

Isaltino Monte Carneiro Junior

**A INFLUÊNCIA DO RIO AMAZONAS NA ORLA DO ATURIÁ EM MACAPÁ-
AMAPÁ, BRASIL**



Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciência e Tecnologia
Mestrado em Engenharia Civil
Porto, Portugal, 2022

**A INFLUÊNCIA DO RIO AMAZONAS NA ORLA DO ATURIÁ EM MACAPÁ-
AMAPÁ, BRASIL**



Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciência e Tecnologia
Mestrado em Engenharia Civil
Porto, Portugal, 2022

2022

Isaltino Monte Carneiro Junior

“TODOS OS DIREITOS RESERVADOS”

A influência do rio Amazonas na orla do Aturiá em Macapá-Amapá, Brasil

Isaltino Monte Carneiro Junior

Orientador: Prof. Doutor Miguel Branco

Dissertação apresentada à Universidade Fernando Pessoa, como parte à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração, sob a orientação do Professor Doutor Luís Miguel de Oliveira Branco Teixeira.

Porto, Portugal, 2022

RESUMO

A maioria da população brasileira e mundial estão localizadas em áreas costeiras, nas bordas dos oceanos ou estuários. As correntes dos mares e rios causam repercussões consideráveis nas margens, o que importa estudar e propor medidas que viabilizem a diminuição dos problemas ambientais. Assim, a presente dissertação visa analisar a orla de Aturiá, que se encontra no município de Macapá, extremo norte do Brasil. O objeto de estudo, se encontra em processo de erosão e uma urbanização informal, vegetação suprimida, comércio informal e urbanização horizontal, com habitação palafíticas, cuja ligação se faz por passarelas de madeiras. A estrutura de concreto armado que o Governo do Estado do Amapá está utilizando como solução para a proteção da orla do Aturiá pode sofrer efeitos negativos devido a alcalinidade das águas do Rio Amazonas. Sabe-se que o concreto é um material alcalino e a formação de uma capa de proteção depende do ambiente alcalino no qual o mesmo se encontra. Os valores obtidos nas amostras não são suficientes para evitar uma queda súbita do pH. Esses valores não ajudam a alcalinidade necessária para proteger as armaduras dessas quedas súbitas e, conseqüentemente, queda do pH. Quanto aos valores de fluoreto, eles foram relativamente baixos e podem agir de forma deletéria na corrosão do aço e provocar o pite nas armaduras, diminuindo assim a vida útil da estrutura. Para o cloro, o valor encontrado nas amostras analisadas foi muito baixo, não tendo poder para causar grandes problemas na estrutura de concreto armado a curto, médio e longo prazo. Quanto ao importante fator solo, de acordo com os ensaios e curvas geradas, foi possível inferir que não é muito favorável para efetuar qualquer elemento de proteção costeira, diretamente sobre o substrato existente, sem os devidos cuidados de investigação profunda, para a determinação de uma fundação adequada, após as análises da sondagem geológica do solo, para a determinação da estrutura mais vantajosa para o caso. Importante destacar que o solo em questão é recente e muito dinâmico. As variáveis naturais analisadas como ondas, ventos, altura de marés, vazão e descarga líquida mostraram a força/energia que o rio Amazonas incide sobre a proteção de arrimo, o que deve ser analisado por uma ótica construtiva de aumentar a resistência dos materiais, pois estamos lidando com o rio de maior vazão de água do mundo e cuja variação entre o período seco e cheio é enorme. A orla do Aturiá demonstra que a opção de muro de peso não é a melhor escolha tendo em vista que já é terceira vez que os serviços são refeitos para a mesma opção de contenção. Desta forma, verificou-se que o Rio Amazonas tem uma vazão da ordem de 91.700 m³/s e 203.000 m³/s, seus impactos são significativos, na utilização de dissipadores de energia como forma de garantir uma vida útil bem maior do que a contenção de peso..

Palavras-chave: Obras de contenção; Rio Amazonas; Parâmetros físico-químico; Análise de solo;

ABSTRACT

Most of the Brazilian and world population are located in coastal areas, on the edges of the oceans or in estuaries. The currents of the seas and rivers cause considerable repercussions on the banks, which is why it is important to study and propose measures that make it possible to reduce environmental problems. Thus, the present dissertation aims to analyze the edge of Aturiá, which is located in the municipality of Macapá, extreme north of Brazil. The object of study is in the process of erosion and informal urbanization, suppressed vegetation, informal commerce and horizontal urbanization, with stilt houses, whose connection is made by wooden walkways. The reinforced concrete structure that the Government of the State of Amapá is using as a solution to protect the edge of the Aturiá can suffer negative effects due to the alkalinity of the waters of the Amazon River. It is known that concrete is an alkaline material and the formation of a protective layer depends on the alkaline environment in which it is found. The values obtained in the samples are not sufficient to avoid a sudden drop in pH. These values do not help with the alkalinity needed to protect the armor from these high drops and the consequent drop in pH. As for the fluoride values, they were relatively low and can act deleteriously on the corrosion of steel and cause pitting in the reinforcements, thus reducing the useful life of the structure. For chlorine, the value found in the analyzed samples was very low, not having the power to cause major problems in the reinforced concrete structure in the short, medium and long term. As for the important soil factor, according to the tests and generated curves, it was possible to infer that the soil is not very favorable to effect any element of coastal protection, directly on the existing substrate, without due care of in-depth investigation, for the determination of a suitable foundation, after the analysis of the geological soil survey, to determine the most advantageous structure for the case. It is important to note that the soil in question is recent and very dynamic. The natural variables analyzed such as waves, winds, tidal height, flow and liquid discharge showed the force/energy that the Amazon River affects on the support protection, which must be analyzed from a constructive point of view to increase the resistance of the materials because we are dealing with the highest flow river in the world and whose flow variation between the dry season and the full season is enormous. The edge of Aturiá demonstrates that the option of a heavy wall is not the best choice, considering that this is the third time that services have been redone for the same retaining option. In this way, it was verified that the Amazon River has a flow of around 91,700 m³/s and 203,000 m³/s, its impacts are significant, in the use of energy dissipators as a way to guarantee a much longer useful life than the containment of Weight.

Keywords: Containment works; Amazon river; Physical chemical parameters; Soil analysis;

DEDICATORIA

A minha esposa, Cristina Carvalho e aos meus filhos Júlia e Pedro, por tornarem possível a realização deste projeto, como fontes inspiradoras.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Miguel Branco Teixeira pela contribuição, orientação, dedicação e auxílio para conclusão deste trabalho.

Ao meu co-orientador, MsC. Regis Brito Nunes, pela valiosa contribuição para o desenvolvimento do trabalho e sem ele não teria conseguido completar esta difícil tarefa.

A minha família, especialmente meus pais, Isaltino e Ana, pela oportunidade, esforço e sacrifícios que disponibilizaram para minha educação, pois sem esse empenho, este trabalho não seria possível.

Aos demais professores da Universidade Fernando Pessoa que ministraram o curso contribuindo para o aumento dos conhecimentos.

A minha querida colega arquiteta Maria Cláudia Cruz, que colaborou com suas experiências e companheirismo durante o período letivo, sem o qual não teria logrado êxito.

A equipe do Laboratório de Engenharia Ltda – LABENG, especialmente o Técnico Laboratorista Francisco Alves de Brito.

A equipe do Laboratório Análises Controle de Qualidade, especialmente a gerente Bacharel em Química Ediana Paula Dallegrave.

Ao amigo Edir Gabriel Juarez, pela colaboração na área de tecnologia.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
AGRADECIMENTOS	ix
ÍNDICE GERAL	x
ÍNDICE DE TABELAS	xii
ÍNDICES DE FIGURAS	xiii
ÍNDICES DE QUADROS	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS	xvii
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
I.1 Contextualização.....	1
I.2 Objetivos da dissertação	1
I.2.1 Objetivo Geral.....	1
I.2.2 Objetivos Específicos.....	2
I.3 Procedimentos metodológicos	2
I.4 Problemática e justificativa.....	2
I.5 Estrutura e organização da dissertação	3
CAPÍTULO II: ATURIÁ E SEU PLANEJAMENTO.....	4
II.1 Enquadramento.....	4
II.2 Região do Aturiá em Macapá /Amapá.....	4
II.3 Impacto das marés altas na região	5
CAPITULO III: METODOLOGIA UTILIZADA NA ANÁLISE DA ORLA.....	16
III.1 Procedimentos	16
III.1.1 Amostra da Água.....	17
III.1.2 Amostras do Solo	25
III.2.1 Teor de Umidade	27
III.2.2 Teor de Umidade por estufa	28

III.2.3 Peso Específico.....	29
III.2.4 Densidade dos Grãos	31
III.2.5 Peso Específico Aparente.....	31
III.2.6 Textura, Granulometria	33
III.2 Medição da Altura da Onda	33
III.3 Materiais.....	35
CAPÍTULO IV: ESTUDO DE CASO - ORLA DO ATURIÁ EM MACAPÁ	41
IV.1 Acessibilidade do bairro.....	42
CAPÍTULO V: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	45
V.1 Proposta de intervenção.....	70
CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO	78
VI.1 Proposições para trabalhos futuros.....	79
BIBLIOGRAFIA.....	81
ANEXO I	87

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da Medição no Canal do Rio Amazonas.....	19
Tabela 2 - Dados da Medição na Planície do Rio Amazonas.....	19
Tabela 3 - Coordenadas dos sensores.....	34
Tabela 4 - Fluxo do Rio Amazonas.....	62
Tabela 5 - Flow Direction.....	62

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização e Delimitação de Área de Estudo.....	5
Figura 2 - Efeitos da erosão na orla do Aturiá.....	6
Figura 3 - Orla do Aturiá, sem proteção costeira.....	6
Figura 4A e B - “Rip-raps” com material ensacado em Paulista (PE) e no município de Barra de Santo Antônio – AL.....	12
Figura 5 - Pontos de Coleta de Água.....	16
Figura 6 - Coleta de amostras de água.....	17
Figura 7 - Recipiente de isopor com as amostras coletadas.....	18
Figura 8 - Aparelho GPS.....	18
Figura 9 - Aparelho ADCP.....	23
Figura 10 - Trajeto das Medições.....	23
Figura 11 - Perfil - Trecho 1.....	24
Figura 12 - Perfil - Trecho2.....	24
Figura 13 - Perfil - Trecho 3.....	24
Figura 14 - Mapa de Coleta de solos no Distrito do Bailique.....	25
Figura 15 - Mapa de Coleta de solos no Município de Afuá – PA.....	26
Figura 16 - Mapa de Coleta de solos na orla do Aturiá.....	27
Figura 17 - Argila / Silte.....	33
Figura 18 - Velocímetros Doppler acústicos (ADV), utilizado para medir ondas e correntes dentro da planície de maré.....	34
Figura 19 - Mapa de Sensores.....	35
Figura 20 - Orla do Aturiá.....	41
Figura 21 - Orla do Aturiá, sem proteção costeira.....	42
Figura 22 - Passarela de madeira entre as palafitas.....	43
Figura 23 - Comparação de alcalinidade da amostra e valores limites para queda de pH.	46
Figura 24 - Compactação e Determinação de Umidade.....	54

Figura 25 - Curva de Compactação	55
Figura 26 - Granulometria do Solo	56
Figura 27 - Percentagem Passando	57
Figura 28 - CBR Assay	58
Figura 29 - Curva CBR	59
Figura 30 - S1 (Magnitude da Velocidade)	59
Figura 31 - S2 (Magnitude da Velocidade)	60
Figura 32 - S3 (Magnitude da Velocidade)	60
Figura 33 - Stick Ship Track – Faixa de Navio	60
Figura 34 - Fluxo do Rio Amazonas	61
Figura 35 - Flow Direction Schedule.....	63
Figura 36 - Fluxo x Velocidade.....	63
Figura 37 - Coordenadas de sensores e ADV	64
Figura 38 - Instalação ADV na maré baixa até a maré alta	65
Figura 39 - Dados sendo transferidos do ADV na maré baixa.....	65
Figura 40 - Estação Maré Norte do Rio Amazonas - Ponta do Céu	66
Figura 41 - Maré calculada através do sensus1	66
Figura 42 - Maré calculada através do Sensus 2	67
Figura 43 - Maré calculada através do Sensus 3	67
Figura 44 - Comparação da maré registrada pelos três sensores de pressão	68
Figura 45 - Velocidade modulada (suavizada a cada 1,5 h) calculada a partir de dados ADV	68
Figura 46 - Altura significativa da onda calculada através de dados ADV	69
Figura 47 - Comparação Hs calculada através do ADV e Sensus.....	69
Figura 48 - Speed and Direction of Currents Over the Measurement Period (19/04/19 23:30 - 21/04/19 11:30)	70
Figura 49 - Informações sobre o Projeto.....	72
Figura 50 - Resultados	73
Figura 51 - Resultados.....	74

