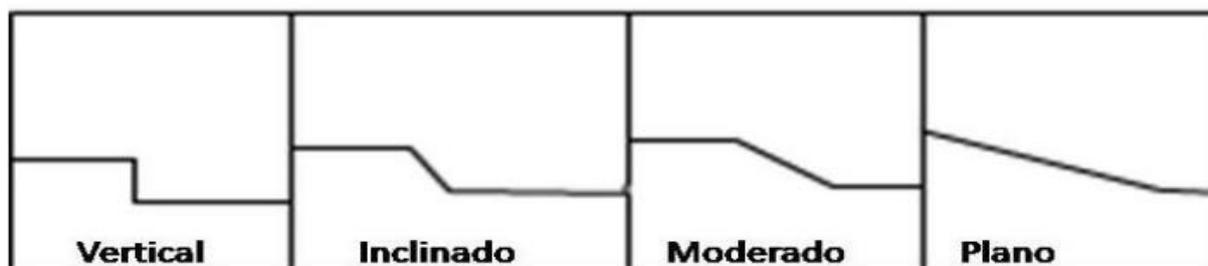


Figura 13: Forma da margem.  
Fonte: Naghettini et al, 2007 cap.4 fig. 4.8.

Alguns fatores favorecem para a ocorrência do fenômeno de terra caída. Um desses fatores é a forma da margem. Margens com declive muito próximo de 80 graus, possuem maior risco de desmoronamento. Como se pode ver na figura 13 há diferentes formas para a margem do rio. Os formatos da esquerda (vertical e inclinado) são os que possuem maior instabilidade e maior chance de ocorrência do evento de desmoronamento da margem (terras caídas) e os formatos da direita (moderado e plano) possuem uma estabilidade maior com menores chances de desmoronarem (CARVALHO, 2006).

#### 4.3 ACÚMULO DE MATÉRIA ORGÂNICA NOS PORTOS

Devido ao tamanho das árvores e densidade da Floresta Amazônica, são frequentes os grandes troncos e galhadas que descem pelos rios impactando em estruturas portuárias e embarcações causando sérias avarias (VASCONCELOS, 2003).

Os depósitos de encostas são cruciais para a pesquisa geomorfológica, haja vista que o material transportado, geometria e forma adquirida quando da acomodação, podem indicar as perturbações e/ou transformações pelos quais as diferentes paisagens foram submetidas, em especial, durante os eventos que desencadearam, por alteração no fluxo de energia e matéria no sistema, níveis de instabilidades (RIBEIRO et al, 2012).

Considerando que o rio Madeira é um rio geomorfológicamente novo, ainda em processo de definição do seu leito, calado preferencial e perenização de suas margens, é de suma importância à execução de levantamentos batimétricos periódicos para que se conheça a tendência de sua navegabilidade a cada estiagem, para, a partir dessa constatação, serem direcionadas as intervenções necessárias à segurança das embarcações de passageiros e cargas, essas últimas em torno de 20 milhões de toneladas por ano (CODOMAR, 2012).

No levantamento de 2011, a volumetria encontrada foi de 300.000,00 metros cúbicos de material arenoso a serem eliminados dos principais pontos críticos ao longo do rio, principalmente no trecho compreendido entre a cidade de Humaitá, no Estado do Amazonas e Porto Velho, capital do Estado de Rondônia.

Esses pontos críticos, com alguma variação para montante ou para jusante, repetiam quase sempre os locais de maior dificuldade de navegação, onde os levantamentos executados concordavam com os empecilhos acusados por empresas de navegação, armadores, comandantes e práticos em anos anteriores.

Possuindo leito dinâmico, os raseiros identificados como “bancos de areia”, são frontalmente auxiliados em seus processos de sedimentação pela grande quantidade de dragas clandestinas de garimpo, que ocupam o rio nos períodos de estiagem, revolvendo o seu leito e elevando em larga escala o volume de sedimentos em suspensão, que ao serem transportados pela baixa correnteza das secas, findam por formar os bancos de areia, justamente nas proximidades ou mesmo dentro do canal preferencial de navegação. Como o rio não possui canais alternativos no verão, ou eliminam-se esses obstáculos ou se navega com carga aliviada, ou mesmo, se interrompe totalmente o tráfego de embarcações maiores.

Além de se navegar com metade da carga ou do calado usualmente utilizados em outros períodos de águas médias e altas, no verão e sem as intervenções, não se navega no período noturno, elevando em muitos dias a perna no sentido Foz - Porto Velho, principalmente.

Do ano de 2011 para 2012 houve um acréscimo de sedimentos não verificados em levantamentos anteriores. Apesar das réguas linimétricas instaladas em Porto Velho e Humaitá ainda mostrarem que existem condições normais de navegabilidade, não é o que se verifica quando se navega no rio Madeira. O levantamento deste ano apresentou como ponto crítico um “raseiro” próximo à cidade rondoniense de São Carlos, nunca detectado em anos anteriores. Com a entrada atualmente em operação das primeiras turbinas da Usina Hidrelétrica de Santo Antonio, à montante do Porto Público de Porto Velho, e até onde existe navegabilidade, já existe forte erosão da margem direita do rio, imediatamente à jusante da barragem da usina. Para compensar essa erosão foi executada pela empresa construtora da Usina a contenção dos taludes, porém, sem remover o material frágil das margens. Com a atual estiagem a margem está solapando e levando mais material para dentro do rio, além de carrear parte do enrocamento de pedra utilizado como estabilizador (CODOMAR, 2012).