Figura 52 - Normas	75
Figura 53 - Área de intervenção	76
Figura 54 - Vista lateral do projeto de intervenção de Bagwall	76

ÍNDICES DE QUADROS

Quadro 1 - Formulário de Etiqueta de identificação.....	38
Quadro 2 - Formulário - Ficha de coleta do solo.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS

ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
AWWA/APHA/WEF	The Examination of Water and Wastewater
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
Cl	Cloro
CBR	California Bearing Ratio
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CLDHs	Calcined Layered Double hydroxides
F	Flúor
GPS	Global Positioning System (Garmin)
HCl	Ácido Clorídrico
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
HCO ₃	Bicarbonato de Cálcio
Hg	Mercúrio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEPA	Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá
IFAP	Instituto Federal do Amapá
LL	Limite líquido
LP	Limite de Plasticidade
LABEGEN	Laboratório de Engenharia Ltda.
LIBS	Laser Induced Breakdown Spectroscopy
ml	Mililitro
M	Molaridade
MS	Ministério da Saúde
M _s	Amostra seca
M _i	Amostra imersa
M _T	Massa do cilindro
NBR	Norma Brasileira
PA	Pressão Atmosférica
(ρ_g)	Massa específica

P_s	Peso seco
PHS	Public Health Service
RAA	Reação álcalis-agregado
SPADNS	Espectrofotometria
T	Temperatura
WHA66.10	Ação da Organização Mundial da Saúde para a Prevenção e Controle de Doenças não Transmissíveis
V	Número de ml
V_a	Volume da amostra
v_1	Volume de nitrato de prata.
V_s	Volume seco.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

I.1 Contextualização

A corrente dos rios causa repercussões consideráveis nas margens, o que importa estudar e propor medidas que viabilizem a diminuição dos problemas ambientais. Esses que infelizmente, vem se agravando, principalmente, aqueles relativos aos rios urbanos costeiros e suas bacias hidrográficas que são cenários da negligência e falta de estruturas urbanas (OLIVEIRA et al., 2013; BOBADILHO, 2014; MONTEIRO et al., 2016; FAÇANHA et al., 2017).

Assim, a presente dissertação visa analisar a orla de Aturiá, que se encontra no município de Macapá, na Planície Costeira Flúvio Estuarina, onde se encontra falésias da Formação Barreiras. A região de Macapá possui uma vasta variedade de ambientes que vão do cerrado aos campos inundáveis e com isso, no município há muitas bacias hidrográficas (IEPA, 2004).

No caso da Orla de Aturiá, objeto de estudo, ela se encontra em processo de erosão e uma urbanização informal, uma vegetação suprimida, um comércio informal e uma urbanização horizontal, com habitação palafíticas, cuja ligação se faz por passarelas de madeiras (TORRES e EL-ROBRINI, 2006; TORRES et al., 2018; FERNANDES e SILVA, 2019).

A orla do Aturiá demonstra que a opção de muro de peso não é a melhor escolha tendo em vista que já é terceira vez que os serviços são refeitos para a mesma opção de contenção. Desta forma, verificou-se que o Rio Amazonas tem uma vazão da ordem de 91.700 m³/s e 203.000 m³/s (SILVA, 2004), seus impactos são significativos, na utilização de dissipadores de energia como forma de garantir uma vida útil bem maior do que a contenção de peso.

I.2 Objetivos da dissertação

I.2.1 Objetivo Geral

- Analisar a influência do Rio Amazonas na orla do Aturiá e analisar seus impactos.

I.2.2 Objetivos Específicos

- Desfiar a utilização de Bagwall, como uma opção de dissipador de energia.
- Verificar as características físico químicas da água e seu impacto no dimensionamento e detalhamento do muro de contenção.

I.3 Procedimentos metodológicos

A coleta dos dados ocorreu em duas fases distintas. A primeira fase surgiu da coleta no campo. Com as amostras recolhidas da água foi possível estabelecer um cronograma de análise físico-químico, e após essa verificação, houve o processo de análise da direção, velocidade do vento e as alturas das ondas, para então, propor um projeto de contenção

I.4 Problemática e justificativa

A população que habita nas orlas das cidades litorâneas, vem sofrendo com o avanço das marés e conseqüentemente, com os prejuízos causados, tanto privados, quanto públicos, pois necessitam de estrutura de contenção para sua proteção (DE PAULA, et al., 2013; ABREU et al., 2016).

Na região Amazônica brasileira, a ocupação humana em áreas naturalmente vulneráveis faz com que esses problemas sejam recorrentes, podendo ser potencializados pelas mudanças ambientais globais que podem provocar aumento no nível do mar e intensificação de fenômenos atmosféricos extremos. Esses fenômenos podem potencializar processos como erosão marginal (SILVA JUNIOR, 2020).

Dito isto, em Macapá, na orla dos bairros Aturiá/Araxá, desde 2013 vem sendo construído um muro para solucionar tal problema. Como alternativa para solução do problema, estamos propondo uma estrutura mais barata, fácil de execução e segura para o bem-estar da comunidade local.

I.5 Estrutura e organização da dissertação

A estrutura da dissertação é composta por seis capítulos e procura atender objetivos propostos nesse estudo.

O primeiro capítulo, ‘Introdução’ é destinado à contextualização e apresenta os seus objetivos gerais e específicos. No capítulo II, “A Orla do Aturiá” tem como princípio abordar os efeitos da influência do Rio Amazonas, suas consequências e a legislação em vigor. No capítulo III, ‘Métodos’, será detalhado os procedimentos necessários para avaliação da influência do Rio Amazonas na orla do Aturiá.

No capítulo IV, ‘Estudo de Caso’, será comentado uma breve revisão bibliográfica dos efeitos da influência do Rio Amazonas. No capítulo V, ‘Apresentação e discussão dos resultados’, faz-se análise proveniente da aplicação do método proposto e apresenta os resultados com base na relação numérica/teórica para chegar aos objetivos propostos.

No capítulo VI, ‘Conclusão’, será exposto às principais conclusões resultantes da teoria, abordando as limitações de estudos, sugestões e recomendações decorrentes da aplicação do método proposto. Na bibliografia será demonstrado toda a base literária para o entendimento da problemática da Influência do Rio Amazonas na orla do Aturiá.

CAPÍTULO II: ATURIÁ E SEU PLANEJAMENTO

II.1 Enquadramento

A região escolhida para a análise dos impactos das marés altas na região, surge da necessidade de um aprofundamento dos danos que ocorrem nas residências que ficam às margens do Rio Amazonas, como será discorrido ao longo da investigação.

II.2 Região do Aturiá em Macapá /Amapá

O município Macapá, cujo bairro foi escolhido para a amostragem dessa investigação, é a capital do Amapá que se situa na Região Norte do Brasil. Esta capital é a única que não possui acesso de ligação por rodovias a outras capitais. Ela é cortada pela linha do Equador.

No bairro do Aturiá, situado às margens do rio Amazonas, na zona sul do município de Macapá-AP – com uma população de 8.713 habitantes, abriga 1.794 domicílios. Todavia, o bairro é relativamente novo e durante sua “construção” não foram observados alguns critérios de ocupação do espaço geográfico, no que diz respeito à segurança contra a erosão natural daquela área (IBGE, 2010).

A área em estudo está localizada na margem esquerda do canal norte do rio Amazonas, na capital, Macapá, no Estado do Amapá. Estende-se ao longo da orla da cidade e é delimitada ao norte pelo complexo Marlindo Serrano e ao sul pelo bairro Aturiá. Esta região está a 150 km da foz do estuário, entre as coordenadas 0° 0'0" N; 51°3'30"W. O estudo se dará em 1.070 metros de extensão da orla do bairro Aturiá /Araxá conforme Figura 1:

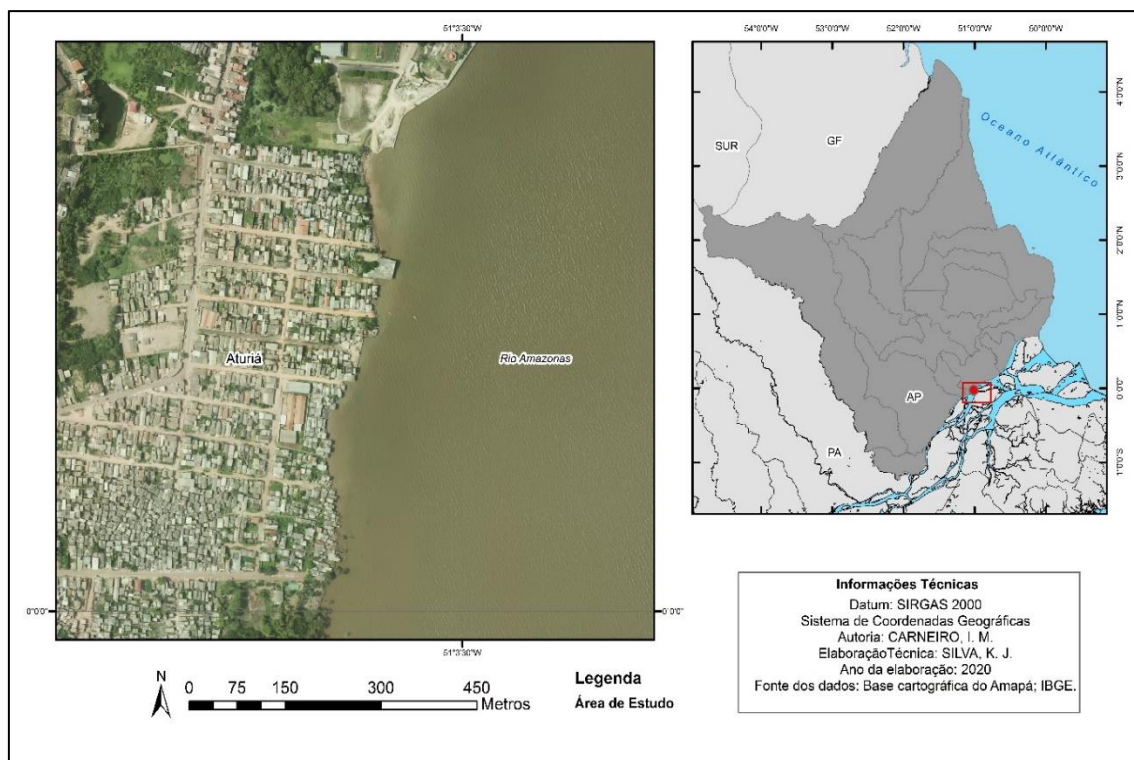


Figura 1 - Mapa de Localização e Delimitação de Área de Estudo
Fonte: Base Cartográfica do Amapá - IBGE (2020).

O mapa da Figura 1, retrata a área de estudo na orla do Bairro do Aturiá, bem como, sua localização em relação a foz do Rio Amazonas, na margem esquerda a jusante, no Município de Macapá.

II.3 Impacto das marés altas na região

Com chegada das fortes chuvas e ventos oriundos do oceano atlântico, associados ao grande ímpeto das marés, costumam provocar danos em residências as margens do Rio Amazonas. Este ímpeto das marés altas provocam um fenômeno conhecido como ‘terras caídas’, ou seja, a erosão provocada pela força das águas nas ribanceiras. Na Figura 2 é possível verificar a precariedade das residências e o que a erosão provoca na orla do Aturiá.



*Figura 2 - Efeitos da erosão na orla do Aturiá
Fonte: Arquivos do autor (2018)*

A orla do Aturiá é uma das áreas de maior impacto, pois não possui nenhum tipo de proteção costeira ou dissipador de energia quanto às arrebentações do Rio Amazonas, conforme mostra a Figura 3.



*Figura 3 - Orla do Aturiá, sem proteção costeira
Fonte: Arquivos do autor (2019)*

Durante anos, diversos acidentes têm acontecido em decorrência da falta de qualquer contenção, que acabam desalojando várias famílias que habitam na área. O governo do Estado do Amapá, anunciou em 2013, a construção de um muro de arrimo, no entanto, a obra ficou paralisada de janeiro de 2015 até novembro de 2017, quando teve suas atividades reiniciadas novamente. O muro terá 1.070m de extensão e está orçado em R\$ 12.048.619,43(Doze milhões, quarenta e oito mil, seiscentos e dezenove reais e quarenta e três centavos) ou € 2.353.245,98 (Dois milhões, trezentos e cinquenta e três mil, duzentos e quarenta e cinco euros e noventa e oito centavos), conforme cotação do dia 03/06/2022 (UOL, 2022).