Então, sem haver ainda um estudo de sedimentologia, que defina o comportamento do rio pós-Usinas, e se essas usinas estão contribuindo para um maior e mais acelerador processo de assoreamento do rio Madeira, que já possui os seus próprios problemas, como descrito acima, seria prematuro afirmar que a diferença de volumes encontrada em apenas um período de 12 meses seja totalmente por conta das obras. Dos 300 mil metros cúbicos levantados em 2011, passou-se para 617.834,03, em 2012, o que é um considerado acréscimo para o curto período apresentado, bem como para as estatísticas mantidas nesta Administração Hidroviária. Porém algo de atípico está acontecendo. Os próprios comandantes e práticos do rio argumentam que os níveis d'água são os mesmos do ano passado, para a mesma época,

porém as profundidades foram drasticamente reduzidas. O que confirmou o atual levantamento (CODOMAR, 2012).

## 5 IMPACTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DAS ALTERAÇÕES NA ORLA FLUVIAL DO PORTO DE HUMAITÁ

Os impactos positivos e negativos decorrentes da implantação da infraestrutura portuária no porto de Humaitá devem ser devidamente delineados por estudos ambientais para um controle efetivo das adversidades, garantindo a permanência de bons indicadores ambientais.

Podemos citar os principais impactos causados pela implantação dos portos, tais como: Alteração da linha de costa, alteração do padrão hidrológico e da dinâmica sedimentar, destruição ou alteração de áreas naturais costeiras (habitats, ecossistemas), supressão de vegetação, modificação no regime e alteração no fundo dos corpos d'água, poluição da água, do solo, do subsolo e do ar, conforme tabela abaixo.

Tabela 5 – Matriz de impactos positivos e negativos das alterações do Porto de Humaitá

Ações propostas/características ambientais	Meio físico	Meio biótico	Meio antrópico
Definição da área de impactos	Identificação do material a ser dragado	Flora	Alteração no cotidiano da população
Elaboração do projeto	Erosão	Fauna	Alteração no quadro demográfico
Alteração da linha de costa	Superficial	Insetos/roedores	Alteração no nível atual e na tendência de evolução de taxa de acidentes
Limpeza da área	Odores		Possibilidades de acidentes com produtos perigosos
Alteração do padrão hidrológico e ciclo	Gases		Aumento da demanda por bens e serviços
Alteração das áreas naturais costeiras	Ruídos		Aumento da renda local e das arrecadações públicas
Supressão da vegetação nativa			Alteração nas condições de fragmentação das áreas urbanas
Poluição da água			Interferências nas eventuais infraestruturas viárias e de transmissão
Poluição do solo			Interferências no patrimônio arqueológico, artístico, cultural e espeleológico
Instalação dos dispositivos de drenagem de gás			Aumento da oferta de postos de trabalho
Intercepção de águas fluviais			

Fonte: Adaptado de Silva e Moraes, 2012.

Avaliar os aspectos e impactos ambientais visa principalmente identificar as ações humanas e as decorrentes conseqüências. A avaliação e hierarquização destas ações gerarão subsídios para a definição e elaboração de programas e projetos, focando as ações que precisam ser monitoradas, mitigadas e ou evitadas. (SCHNEIDER, 2011).

Na montagem da matriz de impactos e com base nas evidências construtivas, informamos que os impactos ambientais podem ser separados em suas fases de implantação e operação da atividade portuária. As ações causadoras de impactos negativos são mitigáveis, isto é, os efeitos negativos podem cessar ou ser mitigados simplesmente com o monitoramento adequado das atividades, enquanto os impactos positivos são permanentes com a implantação do sistema.

Tabela 6 – Impactos ambientais causados durante as fases de implantação e operação portuária

Implantação	Alteração da linha da costa
	Alteração do padrão hidrológico e ciclo hidrossedimentológico
	Alteração das áreas naturais costeiras
	Supressão da vegetação nativa
	Poluição da água
	Poluição do solo
Operação	Alteração da qualidade da água
	Poluição do ar devido a emissão de gases e partículas
	Alteração da paisagem
	Ruídos
	Alteração de vetores de doença como ratos e pombos e proliferação as áreas circunvizinhas
	Introdução de espécies exóticas

Fonte: Adaptado de Silva e Moraes, 2012.

Os dados coletados nas visitas técnicas servem de referência para determinação e avaliação dos impactos ambientais advindos da execução e operação das obras do porto. Os estudos ambientais são elementos iniciais de avaliação do porto de Humaitá de forma a verificar os impactos devido ao trafego das embarcações na orla fluvial, a operação portuária, assim como a determinação dos impactos ambientais atuais existentes ao longo dos corpos hídricos.

Em toda a área portuária, bem como no restante da orla da Cidade, chama a atenção o processo erosivo que vem ocorrendo no talude natural da margem do Rio Madeira (Figura 14). Há pontos de lançamentos de esgotos pluviais e/ou de águas servidas que vêm causando intensa erosão. Esta erosão é intensificada pela veloz corrente do Rio Madeira, pelos

frequentes choques das diversas embarcações constantemente amarradas ao barranco e por outras ações do homem.



Figura 1 4: Lançamento de águas pluviais na orla de Humaitá  
Fonte: IP4, 2007

A maior parte da bacia do rio Madeira em solo brasileiro, trecho médio e inferior, corre em um vale aluvial, sujeito a inundações temporárias. A flutuação nessa parte do rio, onde está inserida a cidade de Humaitá, pode chegar a pouco mais de 10 metros, e boa parte dessa marcada flutuação é causada pelo barramento do rio Amazonas.