Segundo Defesa Civil do Amapá (2012), o fenômeno das terras caídas destacou-se com a queda de um trapiche de lazer para o “Macapá Verão” em 2008, quando a força da maré do Rio Amazonas adentrou gradativamente, derrubando várias edificações. Na sequência do advento bares e quiosques foram afetados. Contudo, a Defesa Civil tem feito diversos mapeamentos nas áreas de risco, cadastrando pessoas que se encontram ou que venham a se encontrar em situações de risco. As famílias afetadas tiveram a opção de serem indenizadas ou de receberem uma casa em local adequado.

O conceito de contenção do solo gerou a necessidade de desenvolver estruturas provisórias ou permanentes que trouxessem segurança aos terrenos inclinados, cortes, taludes e outras obras de escavação e que pudessem garantir a eficiência em relação aos deslizamentos e acidentes, criando assim, a estabilidade das contenções.

Segundo Neiva et al. (2014) as primeiras contenções ocorreram na região sul da Mesopotâmia em alvenaria de argila entre 3200 e 2800 a.C. As estruturas de arrimo da era moderna destacaram-se após a publicação de Coulomb em 1776 e tem-se utilizado de forma recorrente para obras de subsolos de estacionamentos, contenção de cortes, estabilização de cortes, metrôs, estradas, pontes, viadutos e outros.

Para Neto & Portelinha (2016) o reforço do solo com uso de geogrelhas ou um geotêxtil, tecido que melhora a capacidade de suporte do solo, ainda pode se utilizar tanto para contenções, como para recomposição, ou reforços, encontro de pontes e muros de arrimos sobre solos moles.

Muehe & Neves (1990) avaliaram os impactos potenciais sobre a costa brasileira e recomendaram estudos detalhados na costa do Pará, Fortaleza, Recife, Rio de Janeiro e entorno da Lagoa dos Patos e tiveram como foco as inundações e a erosão na região costeira. Os primeiros estudos ocorreram na região metropolitana do Recife, que era a única a oferecer condições adequadas para o estudo. Como resultado do trabalho, os autores mostraram uma nova classificação da costa brasileira.

Atualmente, 26,6% da população encontra-se em zonas litorâneas, isto se deve a fatores históricos relacionados à ocupação do território brasileiro, tendo como resultante o crescimento econômico de zonas portuárias e outras (IBGE, 2021). As regiões costeiras

são áreas muito importantes no contexto ambiental e social, sobretudo, do ponto de vista socioeconômico, uma vez que abriga a maior parte dos aglomerados urbanos, maiores densidades demográficas e atividades econômicas, entretanto, muito mais que observá-las por este espectro é importante destacar que são áreas dinâmicas em constante mudanças, pois envolvem a complexa interação terra-água-ar, sofrendo assim pressões antrópicas e naturais (FILET et al., 2002).

Para Gama et al. (2014), “a erosão costeira é um processo que ocorre ao longo da linha de costa, atingindo as praias”. Entretanto, os aspectos turísticos têm impulsionado o crescimento da economia, e com isso, a população da zona costeira tem sido atingida pela erosão. Os autores destacam ainda “que a densidade demográfica é maior em zonas costeiras do que no interior, dando total dimensão da importância que este ambiente representa para a sociedade”.

A deriva litorânea é o processo de movimentação da areia e de fundamental importância para o transporte de sedimentos. Esses movimentos corroboram com a erosão praial, o que segundo Suguio et al. (2005, p.126 cit in Gama, et al. 2014) “transformou em problemas emergencial na maioria das áreas costeiras do mundo”.

Para Filho e Virgílio (1988, cit in Bassaneli, et al. 2016), “os taludes ou as encostas naturais são definidos como superfícies inclinadas de maciços terrosos, rochosos ou mistos, originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos, podendo apresentar modificações antrópicas”. No entanto o dicionário livre de geociências define o talude como aquele feito pelo homem (BASSANELI, et al., 2016).

Corroborando com o pensamento, Carmignani e Fiori (2009 cit in Bassaneli, et al., 2016) define talude como “toda e qualquer superfície inclinada que limita o maciço de terra, rocha ou de ambas, distinguindo igualmente talude natural (encostas ou vertentes) e artificial (cortes e aterros)”. Desta forma, os autores afirmam que um talude tem apenas três forças de atuação que são as forças do peso dos materiais, a força do escoamento de água e a força devido ao cisalhamento. Para que o talude esteja em equilíbrio, as três forças devem também estar em equilíbrio.

Nesse sentido para mitigar problemas de instabilidade, como erosão, escorregamentos, queda de blocos e os fluxos, segundo Silva (2012, p.21 cit in Bassaneli, et al. 2016) podem agrupar em até três categorias as técnicas.

Conforme Dias & Silvia (2016) a urbanização brasileira tem em seu histórico, problemas habitacionais relacionados às áreas susceptíveis a eventos naturais. Desta forma, Figueiredo (1994, cit in Dias & Silvia (2016) define áreas de risco como “são aquelas sujeitas a ocorrências de fenômenos de natureza geologica-geotécnica e hidráulica que implique na possibilidade de perda de vidas e/ou danos econômicos”. Neste sentido Torres & Costa (2000 cit in Dias & Silvia, 2016), essas áreas de risco estão relacionadas a população de baixa renda que muitas vezes constroi suas habitações em locais de risco.

Entretanto, Cerri & Amaral (1998 cit in Dias & Silvia, 2016) define o risco como a probabilidade de ocorrência de um determinado acidente pelas suas consequências indesejáveis. No entanto, as intervenções sem os cuidados técnicos podem afetar o meio ambiente, segundo Cortez (2010 cit in Dias & Silvia, 2016). Assim, o autor relacionou o processo de ocupação de um local e os principais processos exógenos correlatos, assim como as consequências.

Dessa forma, Veyret (2007) cit in Braga & Medeiros (2015), afirmam que o “risco pode ser definido como a percepção do perigo, ou seja, a percepção de que indivíduos ou objetos possam estar expostos a uma ameaça”. Ainda assim, Cavalcante (2013, p.56 cit in Braga & Medeiros, 2015) afirmam que “vários fatores podem determinar a percepção de risco da população como, por exemplo, a experiência, informação, valores culturais e/ou grau de escolaridade”.

Em estudo realizado no Nordeste do Brasil, segundo Silva et al. (2016), o crescimento desordenado do litoral pernambucano tem provocado erosão marinha progressiva, contribuindo com consequências graves econômicas para o desenvolvimento local. Neste sentido, Mendonça et al. (2014, cit in Silva et al. 2016) relaciona os processos erosivos do litoral norte pernambucano com as condições hidrodinâmicas intensificadas pelas modificações antrópicas, mais especificamente a ocupação desordenada da região. A erosão desta área litorânea de Pernambuco, tem contribuído negativamente com a

economia municipal que tem o setor turístico e o lazer como seus principais atrativos. Assim, Itamaracá tem como um de seus principais problemas ambientais a erosão marinha e a perda da balneabilidade de suas praias, devido a problemas ambientais como construções desordenadas, lançamentos de efluentes e outros.

Desta forma, Barbosa (2013, p.8), afirma que “o êxodo da população rural do interior para o litoral tem provocado, uma concentração populacional nesta zona”. Assim o uso de estruturas de contenções em solos argilosos moles, são elementos bastantes variáveis a serem vencidas pelos engenheiros, pois utilizam-se como técnica a pré-carga ou sobre carga temporal, empregando materias leves no corpo do aterro, utilização de drenos, utilização de geossintéticos, o que é evidentemente vantajoso na sua rapidez de execução.

Para Braga & Medeiros (2015), o crescimento acelerado urbano tem levado a um crescimento sem planejamento e ordenamento adequados, contribuindo para ocupação de locais inapropriados ambientalmente, caracterizando suas ocupações em áreas de riscos ambientais, que podem convergir a processos naturais e/ou antrópicos que ameaçam a estabilidade como a erosão costeira, inundações e outros. Com isso, o autor corrobora destacando que o avanço do mar é um fenômeno global, mas com efeitos diferenciados de região para região.

As estruturas de contenção são projetadas para suportar os maciços e evitar o escorregamento pelo seu peso próprio.

Medeiros (2005, cit in Junio & Viana, 2016), afirma que “a contenção é feita pela introdução de uma estrutura ou de elementos estruturais compostos, que apresentam rigidez distintas daquelas do terreno que conterà”.

Luiz (2014), conceitua como sendo “obras de engenharia civil necessárias quando o estado de equilíbrio natural de um maciço de solo ou de rocha é alterado por solicitações que podem ocasionar deformações excessivas e até mesmo o coláps”.

Entretanto, Barros (2010, cit in Junio & Viana, 2016), define estruturas de contenção ou de arrimo como:

“[...] obras civis construídas com a finalidade de prover estabilidade contra ruptura de maciços de terra ou de rochas. São estruturas que fornecem suporte a estes maciços e evitam o escorregamento causado pelo seu peso próprio ou por carregamentos externos”.

Para Rattichieri (2015), o método da parede de diafragma permite uma escavação segura durante a retirada do solo, proporcionando a execução da estrutura antes da remoção de terra. O conceito de parede diafragma, nasce a partir da idéia de painéis de concreto, executados no subsolo por meio de trincheiras escavadas, formando um muro vertical contínuo de contenção subterrâneo.

De acordo com Silva (2012), as estruturas de contenção a gravidade são geralmente flexíveis e utilizáveis em pequenos desníveis com altura inferior a 5,0m e tem como vantagem sua facilidade de execução. Apesar de em sua grande maioria serem flexíveis, pode acontecer de estruturas rígidas que são construídas geralmente em concreto ciclópico.

Souza (2008), adotou o uso de dissipadores de energia “Bagwall” com utilização de geoformas preenchidas com concreto como soluções pontuais de erosão costeira no Estado de Alagoas sem intervenção dentro do mar. Diante disso, Souza (2008) cit in MMA (2000), referem que as erosões marinhas no Brasil ocorrem devido a dois fatores que são os padrões de dispersão e transporte da zona costeira; e as intervenções humanas na zona costeira, seja através de obras de engenharia, seja através do uso do solo inadequado (DE LYRA SOUZA, 2008).

Cidades litorâneas do nordeste brasileiro que experimentam os mesmos problemas de avanço da linha de costas, encontraram diferentes soluções ao longo do tempo para atenuar o avanço da erosão em pontos críticos de suas orlas urbanizadas, entre estas soluções está a utilização do “rip-rap” com material ensacado (“*bagwall*” ou “*sandbag*”) devido os resultados de custo/benefício obtidos.

O *bagwall* foi utilizado na praia de Ponta Verde em uma tentativa de conter a erosão após mais de 15 anos de tentativas, pela prefeitura de Maceió, como o gabião, enrocamento e muro de arrimo com pedras graníticas, que apresentou desvantagens como alto custo de manutenção e impedimento de acesso à praia. Em contra partida, o dispositivo dissipador de energias das ondas *bagwall* apresentou melhores resultados em durabilidade e melhor desempenho em reparação (FRANÇA & MENESES, 2019).

A cidade de Paulista no estado de Pernambuco, que possui praias com forte atrativo para o desenvolvimento econômico e turístico do estado, adotou como solução técnica emergencial para conter o agravamento do processo erosivo na praia de Pau Amarelo, a construção do dissipador de energia do tipo *bagwall*, após resultados positivos alcançados pela utilização do sistema na contenção da linha de costa em praias alagoanas (SOUZA e SOUZA FILHO, 2017), e na praia de Janga, também no litoral de Paulista (Prefeitura Municipal de Paulista, 2013)

As Figuras 4 A e B, mostram o dissipador de energia Bagwall construídos nas praias do Janga e Pau Amarelo. Segundo Lyra (2015), o diagnóstico feito através do monitoramento da área antes, durante e após a conclusão da obra, indica que as estruturas de contenção construídas nas referidas praias, cumpriram seu papel durante o período monitorado, cujo objetivo principal foi a contenção do recuo da linha de costa. No caso da praia de Pau Amarelo onde o Bagwall foi construído, a situação crítica da erosão foi restaurada, recompondo o perfil de praia, evitando a degradação do ambiente (LYRA, 2012).



Figura 4A e B - "Rip-raps" com material ensacado em Paulista (PE) e no município de Barra de Santo Antônio – AL
Fonte: Lyra, M. (2012-2015).

Cidades do litoral leste do estado do Ceará, como Beberibe, Aracati, Icapuí e Fortim, que são os destinos mais procurados para o turismo de sol e praia no Ceará, possuem diversificados sistemas de proteção de linha de costa, como o enrocamento, *bagwall* e sacos de areia (MOUTA JUNIOR et al., 2017).

Em recente notificação do Instituto de Meio Ambiente do Estado de Alagoas (IMA) à Prefeitura de Maceió, em relação a manutenção de dispositivos de contenção de erosão marítima colapsados, os técnicos indicaram a substituição de obras antes utilizadas, tais como muros de arrimos, gabiões e enrocamentos, por intervenções

ambientalmente mais viáveis “que dispersem a energia das ondas e gerem menor descaracterização da paisagem (IMA, 2019).

É notável que cada vez mais a utilização do sistema de “*rip-rap*” com material ensacado (bagwall) para contenção do avanço de linhas de costa vem sendo adotada como solução técnica para a preservação de bens públicos e privados em linhas de costa que sofrem com o avanço do mar. Em parte, isto pode ser explicado pelo desempenho satisfatório, pelo baixo custo e pelos insumos disponíveis onde estes projetos foram empregados.

Para Pessoa (2016), a escolha da estrutura de contenção deve levar em consideração as características do meio físico local e vencer situações em processo de estabilização em encostas, em cortes ou em aterros, além do ônus financeiro. No entanto, Luiz (2014), ressalta sobre o ônus financeiro para construção de uma obra em área de encostas, destacando as considerações de segurança e custos gerais.

De acordo com Mendes (2010), a definição da estrutura de contenção para um projeto, depende das características físicas da massa a ser contida e dos condicionantes de execução da obra. Para o dimensionamento, o fator de segurança é de muita monta para a estabilidade da obra, tendo em vista vários parâmetros, como, os geotécnicos e a metodologia de cálculo.

Com efeito, Pinto (2013), destaca que o estudo das estruturas de contenções tem grande relevância para as construções na atualidade, dentre as quais pode-se citar os subsolos enterrados e estruturas de contenção de terras, que estão presentes nas obras da engenharia civil. Da mesma forma, o aparecimento de patologias, bem como, a necessidade de reforço estrutural, gera grande custo e transtorno para as obras.

Por outro lado, Wolle (1972 cit in Santana, 2014), define que as estruturas de contenções são aquelas executadas para dar mais resistências, segurança e reforço a qualquer movimentação ou possível ruptura nas encostas ou taludes.

Além disso, Santana et al. (2006), informa que as obras de contenção, contém estruturas ou elementos estruturais compostos e também, possuem características estruturais diferentes dos terrenos ou maciços a ser contido.

Conforme Borba et al. (2007), grande parte da costa brasileira sofreu um processo intenso de ocupação, boa parte das intervenções nestas áreas, ocorreram em terrenos com solos comprimíveis de formação do rio ou do mar.

Já Magalhães (2013), acrescenta que as estruturas de contenção de terreno, estão entre os projetos de engenharia com muita demanda ultimamente, resultado da intensa ocupação urbana nas cidades, principalmente, em áreas com topografia irregular ou de risco.

Ferrari et al. (2008), afirmam que quando uma obra sofre um reforço estrutural, isto traduz em aumento de sua capacidade de resistência. A utilização de reforços estruturais dar-se em função de erros na elaboração de projeto ou durante a fase de execução da obra, que são as causas mais importantes. Também se destacam entre outras a ação das intempéries, mudança de finalidade da obra projetada.

O trabalho de Baroni et al. (2012), evidencia que a execução de muros de arrimos com o aproveitamento de pneumáticos descartados em obras de contenção, tem sua efetividade dependente de condições como à quantidade de pneus, recursos a serem aplicados, altura do muro, materiais para preenchimento dos pneus e níveis de água.

Além disso, Silva (2012), sustenta que a utilização da engenharia natural, com vista a estabilização de taludes e encostas é um método que aproveita a vegetação existente na mesma localidade, sem a introdução de grandes equipamentos, sendo sustentável ambientalmente, possibilitando a correção de áreas resultantes de erosões, podendo ainda serem utilizados com outros materiais como Betão, rocha, madeira e geotêxtis.

Para Press (2006) cit in Belem et al. (2014), o estudo dos deslizamentos requer uma série de pesquisas que envolvem as características dos materiais que compõem a

encosta, haja visto que a natureza desses materiais representa um dos fatores que mais influencia os movimentos de massa.

Diante o exposto, no capítulo seguinte será apresentado o trabalho de campo da pesquisa e a metodologia utilizada. Neste capítulo serão expostos os dados e informações levantadas durante o trabalho de campo que embasa a investigação.

CAPITULO III: METODOLOGIA UTILIZADA NA ANÁLISE DA ORLA

III.1 Procedimentos

O trabalho foi desenvolvido em duas fases distintas para se chegar ao resultado almejado. A primeira fase consistiu em coletas de material de campo. Nela foi coletado amostras de água para o estudo físico-químico em dois pontos, conforme é demonstrado a figura abaixo, sendo um no canal e outro na planície.

O mapa da figura 5, retrata os pontos de coleta de água no canal e na planície entre o Estado do Amapá e a Ilha do Marajó, no Estado do Pará.

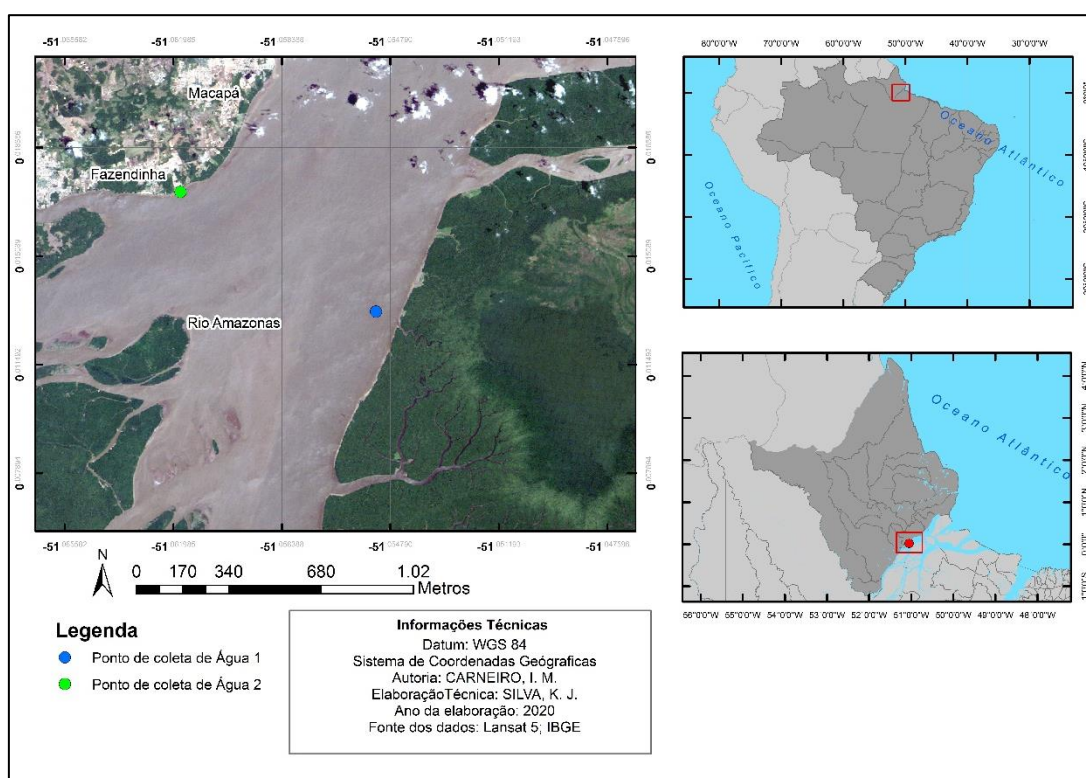


Figura 5 - Pontos de Coleta de Água
Fonte: Landsat 5 - IBGE (2020)

O ponto azul representa a coleta da água no canal do Rio Amazonas, e o ponto verde, configura-se a coleta da água na Planície que fica na região do Macapá, próximo a Fazendinha.

III.1.1 Amostra da Água

Para se coletar as amostras de água, foram utilizados dois recipientes devidamente esterilizados, com 1.000 ml cada. Para o manuseio dos frascos, foram utilizadas luvas para evitar a contaminação da amostra, conforme Figura 6:



*Figura 6 - Coleta de amostras de água
Fonte: Arquivos do autor (2019).*

A temperatura média na cidade de Macapá é acima de 30° e com uma umidade média de 85% conforme (INMMET, 2019). Neste sentido, houve a necessidade de acondicionar as amostras. A coleta de água foi executada de forma superficial, em média de 30cm abaixo do nível do Rio Amazonas. Para tanto, logo após a coleta, as amostras foram colocadas em um recipiente de poliestireno expandido – EPS, conforme ilustra a Figura 7, para manter a temperatura ambiente, de acordo com o que preconiza a “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – AWWA/APHA/WEF”.

Após as coletas, as referidas amostras foram encaminhadas ao laboratório de Análises Controle de Qualidade e preservadas conforme AWWA/APHA/WEF, onde foram preenchidas uma ficha de custódia com as informações referentes à coleta, como data, coordenadas dos pontos de coleta, temperatura ambiente e umidade relativa, conforme ilustra a Figura 7.



Figura 7 - Recipiente de isopor com as amostras coletadas
Fonte: Arquivos do autor (2019)

A coleta de água foi executada de forma superficial, em média de 30cm abaixo do nível do Rio Amazonas. Foram anotadas as coordenadas de latitude e longitude da coleta das amostras por GPS Garmin75 Csx, devidamente calibrado, de propriedade do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá. Foram anotados, ainda, o dia, a hora das coletas, a temperatura ambiente e a umidade relativa, conforme se encontra na figura 8.



Figura 8 - Aparelho GPS
Fonte: Arquivos do autor (2019)

Após a realização das coletas, as amostras de água foram encaminhadas para o Laboratório Análises Controle de Qualidade, onde foram analisados os seguintes parâmetros: Alcalinidade Total, Cloreto Total, Nitrato Total e Fluoreto Total. Tais análises, foram realizadas em conformidade com o procedimento operacional padrão do Instituto Adolfo Lutz, conforme laudos no anexo I.

A Tabela 1 apresenta as coordenadas geográficas, data e umidade relativa da amostra de água obtida no Canal do Rio Amazonas.

Tabela 1 - Dados da Medição no Canal do Rio Amazonas

Amostra 01 - Medição no Canal do Rio Amazonas					
Lat.	Long.	Data	Hora	Elevação	Umidade
-0,10854	-51,01344	17/01/2019	10:16	1,20m	66%

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Contudo, a Tabela 2 apresenta também a posição geográfica, data e umidade relativa da amostra de água obtida na planície do Rio Amazonas, próximo ao Distrito da Fazendinha, Município de Macapá - AP.

Tabela 2 - Dados da Medição na Planície do Rio Amazonas

Amostra 02 - Medição na Planície do Rio Amazonas					
Lat.	Long.	Data	Hora	Elevação	Umidade
-0,055371	-51,10035	17/01/2019	17:07	2,78	66%

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Após a realização das coletas, as amostras de água foram encaminhadas para o Laboratório Análises Controle de Qualidade, onde foram analisados os seguintes parâmetros: Alcalinidade Total, Cloreto Total, Nitrato Total e Fluoreto Total. Tais análises, foram realizadas em conformidade com o procedimento operacional padrão do Instituto Adolfo Lutz, conforme laudos Anexo I e II.

III.1.1.1 Alcalinidade total

Para a análise da Alcalinidade Total, utilizou-se um frasco Erlenmeyer de 250ml, onde foi adicionado 40ml de solução-padrão de carbonato de sódio e 60ml de água deionizada. Colocou-se na bureta o ácido a ser padronizado (H_2SO_4 0,05M ou HCl 0,1M). Foi adicionado duas gotas de identificador fenolftaleína acrescentado lentamente o ácido até viragem de cor roses a incolor (formando assim o HCO_3). Logo em seguida foi adicionado 2 gotas de indicador verde de bromocresol ou da mistura de verde de bromocresol e vermelho de metila. Assim foi feito, continuando com a viragem de cor azul para verde. Utilizou como referência que 1mL de solução ácida é igual a 5mg de $CaCO_3$.

Para se obter o indicador verde de bromocresol foi pesado 100mg do indicador verde de bromocresol (sal sódico) e transferido para um balão volumétrico de 100mL e completado com água deionizada.

Para a solução de fenolftaleína foi pesado 1g de fenolftaleína, e transferido para um balão volumétrico de 100ml dissolvido com álcool a 95% e completado o volume. Para a solução de tiosulfato de sódio foi pesado 3,2g de tiosulfato de sódio 0,01M transferido para um balão volumétrico de 100mL e dissolvido com água bidestilada e deionizada e completado o volume. Para a solução de ácido sulfúrico de M ou de ácido clorídrico M foi transferido 10mL da solução de ácido sulfúrico 0,05M ou 100mL da solução de ácido clorídrico 0,1M para um balão de 1000mL e completado o volume com água deionizada.