Na sua margem côncava, geralmente atingindo sedimentos da Formação Solimões, não se verifica inundação provocada pelo rio com barrancos mais altos. Ainda assim, na cidade de Humaitá, o rio Madeira bate perpendicular ao barranco, cavando e carregando sedimentos não consolidados típicos da formação Solimões (Figura 15).



Figura 15: Ações do rio na orla de Humaitá.  
Fonte: IP4, 2010

Como a Formação Solimões é constituída de sedimentos não consolidados, com estratos argilosos, siltsos e arenosos, é um ambiente de fácil erosão quando expostos, quer por desmatamentos, quer por terraplenagem. Desta forma, a área do Porto de Humaitá é muito susceptível de sofrer fortes processos erosivos de ordem pluvial e fluvial.

Não há informações geotécnicas suficientes sobre a orla fluvial de área Humaitá, onde é comum a ocorrência de forte ação erosiva provocada pelo rio Madeira. Durante o período da cheia é comum a interdição de segmentos da Av. Beira Rio em decorrência desmoronamento erosivo da pista. Em toda a extensão da margem em frente à cidade e a montante, é comum a ocorrência de desabamento da margem, fenômeno denominado de “Terras Caídas”.

Os impactos ambientais que o rio Madeira vem sofrendo nas últimas décadas, em decorrência, principalmente, da atividade garimpeira, aumentou sua turbidez e reduziu grande parte das produtividades primária e secundária do fito e zooplâncton. Comparando-se com os demais rios de água branca da Amazônia, o rio Madeira é um sistema cujas fito-flora e fauna encontram-se altamente impactadas, com produtividade em declínio (PETCON, 2008)

As pesquisas realizadas demonstram que as espécies encontradas nesse ambiente são provenientes de arraste das áreas de Igapó e que rapidamente se degeneram no ambiente do rio, visto que a porcentagem de fragmentos desses organismos é muito elevada.

Estudos prévios sobre diversidade, densidade, distribuição, indicadores biológicos e as espécies mais representativas são escassos. BOECHAT (1996) encontrou 12 espécies novas, mostrando que a coleta de dados primários, como os realizados neste estudo, podem servir de

base para ampliar o conhecimento a respeito da real diversidade dos microorganismos e de sua dinâmica.

Os impactos ambientais negativos sobre o meio físico com a implantação do porto ocorreram principalmente nesta fase, em que as atividades de contenção da erosão revolvem a terra. O descarte de material no solo poderá levar à descaracterização do meio terrestre local. Se não houver cuidado com a proteção na época da chuva, de outubro a abril, as águas vão carregar muito solo para dentro do rio, aumentando, assim, os sedimentos em suspensão e a turbidez da água. Esse impacto seria direto, mas de pequena magnitude, afetando apenas uma pequena área do rio.

Na fase de operação do porto, o meio aquático poderá ser afetado pela poluição característica de áreas portuárias no norte. O despejo de lixo pela população e o combustível lançado na água pelas atividades das embarcações pode causar poluição em frente ao porto, levando a uma diminuição da qualidade da água no local. Esse fato pode ser agravado na época seca, em que a vazão do rio diminui, prejudicando o carreamento dos poluentes pela correnteza ao longo do rio.

Sob o ponto de vista de impactos à biota, os eventos negativos podem ser temporários, como os ruídos advindos das intervenções de engenharia para a implantação do projeto. Porém, podem ser também permanentes, como o desmatamento, a poluição dos barcos, efluentes humanos e resíduos sólidos lançados na área do porto. O projeto não prevê a recuperação da vegetação ou qualquer ação sob o ponto de vista biótico.

Para macrófitas aquáticas, o impacto pode afetar alguns indivíduos que ficarem represados, mas possivelmente seria um impacto de baixa intensidade, pois não foram observadas espécies sésseis, e sim flutuantes, que são carregadas pela correnteza, ficando pouco tempo em um local. A construção do porto não causou impacto à vegetação terrestre, já que na área onde ele foi construído não havia árvores ou arbustos, apenas vegetação rasteira, com predomínio de gramíneas (PETCON, 2008).

## 5.1 RELAÇÃO DA OBRA COM O CONTEXTO HÍDRICO E AMBIENTAL

De acordo com Santana e Tachibana (2009), "... a legislação ambiental brasileira está cada vez mais rigorosa, principalmente no que se refere ao licenciamento ambiental de atividades ou de obras utilizadoras, modificadoras ou potencialmente poluidoras do meio ambiente. E com o transporte hidroviário interior não é diferente por ser um modal que

interage diretamente num meio altamente de risco e de conflitos pelos seus usos múltiplos - a água”.

O início da construção do Porto de Humaitá, por si só causou impactos de diversas naturezas, seja no âmbito social, econômico, de fauna e natureza paisagística, uma vez que o porto acarretou, logo na implantação, um negativo impacto visual, pelas condições urbanísticas em que cidade não continha (Figuras 16 e 17).



Figura 16: Acumulo de sedimentos na orla de Humaitá.  
Fonte: IP4 – 2010.

Se não houver cuidado com a proteção na época da chuva, de outubro a abril, as águas vão carregar muito solo para dentro do rio Amazonas, aumentando, assim, os sedimentos em suspensão e a turbidez da água. Esse impacto seria direto, mas de pequena magnitude, afetando apenas uma pequena área do rio. (JUNK, 1984)

Segundo Souza (2000), a gestão ambiental pressupõe uma ação planejadora que trata de um conjunto de métodos destinados a captar e sistematizar informações e que tem como objetivo racionalizar processos decisórios indutores de modificações na dinâmica de funcionamento de sistemas ambientais. De acordo com, a configuração de um rio e sua velocidade depende de diversos fatores, tais como a topografia, que intervêm na declividade do terreno, no regime pluvial da área de drenagem, a constituição litológica das rochas erodidas pelo rio. (LEINZ, 1983).

Considerando que o rio Madeira apresenta uma flutuação de lâmina d' água em torno de 14 m durante um ciclo hidrológico, e possível estimar uma elevada movimentação dessas plantas rio abaixo e para fora do ecossistema considerado.

A região onde está o porto está totalmente degradada e descaracterizada em relação à fauna nativa. Na área da cidade são encontradas espécies tipicamente urbanas e invasoras, como cachorro, gatos e pombos, bem como algumas espécies nativas tolerantes a ambientes antropizados, como urubus e bem-te-vis.

Do ponto de vista socioeconômico, acompanhados de levantamentos de campo, os impactos positivos superam os negativos, uma vez que a implantação do projeto é relevante como infraestrutura básica para a sede do município, que não dispunha de atracadouro seguro para a população e para o escoamento de bens de consumo. Outro aspecto positivo é a geração de trabalho e renda.

Como a cidade é relativamente grande e é ligada por estrada a uma capital (Porto Velho-RO), o escoamento de produtos é feito por transporte rodoviário até Humaitá. Com o porto, a cidade de Humaitá pôde ser o primeiro ponto de escoamento de produtos do Acre, Sul do Amazonas, Mato Grosso e Rondônia pela hidrovia do Madeira. Os impactos indiretos podem ser o desmatamento na região, pela possível migração de pessoas para a cidade, atraídas pelo crescimento das atividades econômicas, o que acarretaria o aumento do perímetro urbano. Outro impacto é o possível aumento no fluxo de embarcações que levaria a maior poluição e degradação da parte aquática próxima à cidade.



Figura 17: Alterações na orla durante a construção.  
Fonte: IP4, 2010.

Não se tem previsão do possível aumento do trânsito de embarcações, densidade populacional ou lixo gerado no município. O porto também já está tendo impacto negativo para a população, principalmente os que moram nas casas ou têm lojas na rua que limita o local do porto. Com o desmoronamento do barranco, muitas pessoas não puderam voltar a trabalhar nesses locais, que estão interditados.



Figura 18: Impactos durante a cheia do rio Madeira.  
Fonte: IP4, 2010.

Em relação à erosão, os maiores impactos são gerados nas fases iniciais do empreendimento na área, de terraplanagem e edificação. Como não há previsão segura a respeito da estabilidade do terreno a longo prazo, decorrente das características físicas do ambiente geológico e sazonalidade dos níveis do rio, é recomendável o monitoramento da estabilidade do barranco.

## **6 ASPECTOS AMBIENTAIS PARA NOVOS PORTOS**

O aproveitamento da hidrografia como hidrovía é conseguido a partir de obras civis nos cursos d'água que garantem a navegabilidade. Solucionar ou mitigar os diferentes fatores que afetam negativamente a navegabilidade dos rios é o maior desafio da engenharia. A escolha de obras para tal deve ser baseada em parâmetros técnicos previamente estabelecidos.

Os parâmetros geomorfológicos e hidráulicos que interferem na navegabilidade dos rios são: transporte de sedimentos, processo de erosão fluvial, frequência das cheias e formação de meandros. Simultaneamente, existem outros fatores que dependem da geometria e de outras características dos canais, que afetam a navegabilidade dos rios e, portanto devem servir de base para essa escolha, quais sejam: largura e profundidade do canal, área da seção transversal, raios de curvatura e sobrelargura, velocidade da água, altura livre sob pontes e sob interferências, largura de vãos de pontes e sinalização e direcionamento (diurno e noturno). AMORIM *et al.* (2006).

Estas obras, que vão desde a simples limpeza da via (retirada de troncos e pedras), passam pela retificação dos leitos, construção de canais e chegam à construção de eclusas, têm alto potencial poluidor e, portanto, devem ser gerenciadas para evitar a formação de passivo ambiental cujos custos de recuperação podem ser altíssimos e são de responsabilidade do empreendedor segundo a Resolução CONAMA 01/86 e a Lei 9.605/98 – Lei de Crimes Ambientais (FILIPPO, 1999).

Por fim, espera-se mostrar a necessidade e pertinência de investimentos e incentivos do governo federal e da iniciativa privada junto às instituições de pesquisa e ensino nacionais dedicadas ao estudo dos aspectos ambiental, físico, biológico e social, relativos à implantação de novos portos no Brasil. Como as obras necessárias para que estes parâmetros propiciem a navegabilidade possuem alto potencial poluidor, elas devem ser gerenciadas (FOGLIATTI *et al.*, 2004).

Os impactos ambientais gerados pela implantação do porto de Humaitá surgiram a partir dos inícios das obras. Após o seu término em decorrência das cheias e vazões do Rio Madeira

as estruturas portuárias são afetadas de várias formas. Na Figura 19''', evidencia o porto com acúmulo de sedimentos em sua estrutura.



Figura 19: Acúmulo de sedimentos no talude.  
Fonte: IP4, 2010.

Dentro da necessidade de reforçar o corpo do aterro, providenciou-se a utilização de alguns métodos a seguir: colocação de camadas drenantes com tubos perfurados de diâmetro de 150mm envelopados por tecido geotêxtil evitando a mistura do material no interior dos tubos (NEVES, 2003).

Após o envelopamento preenche-se a parte escavada com areia, faz-se a compactação e lança-se uma linha de geogrelha, que é um material que se agrega ao solo fazendo com que se tenha uma maior aderência entre os materiais, repetindo o processo novamente para outras camadas até atingir a cota do platô (durante a execução).