O procedimento adotado foi de transferir 50mL da amostra para um frasco Erlenmeyer de 250ml adicionando 2 gotas da solução indicadora de fenolftaleína. Se aparecer cor, hidróxidos ou carbonatos estão presentes e então seria titulado a solução agitando constantemente e com solução padronizada 0,005M de ácido sulfúrico ou 0,01M de ácido clorídrico até o desaparecimento da cor rósea. Desta forma, foi anotado o volume gasto de bromocresol à solução incolor acima obtida. Titulado a solução de ácido sulfúrico 0,005M até a mudança da cor azul para verde para amarelada onde foi lido na bureta o volume total de ácido. Para isso se utilizou as seguintes equações:

$$\frac{V_x M_x 50_{\text{mg}}}{V_a} \text{ de carbonato de cálcio por litro (usando HCl M)}$$

$$\frac{V_x M_x 100_{\text{mg}}}{V_a} = V \times M \times 100 \text{ de carbonato de cálcio por litro (usando } H_2SO_4 \text{ 0,005M)}$$

Onde,

V = número de mL do ácido sulfúrico;

M = Molaridade da solução de ácido;

V_a = Volume da amostra de água.

III.1.1.2 Determinação de Nitrato – Espectrofotometria

A espectrofotometria é determinada pela transformação química da concentração de uma substância num complexo colorido, realizado pelo espectrofotômetro. Desta forma, o espectrofotômetro mede a transmissão de um feixe de luz num determinado comprimento de onda, após atravessa a solução numa cubeta de quartzo ou vidro. É possível determinar a concentração de fósforo na amostra relacionando concentrações conhecidas e confeccionando soluções padrões com suas respectivas absorbâncias determinadas em espectrofotômetro por meio de uma equação linear simples. E por meio de pipetas analíticas de alta precisão, dilui-se em água destilada e deionizada diferentes alíquotas da solução padrão que devem ser preparadas no momento da determinação da curva.

O procedimento adotado foi de medir 5mL de amostra com seringa e transferir para o tubo do fotocolorímetro. Em seguida, se fez uma prova em branco, medindo 5ml de água deionizada e adicionando os reagentes paralelamente a amostra. Foi adicionado 01 medida do reagente 1 e agitado bastante, em seguida foi colocado 01 medida do reagente 2 e agitado novamente e então foi colocado 03 gotas do reagente 3 e agitado. Aguardou-se por 15 min e zerou o equipamento com a prova em branco e fez-se a leitura das amostras. O resultado é lido e interpretado como concentração em mgL^{-1} de N(Nitrato). Foi adotado que o comprimento da onda igual de 535mm.

III.1.1.3 Determinação de Fluoreto – Espectrofotometria

O fluoreto em águas pode ocorrer naturalmente ou por processo de fluoretação. O flúor é o mais eletronegativo de todos os elementos químicos. Traços de fluoretos são normalmente encontrados em águas naturais e concentrações elevadas, estão quase que sempre associadas com fontes subterrâneas. A sua determinação consiste na transformação química de concentração de uma substância num complexo colorido.

O procedimento é medir 5mL de amostra com a seringa e transferir para o tubo do fotocolorímetro e fazer uma prova em branco, medindo assim, 5mL de água deionizada e adicionando o reagente de forma paralela a amostra. Analisou-se então, previamente, o cloro na amostra com 01 gota de inibidor de cloro adicionado para cada $0,5 \text{ mg M}^{-1}$ de

C₁₂. Logo em seguida, foi adicionado 01mL do reagente 1 e agitado bastante e em seguida, foi zerado o equipamento com a prova em branco e leu-se as amostras. Assim, o resultado foi determinado em concentração de mg L⁻¹ de F.

O comprimento de onda no aparelho= 595mm

III.1.1.4 Determinação de Cloreto

O íon de cloreto pode ser encontrado em águas de fontes poluidoras como as águas residuárias. Desta forma, foi utilizado como reagente o cromato de potássio, o cloreto de sódio, o nitrato de prata e a solução padrão de nitrato de prata 0,0282M, o indicador de cromato de potássio 10% m/v e a solução padrão de cloreto de sódio.

O procedimento adotado foi de pipetar 50mL de amostra para uma cápsula de porcelana de 150ml e aquecido em banho e maria, até reduzir o volume em aproximadamente 20mL. Em seguida foi adicionado 4 gotas do indicador cromato de potássio. Então foi titulado a solução de nitrato de prata de bureta de 10mL até o aquecimento de uma coloração avermelhada. Assim foi determinado a molaridade da solução de nitrato de prata, através da seguinte equação:

$M_x v_1$ = Molaridade da solução de nitrato de prata;

v_1

Onde,

M = Molaridade da solução de cloreto de sódio;

v = volume da solução de cloreto de sódio;

v_1 = volume de nitrato de prata.

Para encontrar o cloreto por litro, se utilizou da seguinte equação:

$\frac{M_x v_x 35,453 \times 1000}{V_a}$ = mg de cloreto por litro

V_a

Onde,

V = número do nitrato de prata gasto na solução;

M = Molaridade do nitrato de prata;

V_a = Volume da amostra de água.

III.1.1.5 Medição da Vazão pelo Método Acústico Doppler (ADCP)

Foi utilizado o equipamento ADCP conforme Figura 9 - Aparelho ADCP, também conhecido como perfilador acústico de corrente por efeito doppler. É um equipamento avançado de medições que utiliza a acústica como medição com efeito doppler. É considerado um poderoso operativo na medição de velocidade de escoamentos. Este feito é decorrente que o ADCP utiliza de transmissão de pulsos sonoros e com frequência fixa no qual se observa as mudanças da onda propagada entre a fonte e o observador através dos ecos que retornam refletidos por partículas suspensas na água.

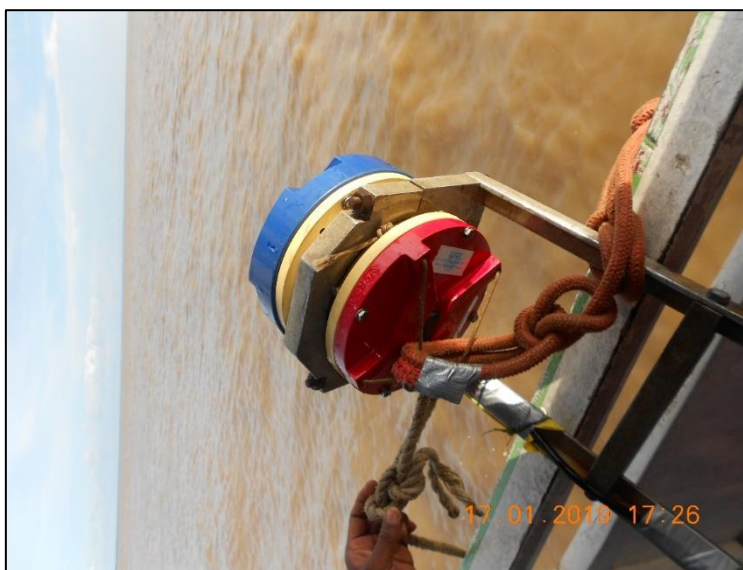


Figura 9 - Aparelho ADCP
Fonte: Arquivos do autor (2019)

O gráfico da figura 10, abaixo, demonstra o percurso executado pelo aparelho ADCP, durante a medição da vazão pelo método Acústico Doppler no Rio Amazonas.

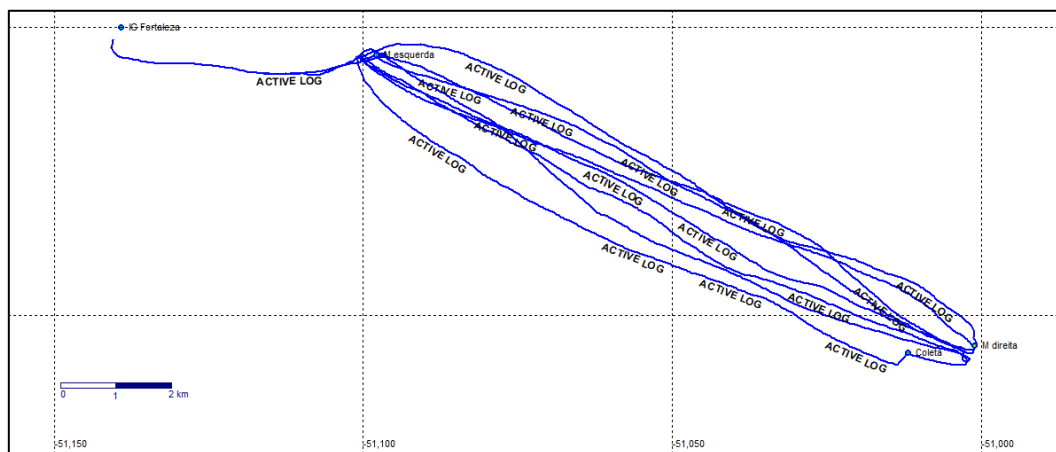


Figura 10 - Trajeto das Medições
Fonte: Arquivos do autor (2019)

O período de medições foi realizado no período de lua crescente para a lua cheia, com a Lua crescente no dia 14 de janeiro de 2019 e com Lua cheia no dia 21 de janeiro de 2019.

Os gráficos das figuras 11,12 e 13 abaixo, retratam a velocidade e o perfil medidos pelo ADCP, no trecho pesquisado do Rio Amazonas. Devido ao comprimento, o trecho foi seccionado em 3 figuras.

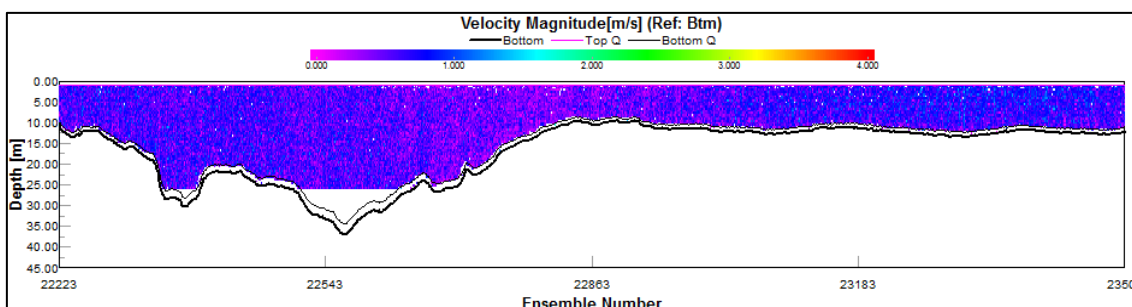


Figura 11 - Perfil - Trecho 1
Fonte: Arquivos do autor (2019)

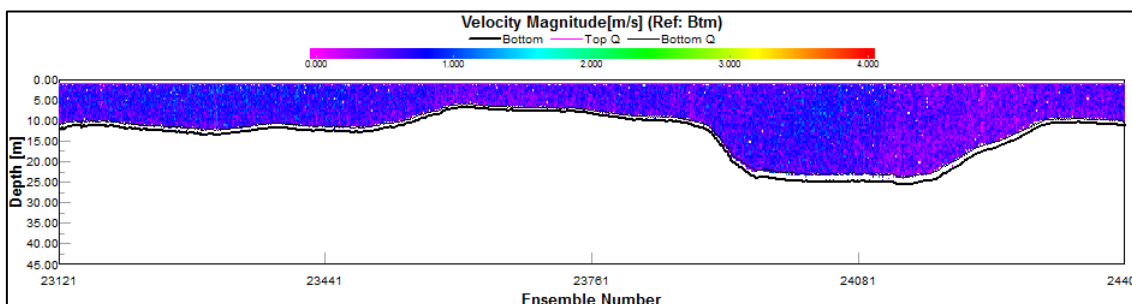


Figura 12 - Perfil - Trecho2
Fonte: Arquivos do autor (2019)

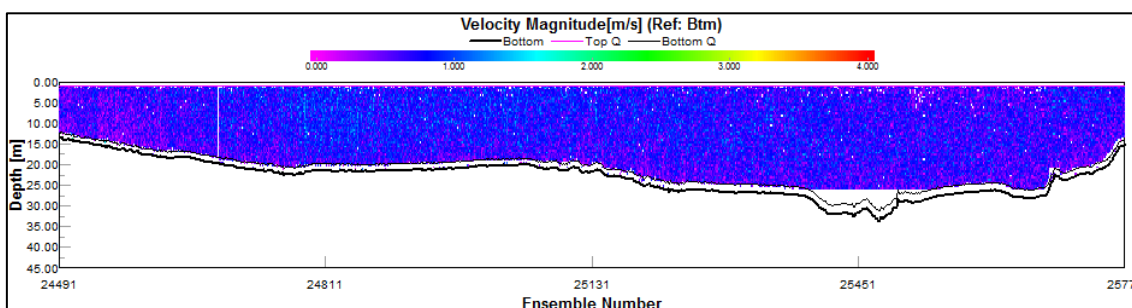


Figura 13 - Perfil - Trecho 3
Fonte: Arquivos do autor (2019)

Devido a largura efetiva das medições, a medição ocorreu basicamente na planície e no canal do Rio Amazonas. Para efeito de demonstração, foi dividido em 3 seções no qual se pôde verificar a magnitude da velocidade.