Na figura 20 e 21, problemas no talude ocasionados pelo rebaixamento da água além da cota de projeto e acúmulo de sedimentos (CADMAN, 2007).

Além da necessidade de conscientização dos trabalhadores portuários e daqueles que exercem alguma atividade dentro do porto, deve haver um planejamento por parte da Autoridade Portuária para o investimento em novas tecnologias mais limpas.

Equipamentos obsoletos geram desperdícios, reduzindo a qualidade na prestação do serviço. Essa perda, além de gerar prejuízo para os clientes do porto, pode causar problemas para o próprio porto.



Figura 20: Danos provocados em períodos de cheia.  
Fonte: IP4, 2010

Os escorregamentos de taludes são fenômenos naturais provocados por forças gravitacionais que acabam modelando a superfície terrestre. Estes fenômenos de instabilidade podem envolver grandes volumes de massa, o que muitas vezes se constitui em um problema de difícil solução do ponto de vista da engenharia (FONSECA, 2010).



Figura 21: Trincas no talude.  
Fonte: IP4, 2010.



Figura 22: Acúmulo de materiais nas encostas.  
Fonte: IP4, 2014

Segundo a figura 22, o acúmulo de material nas encostas do porto de Humaitá também podem ser retirados fazendo a utilização de equipamentos de sucção como a draga. Necessita-se de projetos que formulem estratégias de execução que levem em consideração as modificações de orla constante nos rios amazônicos, com o objetivo de reverter ou minimizar efeitos da poluição na água que vem com o rio e as chuvas.



Figura 23: impactos ambientais ocasionados pela cheia.  
Fonte: IP4, 2010.

Podemos ainda citar a operação com hidrojato utilizando o próprio recurso hídrico da região, fazendo a limpeza do talude. A trabalhabilidade nos períodos de cheias e vazantes devem ser seguidos de manutenção e operação do porto diuturnamente.

A colocação de lixeiras em locais estratégicos no porto deve ser providenciada, bem como a de placas educativas que ensinem a população a não jogar lixo no rio.

Deve ser estabelecido um limite de embarcações aportadas na região, tendo em vista a possibilidade de aumento do tráfego no porto. É recomendado o plantio de árvores nativas na área do porto, para evitar espécies invasoras na parte paisagística. A escolha deve recair em espécies vegetais amazônicas, como açai (*Euterpe oleracea*), pupunha (*Bactris gasipaes*), babaçu (*Orbignya phalerata*), helicônias e marantáceas amazônicas. Essas medidas podem fazer com que espécies de aves, morcegos, répteis e anfíbios, associadas ecologicamente àquela vegetação, voltem a ocupar a área.

Um estudo na área de Humaitá deve delimitar uma região florestada para criar um horto na cidade, assegurando uma área de lazer e educação ambiental para a população, bem como uma região de refúgio para espécies de animais. Como o porto de Humaitá está sofrendo grande processo erosivo, os meios físico, biótico e socioeconômico estão sendo impactados, com repercussão numa grande área na orla da cidade. Resolvido o problema da erosão, o levantamento acima descrito e o memorial descritivo do empreendimento podem permitir caracterizar o projeto como de baixo impacto ambiental e de pequeno porte.

O possível aumento no tráfego de embarcações, o aumento dos riscos de acidentes com vazamento de produtos químicos, os ruídos, o aumento dos efluentes humanos e resíduos sólidos podem comprometer a qualidade ambiental. Dessa forma torna-se necessários a implementação dos Programas Ambientais propostos com ações mitigadoras para garantir a manutenção e até mesmo a recuperação da qualidade ambiental na área de influência do empreendimento.

Melhorias tecnológicas são constantemente desenvolvidas pelo mercado, e o planejamento portuário deve prever investimentos para aquisição de algumas dessas melhorias. Considerando que os equipamentos portuários têm custo elevado e há dificuldade em se parar uma operação para sua manutenção, o que também gera um ônus para o porto

A poluição decorre, quase sempre, da ineficiência, ineficácia, uso incompleto ou incorreto dos recursos, gerando um desperdício econômico. Esse desperdício acaba sendo

repassado para o preço dos produtos, gerando um custo que poderia ser reduzido ou eliminado pela melhoria da eficiência produtiva.

O planejamento deve ser utilizado visando à melhoria da eficiência ambiental da atividade portuária e, aos poucos, os custos, quando existentes, devem ser efetivamente internalizados, retirando da sociedade o peso de ter que arcar com as externalidades negativas geradas pelas atividades portuárias.

Considerando que as questões ambientais têm ganhado importância nas últimas décadas como um dos fatores decisivos durante as negociações comerciais, é necessário que as Autoridades Portuárias parem de ver os custos em meio ambiente como um gasto extra da atividade, redutor dos lucros, passando a encarar esses gastos como investimento.

Para tanto, as Autoridades Portuárias devem desenvolver um planejamento de investimentos e melhorias na eficiência ambiental, considerando o longo prazo. No longo prazo, esses investimentos permitirão uma redução de custos provenientes de acidentes ambientais ou de áreas degradadas, melhoria da eficiência ambiental e produtiva, e melhoria da capacidade competitiva dos portos.

A concretização dos projetos específicos estabelecidos nos novos portos tem como resultado: melhoria da imagem da organização; melhoria da eficiência na prestação dos serviços; redução de custos; melhoria da competitividade; atração de novos mercados consumidores; redução de riscos ambientais; aumento da confiabilidade da organização e melhoria da qualidade do ambiente interno da organização.