III.1.2 Amostras do Solo

Foram feitas 07 coletas em 3 pontos diferentes para as amostras de caracterização do solo sendo 03 amostras no Distrito do Bailique, 03 amostras no Município de Afuá e 01 amostra no Aturiá. A caracterização do solo se deu conforme os objetivos específicos.

A razão de se ter coletado duas amostras em cada ponto, deu-se em função de que o Laboratório do Instituto Federal do Amapá - IFAP, só realiza alguns dos ensaios pretendidos neste trabalho, deste modo, foi necessário encaminhar uma segunda amostra ao Laboratório de Engenharia Ltda (LABEGEN), para realização dos ensaios complementares.

O mapa da figura 14, abaixo, retrata os pontos de coleta de solo no Distrito do Bailique no estado do Amapá, na Vila Macedônia e Vila Progresso.

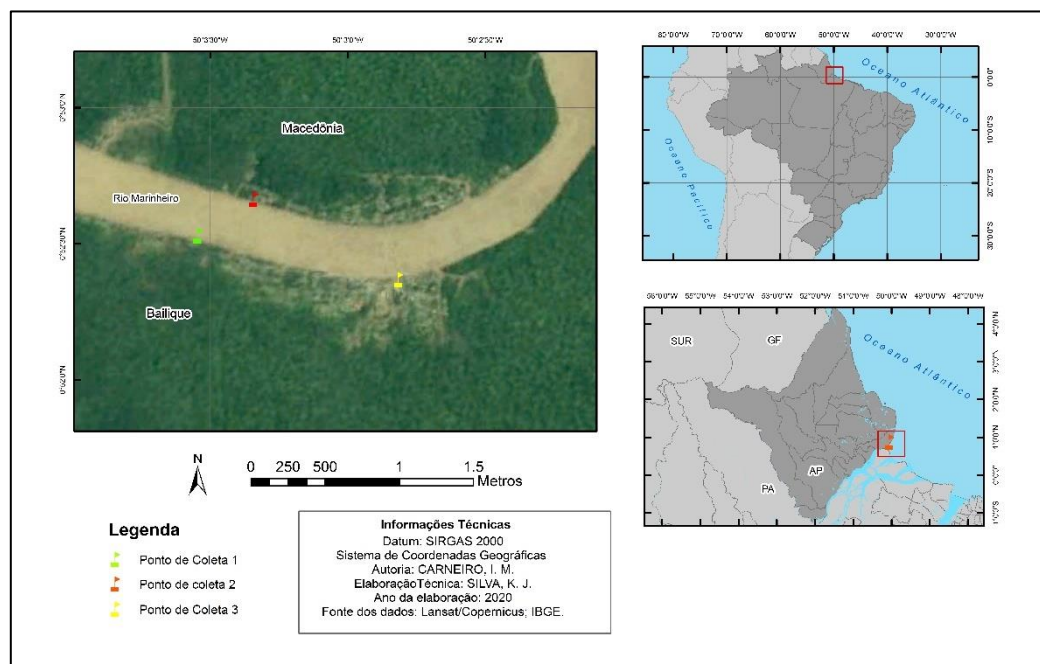


Figura 14 - Mapa de Coleta de solos no Distrito do Bailique
Fonte: Base Cartográfica do Amapá - IBGE (2020).

O mapa da figura 15, abaixo, demonstra os pontos de coleta de solo no Município de Afuá – PA, mesorregião da Ilha do Marajó, região Norte do Brasil.

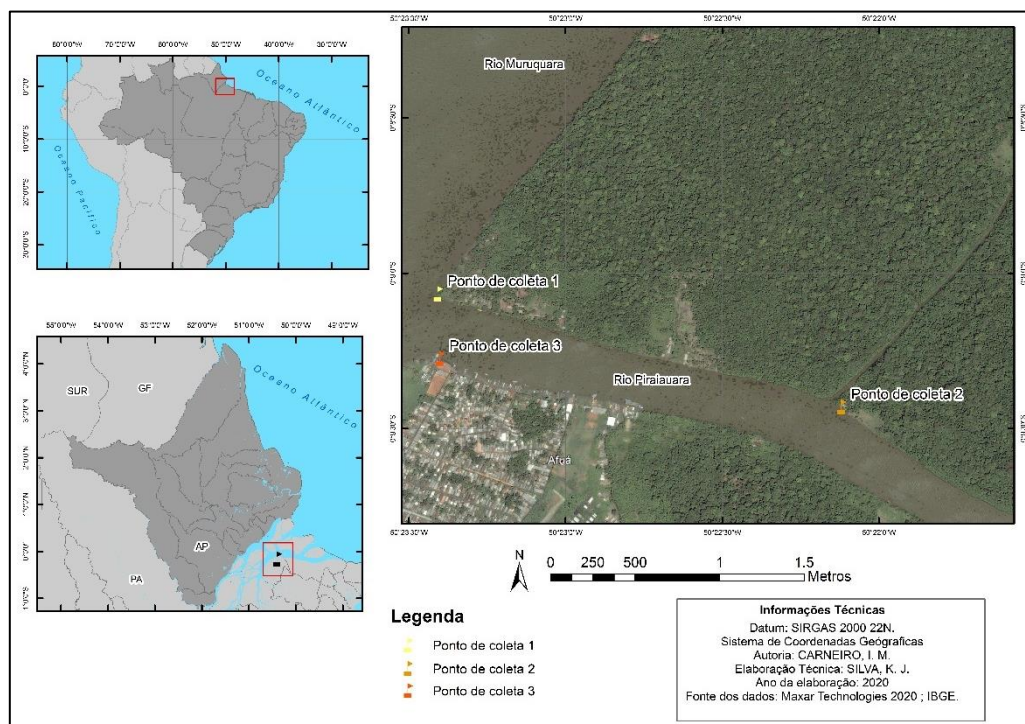


Figura 15 - Mapa de Coleta de solos no Município de Afuá – PA
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020)

O buffer da área de coleta de solo sobre a orla do Aturiá inicia sua delimitação no sentido Sul/Norte pela Avenida do Aturiá, no Bairro Araxá, segue o trajeto pela Rua Alessandro Barbosa Guerra, seguindo até o cruzamento com a Avenida do Araxá, segue para a Rua Jovino Dinoá até à Avenida Treze de Setembro, convergindo à direita, segue nesta até à Rua Odilardo Silva, no sentido norte, segue à direita pela Avenida Desidério Antônio Coelho.

Área resultante de uma intensa ocupação irregular, por uma população predominantemente de baixa renda, que vem sofrendo constantemente os efeitos das grandes marés, em decorrência dos processos da dinâmica marítima do Rio Amazonas, principalmente as moradias localizadas em suas margens, que são as mais vulneráveis, haja vista não haver nenhuma proteção para a referida área.

O mapa da figura 16, abaixo, retrata o ponto de coleta de solo na Orla do Bairro Aturiá, no Município de Macapá-AP, bem como, perímetro apresenta acentuado processo de erosão, uma urbanização informal e com adensamento alto de construções e população

residente nas mesmas. A vegetação foi suprimida com a deposição de resíduos sólidos e solo não consolidado, sujeito a inundação sazonal e com fragmento de vegetação remanescente de Aturiá.

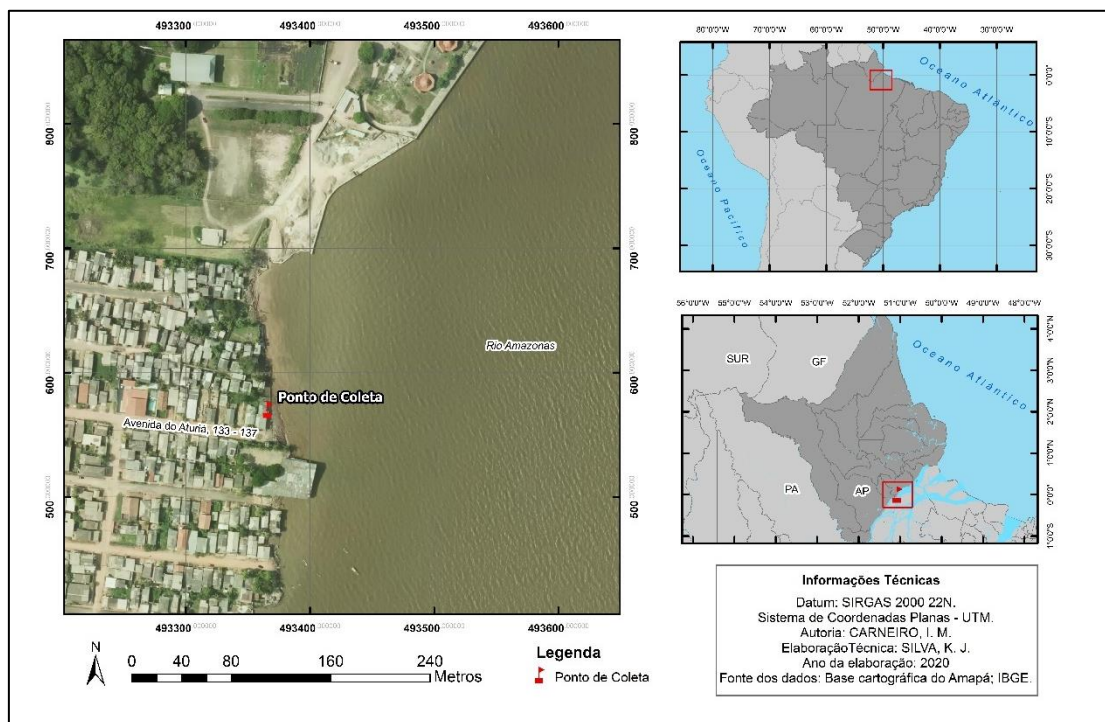


Figura 16 - Mapa de Coleta de solos na orla do Aturiá
Fonte: Base Cartográfica do Amapá - IBGE (2020).

O referido perímetro acima vem sofrendo a ocupação desordenada da orla, de modo irregular, sem infraestrutura, com deficiência de saneamento, o que leva a um quadro crítico, pois há lançamento de esgoto sem o devido tratamento, nas águas do Rio Amazonas, aumentando cada vez mais os riscos de degradação do meio ambiente, reduzindo os recursos naturais na área.

III.2.1 Teor de Umidade

Sabe-se que a caracterização do solo é fundamental em obra de engenharia e de fundação. Determinar o teor de umidade do solo é primordial para conhecer o seu comportamento. O comportamento das estruturas a princípio é determinado pelos materiais utilizados, sendo assim, necessário conhecer primeiramente em laboratório o teor de umidade, definido internacionalmente com " w ".

Caputo (1977), definiu o teor de umidade como sendo “a relação entre o peso da água existente no solo e o peso seco das partículas sólidas do solo, expressa em porcentagem”.

Desta forma, testou-se em laboratório para a determinação do teor de umidade por estufa e por álcool etílico.

III.2.2 Teor de Umidade por estufa

Foram utilizadas balanças que admitem pesos que variam de 200g até 5kg. A estufa utilizada foi da marca Quimis, modelo Q317M-43, garante temperaturas entre 60-65° e entre 105-110°. Um dessecador do tipo sílica gel, capsulas metálicas com tampa e pinças metálicas.

O ensaio consta que foi colocado nos recipientes metálicos uma certa quantidade do material, conforme a dimensão dos grãos e após fechados com as suas respectivas tampas. Então, passou a segunda fase que é de pesar o conjunto com a sua respectiva resolução, identificando e anotando os pesos respectivos.

A terceira etapa, consiste em remover a tampa da capsula e levar a estufa a uma temperatura de 105-110°C onde deve permanecer até obter uma estabilidade de massa. Caso identifique que as amostras sejam de solos orgânicos, turfos, os mesmos devem ser levados a estufa a uma temperatura de 60-65°C mas com um tempo superior para secagem, não menor que 18hs.

A quarta etapa, consiste em retirar as cápsulas da estufa e colocar a tampa e levar até o dessecador onde permanecerá até se encontrar em temperatura ambiente e pesar novamente e anotar.

Foram realizadas 03 (três) determinações do teor de umidade por amostras. Inicialmente foi determinado que em pelo menos 02 (duas) amostras não tenham seus resultados diferentes do que 0,2%. O valor do teor de umidade a ser considerado será a média aritmética para cada amostra. A razão pela determinação dos percentuais de diferença entre as amostras se dá pelo fato de se buscar uma homogeneização.

Caso não seja possível a homogeneização, deverá proceder da seguinte forma: tirar a média das amostras válidas homogeneizadas e tirar a média dos teores de umidade de amostras de diferentes.

Foi utilizada uma ficha de preenchimento que conste os dados do ensaio e que deverá ser preenchido. Deve-se anotar na ficha a informação se a secagem do material tiver sido diferente de 105-110°C.

III.2.3 Peso Específico

O peso específico é delineado pelo peso do material que a forma a amostra, dividido pelo seu volume ocupado no espaço e é identificado com o símbolo (γ_g) e expresso como: $\gamma_g = \frac{P_s}{V_s}$

Onde,

P_s é o peso seco;

V_s é o volume seco.

Nessa perspectiva, é possível obter a massa específica (ρ_g) como sendo a sua massa pelo seu volume.

O ensaio determinou o peso específico médio das partículas, pois é notório que a fração do solo com materiais mais finos tem uma diversidade maior em sua natureza do que poderá ocorrer nas partículas maiores. Para isso, foi utilizado o processo do “PICNÔMETRO” estabelecido pela NBR 6458:2016 em seu anexo B para se obter a massa específica dos grãos de solo que passam na peneira de abertura de #4.0mm com a realização de 02 (dois) ensaios.

O procedimento para execução do ensaio com o picnômetro está estabelecido no item B.13 do anexo B da NBR 6458:2016 que mostra que a amostra deve ter 250g e o restante deverá ser utilizado para o segundo ensaio.

O material deve ser homogeneizado, pesado, com resolução de 0,01g de forma que a massa seca seja de aproximadamente 50g para solos argilosos e siltosos para

picnômetro de 500cm³ e o dobro caso o picnômetro seja de 100cm³. A amostra deve ficar imersa por um período não inferior a 12hs em uma capsula com água destilada. Em seguida colocar a amostra em um béquer de vidro com capacidade de 250cm³ com água destilada por um período não inferior a 12hs.

Com o restante do material, deve-se determinar a umidade. Em seguida foi transferido para um copo de dispersão. Assim, acrescentou-se água destilada até o meio do volume do copo e dispersado por 15 minutos. Em seguida foi transferido a amostra para o picnômetro com um funil de vidro, lavando-se o copo e o funil para evitar perdas.

Após a transferência, completar até a metade do volume do picnômetro com água destilada, aplicando logo em seguida um vácuo de 88Kpa o que corresponde 66cm de Hg a 0°C, por um período mínimo de 15 minutos, agitando o picnômetro em períodos constantes. Deve-se repetir o processo de completar com água destilada aplicando vácuo de 88Kpa por um período de 15 minutos com agitação em períodos constantes. Finalizando, deve agora completar com água destilada até 1cm abaixo do nível da base do gargalo e repetir o processo. Fazer esse último procedimento por duas vezes.

Então deve-se colocar água destilada até 1cm abaixo do nível da base do gargalo, deixando em repouso até que a temperatura se equilibre a do ambiente. Complete com uma pipeta ou conta gotas, adicionando água destilada até que a base do menisco coincida com a de referência.

Perfazendo, enxugou-se o picnômetro externamente e internamente do gargalo acima do menisco. Depois, pesou o conjunto composto pelo picnômetro, solo e água com uma resolução de 0,01g.

Determinou-se assim o conteúdo do picnômetro, a uma temperatura T com uma resolução de 0,1°C e através da curva de calibração, obteve-se a massa do picnômetro cheio de água até a marca de referência, identificando e anotando o seu resultado.

Assim foi possível determinar a massa específica dos grãos do solo e foi seguido a recomendação de norma que valida os dados que não divergirem em 0,02 g/cm³, e ainda seu resultado foi devido a média de dois ensaios satisfatórios.

III.2.4 Densidade dos Grãos

A densidade dos grãos pode ser de acordo com os seus tamanhos, assim houve duas determinações, uma para grãos maiores e outro para grãos menores.

Para a densidade de grãos maiores foi utilizado o processo hidrostático onde se obteve uma massa de amostra seca (M_s) e uma amostra imersa em água destilada a 4°C (M_i). Com esta metodologia, é possível determinar numericamente o empuxo através da diferença entre a massa seca e a amostra imersa em água ($M_s - M_i$).

Para se determinar a densidade dos grãos pequenos, foi pesado a massa seca de uma amostra e denominado de (M_1). Foi colocado em um picnômetro e completado com água destilada e pesado e denominado de (M_2). Assim foi esvaziado o picnômetro e lavado. Em seguida foi completado com água destilada e pesado e denominou-se (M_3). A densidade dos grãos pequenos se deu pela relação Massa sobre o Volume do material.

Para que este método seja válido, a água destilada deverá estar isenta de bolhas de água e para que isso seja possível, a água foi colocada em banho maria por um período não inferior a 30 minutos.

III.2.5 Peso Específico Aparente

O peso específico aparente é definido internacionalmente com a letra (γ) e é decorrente da relação do peso da amostra pelo volume total da amostra. Já a massa específica aparente é definida pela letra (ρ) e é dada pela relação da massa total pelo volume total.

As amostras terão seus pesos definidos pela soma do peso das partículas sólidas e o peso da água que ocupa os seus vazios. Devido ao valor considerado insignificante, o peso do ar foi desprezado. Assim, explica-se:

$$P_t = P_s + P_1$$

A expressão de densidade aparente é dada como a relação do peso específico (γ) da amostra pelo peso específico da água ($\gamma_{\text{água}}$) e é expresso:

$$\delta = \frac{\gamma}{\gamma_{\text{água}}} = \frac{\rho}{\rho_{\text{água}}}$$

Para o cálculo do peso específico, foi definido um volume total que é resultante do volume das partículas (V_s) somado ao volume dos vazios (V_v).

Atualmente, os métodos mais utilizados para determinação do peso específico aparentem são:

- Método do Cilindro de Cravação;
- Método do Frasco de Areia;
- Método do Óleo Grosso;
- Método do Balão de Borracha.

Para este ensaio foi utilizado o método do Cilindro de Cravação no qual consiste em nivelar e limpar o terreno de partículas soltas. Em seguida, deve-se utilizar um cilindro levemente lubrificado em óleo internamente assentando sobre o terreno e iniciar a cravação por queda livre de um soquete de forma que a haste permaneça na posição vertical e esta cravação deve ocorrer até que sua borda superior fique 1cm abaixo da cota do terreno. Corta-se então o solo na área circunvizinha e abaixo do cilindro com a ajuda de espátulas e com uma profundidade não inferior do que 5cm abaixo da borda inferior. Com a mesma espátula se retira os excessos em todas as faces do corpo de prova.

Caso a amostra esteja amolgada, ou que esteja fissurada, ou que contenha pedregulho ou raízes ou corpos estranhos, ou que os cilindros não estejam completamente cheios, ou ainda que tenha se danificado no manuseio da amostra, deve-se repetir a operação até que se tenha uma amostra satisfatória.

O cilindro contendo o material foi denominado de massa do cilindro (M_T) e deve ser determinada o mais rápido possível para evitar que haja perdas de umidade. Removeu-se então o material do cilindro e da parte central da amostra retirou-se uma amostra para definir o teor de umidade.

Para se determinar a massa específica aparente natural se deu pela razão da diferença da massa do cilindro com a amostra úmida e a massa do cilindro pelo volume interno do cilindro e essa determinação é expresso:

$$\rho_h = \frac{(M_T - M_c)}{V_c}$$

III.2.6 Textura, Granulometria

O conceito de “Textura” está definido na NBR 6502 como sendo “conjunto de características de forma, dimensão, e arranjo dos elementos mineralógicos constituintes de um solo”. Entretanto para este trabalho, o conceito foi modificado para a análise granulométrica, passando assim admitir como sendo a proporção entre as dimensões das partículas de um determinado solo.

A granulometria é definida como a distribuição de partículas do solo em grupos de tamanhos distintos dos grãos, que tenham origem inorgânica e mineral. Para esses grupos distintos, também são conhecidos como frações granulométricas e tem uma importância fundamental nas propriedades das argamassas e concretos.

Para determinação da granulometria, se utiliza peneiramentos possibilitando apresentar uma curva granulométrica que irá determinar suas propriedades físicas. Para este projeto serão utilizadas as seguintes simbologias e limites:

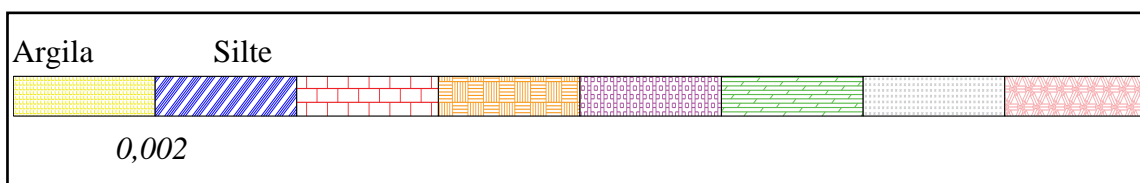


Figura 17 - Argila / Silte

Foram utilizadas balanças que admite pesos que variam de 200g até 5kg.

III.2 Medição da Altura da Onda

Os dados foram oriundos de levantamento de dados *in situ* de pressão, velocidades e ondas durante a maré de sizígia onde foram instalados 3 sensores de pressão Sensus

Reefnet e um aparelho ADV conforme a figura 18. O ADV foi instalado ao lado do Sensus2. O ADV foi programado para medir a 4Hz durante 2 minutos e os sensores de pressão foram ajustados para medir a 1Hz.

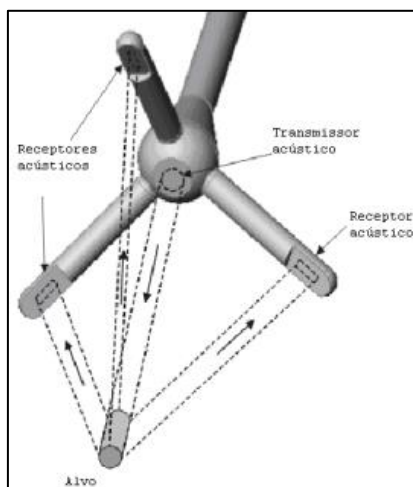


Figura 18 - Velocímetros Doppler acústicos (ADV), utilizado para medir ondas e correntes dentro da planície de maré. Fonte SONTEC (2010).

O ADV utiliza o princípio de DOPPLER para calcular as velocidades com transmissores e receptores diferentes. Assim os transmissores ficam na região central e os receptores distanciados por um ângulo de 120° conforme Figura 18, desta forma é possível medir a altura da onda através da combinação de dados do sensor de pressão (Lima, 2011).

Os sensores de pressão e o ADV ficaram nas seguintes coordenadas conforme Tabela 3:

Tabela 3 - Coordenadas dos sensores

Estação	Latitude	Longitude	Profundidade (m)
SENSUS 1	0° 1' 19.54"N	51° 3' 01.03"W	3.6
ADV + SENSUS 2	0° 0' 24.61"N	51° 3' 31.53"W	1.7
SENSUS 3	0° 0' 20.70"N	51° 3' 33.69"W	1.9

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A figura 19, demonstra a posição dos sensores na Orla do Bairro Aturiá, no Município de Macapá – AP. O Sensor 1 ficou a uma profundidade de 3,60m, o sensor 2 e o ADV ficaram a 1,70m enquanto, o sensor 3, ficou 1,90m.