## CONCLUSÃO

Diante do exposto o objetivo do trabalho foi caracterizar os impactos ambientais decorrentes da implantação do porto fluvial no município de Humaitá – aterros e contenções. Visto que o rio Madeira se encontra em franco processo de enchente sazonal e neste período a força da correnteza chega a alcançar até 9 nós (16,2 km/h) de velocidade, em alguns trechos, dos 1.100 quilômetros navegáveis do rio, desde a sua foz, no município amazonense de Itacoatiara, até a cidade de Porto Velho, no estado de Rondônia. A problemática que o leito do rio apresenta essa mobilidade permanente, que altera a rota das embarcações, e com margens frágeis na maioria do seu curso, a consequente erosão não tem poupado de solapar também as matas ciliares, as falésias marginais, trechos urbanos e ilhas de aluvião, que são lançados todos os anos dentro do rio. Com isso o rio Madeira está se tornando a cada ano mais largo e mais raso, tendo as embarcações muita dificuldade de navegar nos períodos de vazante. Bancos de areia, pedrais e paus fincados no leito do rio próximos ao canal principal colaboram negativamente para que essas dificuldades sejam enormemente multiplicadas, causando assim impactos ambientais.

As árvores solapadas juntos com os terrenos marginais são arrastadas pela força da correnteza e descem o rio acompanhando-o no seu ponto transversal de maior velocidade, e por consequência mais profundo, que é o canal principal. Como os Terminais Hidroviários devem, obrigatoriamente, cumprirem a função de atender as embarcações tanto nos períodos de águas altas quanto nos de mínimas cotas, seus cais de atracação são implantados praticamente dentro do canal navegável, ou muito próximos a eles. Então, a descida das toras e galhadas incide, inapelavelmente, sobre esses cais flutuantes e suas estruturas de fundeio.

O referido trabalho visou mostrar como a construção de um porto fluvial acarreta diversas preocupações, devidos aos impactos e muitas vezes motivadas pela pouca experiência de administradores em fazer controle de uma nova técnica de construção aliada às grandes variações hídricas que nossos rios causam anualmente.

Foi citado no decorrer deste, que identificar os locais em que o solo possa sofrer erosão com a chuva e com a água do rio é um trabalho constante a ser realizado. Mas, esbarram em políticas burocráticas que inviabilizam ações mais rápidas ou que tragam resultados detalhados de onde podem ser tratadas as áreas mais vulneráveis.

Recomenda-se que anualmente todos os anos um consultor na área ambiental e paisagística deverá analisar o local, a fim de identificar a existência de instabilidade do solo,

principalmente após a época das chuvas, bem como identificar os locais onde a vegetação sofreu degradação e recomendar as medidas para minimizar esse problema, que podem ser desde a plantação de árvores, ou vegetação rasteira e que produza flores (espécies nativas da Amazônia, respeitando características florestais locais) na área do porto, priorizando a vegetação com raízes ramificadas para estabilizar as áreas em que o processo de erosão seja uma ameaça.

O monitoramento do solo deve ser realizado por profissionais gabaritados, capazes de identificar mudanças no solo, principalmente após a época das chuvas e a seca do rio. As condições da vegetação devem ser monitoradas por agentes capazes de identificar a deterioração da vegetação ao longo do tempo e recomendar as medidas de restauração do paisagismo.

Por fim, proteger a comunidade e o ambiente local dos impactos portuários negativos, utilizando as melhores tecnologias disponíveis para minimizar os impactos portuários e explorar novas soluções tecnológicas, promovendo a sustentabilidade nas ações relacionadas à instalação e operação dos terminais, distinguindo o porto como um líder ambiental e de cumprimento da legislação e engajando e educando a comunidade sobre o desenvolvimento do porto e seus programas ambientais, são algumas das oportunidades que levamos a divulgar amplamente aos nossos antecessores, não ficando somente a construção física de uma estrutura portuária o sentimento de dever cumprido.

Vale ressaltar, que as diversas etapas de construção devem ser acompanhadas por controle de ações a montante e jusante dos portos, manutenção e conservação, com utilização de recursos financeiros apropriados às subidas e descidas dos rios. Lembramos ainda, que as tratativas de projeto já devem ter as considerações que abracem a situação antes, durante e depois da construção e que os órgãos concedentes de recursos já visem atos que cumpram controles mais admissíveis à realidade do local.

## REFERÊNCIAS

ADA – Agência de Desenvolvimento da Amazônia. 2006. **Plano de desenvolvimento Sustentável da Amazônia legal: estudos diagnósticos setoriais – PDSA 2005-2008**. Agência de Desenvolvimento da Amazônia, Universidade Federal do Pará, Organização dos Estados Americanos – Belém.

ALFREDINI, P; ARASAKI, E. **Obras e gestão de portos e costas**. 3. ed. Santos – SP: Edgard Blucher, 2009.

AMORIM, J.C.C, et al. - **Influência dos parâmetros geomorfológicos e hidráulicos na navegabilidade fluvial**. Instituto Militar de Engenharia – IME. Artigo apresentado no seminário nacional de transporte hidroviário interior em Jun. 2005

ANA – Agência Nacional de Águas. **Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos**. – SNIRH, 2013. Disponível no site: <http://www.portalsnirh.ana.gov.br>. Acesso 20.03.2014.

ANTÃO, Cristovão Filipe Nobre. **Seleção e dimensionamento de estruturas de proteção de margens de rios: aplicações práticas**. Porto: FEUP, 2012.

ANTUNES, L.G.S. **Reforço de pavimentos rodoviários com geossintéticos**. 2008. Dissertação de Mestrado (Geotecnia). Universidade de Brasília, Brasília.

BANDEIRA, Arilmara Abade. **Evolução do processo erosivo na margem direita do rio são Francisco e eficiência dos enrocamentos no controle da erosão**. São Cristovão-SE: UFS, 2005.

BARBOSA, IGOR L. L. FERREIRA. **Muros de contenção com geossintéticos em aterros sobre solos moles reforçados com colunas de jet grout**. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 20012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013

BOECHAT, U.L.; ARAÚJO, P.F. 1996. **Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) do Terminal Portuário Privativo Misto de Itacoatiara**. Disponível na Biblioteca do IPAAM/AM

BRANCO, Norberto. **Avaliação da produção de sedimentos de eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica rural de encosta**. 1998. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/enquadra/Trabalhos/DissAnteriores/BRANCO.pdf>, acesso em 10 fev. 2014.

BRIGHETTI, Giorgio; MARTINS, José Rodolfo Scarati. **Estabilização e Proteção de Margens**. Universidade de São Paulo. Escola politécnica departamento de engenharia hidráulica e sanitária. Abril, 2011

CADMAN, John Denys. **Estudos hidráulicos e de sedimentos**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2007.

CARVALHO, J.A.L. (2006). **Terras caídas e conseqüências sociais: Costa do Miracauera, Paraná da Trindade, Município de Itacoatiara-AM**. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação Sociedade e Cultura na Amazônia do Instituto de Ciências Humanas e Letras) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 142p.

CASADO, A.P.B. et al. Evolução do processo erosivo na margem direita do rio São Francisco (perímetro irrigado Cotinguiba/Pintoba – SE. **Revista Brasileira CI Solo** 26:231-239, 2002.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. Editora Edgard Blucher, 2., edição, São Paulo: 1980.

CODOMAR, **Dragagem de manutenção do calado operacional da Hidrovia do Madeira, no trecho foz (AM) - Porto Velho (RO)**. 2012.

CUNHA, S.B. **Geomorfologia fluvial**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p.211-252.

FERREIRA, Ítalo Oliveira; RODRIGUES, Dalto Domingos; SANTOS, Afonso de Paula dos. **Levantamento batimétrico automatizado aplicado à gestão de recursos hídricos estudo de caso: represamento do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – MG**. 2012. Disponível em: [http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SReFOTO/110\\_4.pdf](http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SReFOTO/110_4.pdf), acesso em 4 fev. 2014.

FEARNSIDE, Philip M; GRAÇA, Paulo Maurício Lima de Alencastro. **Br-319: a rodovia Manaus-Porto Velho e o impacto potencial de conectar o arco de desmatamento à Amazônia central**. Novos Cadernos NAEAv. 12, n. 1, p. 19-50, jun. 2006, ISSN 1516-6481

FENLEY, Cláudio Augusto. **Aviação e desenvolvimento sustentável do Amazonas**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007.

FIGUEIREDO, N. **Estudo fitossociológico em uma floresta mesófila semidecídua na Estação Experimental de Angatuba, Município de Angatuba, SP**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

FILIPPO, S. **Subsídios para a Gestão Ambiental do Transporte Hidroviário Interior no Brasil**, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, IME, 1999.

FOGLIATTI, M.C. , et al. **Avaliação de Impactos Ambientais – Aplicação aos Sistemas de Transporte**. Interciência, Rio de Janeiro, 2004.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FONSECA, Valter Machado da. **Aquífero Guarani: a maior reserva de água subterrânea da América do Sul**. In: Jornal de Uberaba, dia 11/01/2010, p.02.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOLDENBERG, Renato. **Diversidade e estrutura de fragmentos de mata de várzea e de mata mesófila semidecídua submontana do rio Jacaré-Pepira (SP)**. *Revta. brasil. Bot.* vol. 21 n. 3 São Paulo Dec. 1997.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia**: uma Atualização de Bases e Conceitos. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro: 1998.

IBGE, **Mapas dos Biomas Brasileiros**. 2004. Disponível em:<  
[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=169](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169)>.  
Acesso em: 10 mar. 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE, atualizado pela Diretoria de Geociências – Recursos Naturais: 2000

JUNK, W.J.; Furch, K. **Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na bacia Amazônica e nas áreas adjacentes**. *Acta Amazônica*, 10 (3): 611-633, 1984.

KITZMANN, Dione; ASMUS, Milton. **Gestão ambiental portuária**: desafios e possibilidades. Rio de Janeiro: RAP, 2006.

LENCASTRE, A.; FRANCO, F. M. **Lições de Hidrologia**. Lisboa: Fundação Armando Lencastre, 2003.

LEINZ, Viktor. **Geologia Geral**. São Paulo: Companhia Editora nacional, Biblioteca Universitária serie 3, ciência pura, 1983.

MARTINS, José Rodolfo Scarati. **Estabilização e proteção de margens**. São Paulo: USP, 2001.

NAGHETTINI, M. VON SPERLING. ano 2007. **Características hidrológicas de rios**. Capítulo 2. in: VON SPERLING, M (ORG). Estudos e modelagens da qualidade da água de rios. Vol. 7. Ed. Desa – UFMG.

NEVES, Luciana Paiva das. **Geossintéticos e geossistemas em engenharia costeira**. Porto: FEUP, 2003.

OLIVEIRA, EVAILTON ARANTES DE. **Ensaio de arrancamento de geogrelha, utilizando um equipamento reduzido, em amostras de um solo típico da cidade de Manaus**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014, 141f

PACHECO, Cairos Augusto Kallenbach. **Levantamento hidrográfico – Topobatimetria do canal entre as ilhas do Lino e do Laje**. Trabalho de Conclusão de curso Engenharia Cartográfica – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010, 101 f.

PETCON - Planejamento em transporte e consultoria Ltda. Brasília/DF. **Elaboração de projeto executivo de engenharia do porto do município de Humaitá/AM**. 1º. Relatório de andamento - RA 01. Agosto/2006. Companhia Docas do Maranhão - CODOMAR.

PETCON - Planejamento em transporte e consultoria Ltda. Brasília/DF. **Elaboração de planos de controle ambiental para portos no Estado do Amazonas – lote 03. Plano de controle ambiental de Humaitá.** Dezembro/2008. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT

PEREIRA, D.A.B. (2011). **Geotêxteis, Geogrelhas e Geocompósitos no Reforço de Obras de Terra.** <http://www.engenhariacivil.com/geotexteis-geogrelhas-geocompositos-reforco-obras-terra>. Março/2014.

RACHID, Marcus do Nascimento. **As condicionantes para construção de pequenos portos fluviais na Amazônia.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento Militar), Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2010.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais.** Folha NA. 20 Boa Vista e Folha NA. 21 Tumucumaque, NB 20. Volume 08. Rio de Janeiro – RJ. DNPM, 2012.

Rapp Py-Daniel, L.; Deus, C. P.; Henriques, A. L.; Pimpão, D. M.; Ribeiro, O. M. (orgs.) 2007. **Biodiversidade do Médio Madeira: Bases científicas para propostas de conservação.** INPA: Manaus, 244pp.

REIS, Nelson Joaquim, et al. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas.** Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2006.

RIBEIRO, Simone Cardoso; LIMA, Flavia Jorge de; CORREA, Antônio Carlos de Barros. **Depósitos de encostas em regiões tropicais: uma abordagem sobre a formação de colúvios.** 2012. Disponível em: [http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/009\\_DEP%C3%93SITOS%20DE%20ENCOSTAS%20EM%20REGI%C3%95ES%20TROPICAIS%20UMA%20ABORDAGEM%20SOBRE%20A%20FORMA%C3%87%C3%83O%20DE%20COL%C3%9AVIOS.pdf](http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/009_DEP%C3%93SITOS%20DE%20ENCOSTAS%20EM%20REGI%C3%95ES%20TROPICAIS%20UMA%20ABORDAGEM%20SOBRE%20A%20FORMA%C3%87%C3%83O%20DE%20COL%C3%9AVIOS.pdf), acesso em 1 jan. 2014.

SANTANA, W. A & TACHIBANA. **Proposta de Diretrizes para Planejamento e Gestão Ambiental do Transporte Hidroviário no Brasil** (ed. rev). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2009.

SANTOS, Filipe André Caeiro. **Caracterização geotécnica na análise da estabilidade de taludes naturais: o caso de São Martinho do Porto.** Lisboa: FCT, 2012.

SCHNEIDER, V.E.; et al. **Proposta metodológica para avaliação das ações antrópicas impactantes aplicada a elaboração de planos ambientais municipais.** In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, 2011

SILVA, Manuel Joaquim Duarte da et al. **Enchente no município de São Luis do Paraitinga/SP: soluções construtivas utilizadas na proteção das margens do Rio Paraitinga.** São Paulo: UNAERP, 2011.

SILVA, J.P. **Avaliação da diversidade de padrões de canais fluviais e da geodiversidade na Amazônia: aplicação e discussão na bacia hidrográfica do Rio Xingu.** Teses de doutorado. Departamento de Geografia. FFLCH/USP, 277,p, 2012.

SILVA, Suzy Cristina Pedroza, et. al. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável do Madeira**. Cáritas Arquidiocesana de Manaus. Estudo Técnico – Manaus, julho, 2010.

SILVA, Andre Luiz Emmel; Moraes, Jorge Andre Ribas. **Proposta de uma matriz para avaliação de impactos ambientais em uma indústria plástica**. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2012, Rio Grande do Sul. Abepro, 2012.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de Gestão Ambiental: Fundamentos Práticos**. Ed. Riani Costa. São Carlos, 2000.

SUGUIO, K. & BIGARELLA, J.J., 1979. **Ambiente Fluvial**. Ed. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 183p.

TEIXEIRA, Paulo Eduardo Ferlini; CAMPEÃO, Patrícia. **Caracterização do corredor logístico hidroviário Centro-Oeste**. 2013. Disponível em: [www4.fsnet.com.br/revista/index.php/fsa/article/download/222/pd](http://www4.fsnet.com.br/revista/index.php/fsa/article/download/222/pd), acesso em 20 mar. 2014.

TEIXEIRA, Sheila Gatinho. **Riscos Geológicos**. In: TEIXEIRA, Sheila Gatinho (Org.). Geodiversidade do estado do Amazonas. Manaus: CPRM. cap. 7. No prelo.

YIN, Roberto K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.

VASCONCELOS, Adriano Dutra de. **Metodologia para projetos de estruturas portuárias flutuantes na Amazônia**. Instituto Militar de Engenharia, 2012.

VASCONCELOS, Raimundo Gilberto Fortes. **Estudo do fenômeno da erosão marinha na praia de Icarai no município de Caucaia – CE**. Fortaleza: Fametro, 2010.

VILLAS BOAS, José Moura; **Relatório de vistoria do evento saracura/costa da água município de Parintins estado do Amazonas, CPRM** ([http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel\\_terra\\_caida.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_terra_caida.pdf)). Acessado em 24 de setembro de 2013.