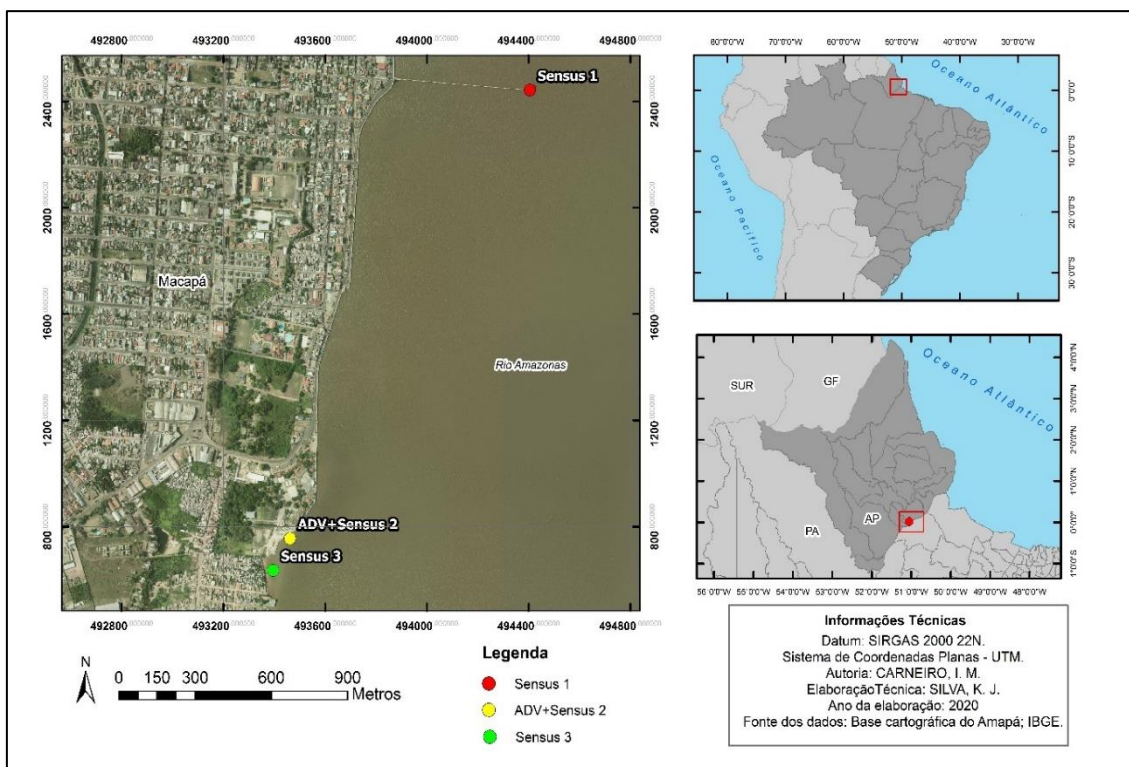


Figura 19 - Mapa de Sensores
Fonte: Base Cartográfica do Amapá - IBGE (2020)

Nesta área, está a planície de maré localizada na margem esquerda do canal norte do Rio Amazonas, confinante com a cidade de Macapá, capital do Estado do Amapá, compreendendo desde a estação de captação de água do estado ao norte, até o bairro do Aturiá ao sul.

III.3 Materiais

Para a coleta de amostras do solo foram utilizadas ferramentas e materiais de consumo como constam na lista abaixo:

- 1 enxada;
- 1 pá;
- 1 picareta;
- balança de campo (capacidade de 30kg)
- baldes;
- sacos plásticos e recipientes com tampa para transporte de materiais coletados;
- fogão a gás;
- parafina;
- conjunto para retirada das amostras (martelo, espátulas, arco de serra, talhadeiras, cilindro de cravação);

- estufa elétrica para temperaturas de até 120°;
- dessecador;
- peneiras para classificação de solos;
- agitador de peneiras;
- dispersor;
- bomba de vácuo;
- picnômetros;
- provetas;
- pipetas;
- copos (béquer);
- picetas (seringas de borracha);
- conta-gotas;
- bastões de vidro;
- moldes;
- cronômetro;
- termômetro;
- alarme de tempo (despertador);
- cápsulas metálicas;
- bandejas metálicas;
- Almofariz e mão-de-gral (gral e mão-de-pilão);
- escovas de aço e trinchas (tipo de pincel);
- formões;
- facas;
- alicate;
- chaves de fenda;
- régua de aço graduada;
- colher;
- limas (para afiar trados e outras ferramentas);
- chave para tubos;
- chave inglesa;

Os ensaios realizados foram:

- CBR;
- cisalhamento;

- permeabilidade;
- compressão simples e triaxial;

Os materiais de consumo utilizado foram:

- parafina;
- mercúrio;
- álcool;
- éter sulfúricos;
- água destilada;
- soluções flocculantes e defloculante;
- óleo (fino e grosso);
- folhas de serra;
- fitas para impermeabilizar (isolante, gomada, de vedação);
- sacos de lona, sacos plásticos;
- lápis de cera;
- lápis e caneta;
- toalhas de papel;
- toalhas;
- panos de limpeza;
- etiquetas;
- cadernos de notas;
- papéis (fichas para anotar dados de ensaios, nomogramas, folhas impressas especiais);
- cordas e barbante;
- ingredientes de limpeza;
- material para vedar (celofane, folhas plásticas).

Foram utilizados os seguintes formulários para identificação e amostras:

Quadro 1 - Formulário de Etiqueta de identificação

ETIQUETAS DE IDENTIFICAÇÃO				DATA	
OBRA:					
CLIENTE:					
FURO	COORDENADA		PROFUNDIDADE	Nº DA AMOSTRA	
	LATITUDE	LONGITUDE			
COR					
CLASSIFICAÇÃO IN SITU					
CAMADA	POSIÇÃO		BE	EIXO	BD
RESPONSÁVEL					
TEMPERATURA		UR			
VEL. VENTO					
OBSERVAÇÃO					

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Essa etiqueta traz todas as informações que possam identificar a coleta, tais como o local da obra, o cliente, as coordenadas e a profundidade e inclusive, o campo de observações que podem compor todo o processo de identificação da amostra.

Quadro 2 - Formulário - Ficha de coleta do solo

FICHA DO SOLO			DATA	
AMOSTRA				
Nº DA CAPSULA				
TEMPO NA ESTUFA		PESO DA TARA		
MASSA DO SOLO UMIDO + TARA (M1)				
MASSA DO SOLO SECO + TARA (M2)				
MASSA DO RECIPIENTE (M3)				
MASSA DO SOLO SECO (MS) MS = M2-M3				
MASSA D'ÁGUA (MA) MA = M1-M2				
TEOR DE UMIDADE (H) $H = 100 \times \frac{MA}{MS}$				
MÉDIA DO TEOR DE UMIDADE				
FATOR DE CONVERSÃO $F_C = \frac{100}{100+H}$				

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Já na ficha do solo, há a descrição da amostra, o número de cápsulas que serão utilizadas e todas as informações inerentes a massa do solo, tais como peso da tara e a sua descrição.

Foi necessário determinar as nomenclaturas utilizadas no trabalho, dessa forma, levou-se em consideração a NBR 6502/95. Define-se:

Rocha: Material sólido, consolidado e constituído por um ou mais minerais, com características físicas e mecânicas específicas para cada tipo.

A classificação quanto a origem podem ser:

Ígnea ou magmática: Nome dado a qualquer tipo de rocha que provém de solidificação de materiais em fusão denominados magmas e podem ser plutônicas¹, extrusivas ou vulcânica ²e hipoabissal³.

Metamórfica: Rocha proveniente de transformações sofridas por qualquer tipo de rocha preexistente que foi submetida à ação de processos termodinâmicos de origem endógena, os quais produziram novas texturas e novos minerais que geralmente se apresentam orientados

Sedimentar: Rocha originada pela consolidação de:

- detritos de outras rochas que foram transportados, depositados e acumulados. São denominadas detríticas ou clásticas.
- produtos de atividade orgânica, atividade bioquímica ou precipitação química por evaporação.

Areia: Solo não coesivo e não plástico formado por minerais ou partículas de rochas com diâmetros compreendidos entre 0,06 mm e 2,0 mm.

¹ Rocha ígnea formada em grandes profundidades, possuindo textura grossa a média.

² Rocha ígnea formada pelo extravasamento do magma na superfície terrestre.

³ Rocha ígnea originada em profundidades interme diárias entre as plutônicas e as vulcânicas, tendo ocorrência em forma tabular (dique), camada (sill ou soleira) ou filonar.

Pedregulho: Solos formados por minerais ou partículas de rocha, com diâmetro compreendido entre 2,0 mm e 60 mm. Quando arredondados ou semi-arredondados, são denominados cascalho ou seixo. Os pedregulhos podem ainda ser classificados como:

- Pedregulho fino: Pedregulho com grãos compreendidos entre 2,0 mm e 6,0 mm;
- Pedregulho médio: Pedregulho com grãos compreendidos entre 6,0 mm e 20,0 mm;
- Pedregulho grosso: Pedregulho com grãos compreendidos entre 20,0 mm e 60,0 mm.

Para as análises físico-químicas da água, foi pesquisado a alcalinidade total, determinação de nitrato – espectrofotometria e a determinação do cloreto.

As amostragens foram preservadas conforme “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* – AWWA/APHA/WEF”. Após as coletas, foram preservadas de acordo com os parâmetros a serem analisado e acondicionadas em um recipiente de isopor e encaminhada ao laboratório de Análises Controle de Qualidade, situada na Avenida Machado de Assis, 373, Macapá-AP. Foram preenchidas uma ficha de custódia para as amostras com todas as informações referentes à coleta, como data, coordenadas dos pontos de coleta, temperatura ambiente e umidade relativa. As coletas se deram de forma superficial, ou seja, 30 cm abaixo do nível do Rio Amazonas.

CAPÍTULO IV: ESTUDO DE CASO - ORLA DO ATURIÁ EM MACAPÁ

A área do Aturiá foi intensamente utilizada para fins de lazer até meados da década de 1990. Neste período o cenário de bares e restaurantes era característico do lugar, mas lentamente foi deixando de ser utilizada pela população e o número de habitações aumentou progressivamente, transformando a antiga paisagem de praia, bares e restaurantes (COSTA & SACRAMENTO, 2016), como demonstrado nas figuras 20 e 21.



Figura 20 - Orla do Aturiá
Fonte: Arquivos do autor (2013)

Segundo Brito e Avelar (2017, p. 170), a princípio, a ocupação da “praia” do Aturiá se deu sobre condições naturais, ou seja, um ambiente característico de planície de inundação, composta por Aningá (*Montrichardiaarborescens*) e Aturiá (*MachaeriumLunatumL.f*), constituindo vegetação típica da mata ciliar, com a função de impedir a remoção de sedimentos.

Santos (2010), relata que essa transformação é fruto da expansão populacional do atual bairro do Araxá, que também surgiu por meio da ocupação e do intenso fluxo migratório de pessoas advindas especialmente, do Maranhão e do Pará.

A transformação do ambiente natural em equilíbrio da antiga “Praia do Aturiá”, para o antropizado sujeito a erosão fluvial, é consequência do aumento populacional e do

intenso processo de urbanização (aterramento) pelo qual passou aquela área da cidade de Macapá (BRITO & AVELAR, 2017).



*Figura 21 - Orla do Aturiá, sem proteção costeira
Fonte: Arquivos do autor (2019)*

No ano de 2004 foi elaborado pela Prefeitura Municipal de Macapá, com o intuito de atender aos anseios e em resposta ao crescimento populacional e crescimento urbano desordenado, em decorrência, principalmente, da criação da Área de Livre Comércio de Macapá, no início da década de 1990, o ultimo Plano Diretor Participativo, com atualização no ano de 2008 (SANTOS, 2010).

Todavia, para Brito e Avelar (2017, p. 175), o processo erosivo foi responsável, no ano de 2007, pela destruição de cerca de 20 estabelecimentos comerciais; já entre 2009 e 2010 pelo menos 41 famílias das 685 famílias que ali habitavam, foram desabrigadas. Em 2011, um total de 25 moradias encontrava-se em situação de risco, o equivalente a 130 moradores que precisavam ser removidos daquele local.

IV.1 Acessibilidade do bairro

O bairro do Aturiá está localizado na porção mais leste do Bairro do Araxá, na zona sul da cidade de Macapá-AP. Tem área limitada a sul e a leste pelo rio Amazonas; a norte pelo Complexo do Araxá; a oeste estendendo-se até a Rua Humberto de Góes. O acesso à área se dá tanto por via terrestre, através da Rodovia JK (Norte) e da Avenida Equatorial (Oeste), quanto por via fluvial através do rio Amazonas (Leste) (BRITO & AVELAR, 2017).

O bairro do Aturiá - situado às margens do rio Amazonas, na zona sul do município de Macapá-AP – com uma população de 8.713 habitantes, abriga 1.794 domicílios. Todavia, o bairro é relativamente novo e durante sua “construção” não foram observados alguns critérios de ocupação do espaço geográfico, no que diz respeito à segurança contra a erosão natural daquela área (IBGE, 2010).

Sacramento, Fonseca & Costa (2014), afirmam que os moradores destas áreas não são assistidos por serviços de saneamento básico, sendo este um problema existente em toda a cidade de Macapá, visto que somente 3% das residências tem acesso à coleta de esgoto e o restante das casas trata o esgoto implantando fossas sanitárias.

Além disso, o Aturiá não dispõe de pavimentação, deste modo, as casas são ligadas umas às outras por intermédio de pontes que funcionam como ruas e, que geralmente, apresentam-se em péssimas condições de tráfego por falta de manutenção, o que dificulta e restringe a acessibilidade (SANTOS, 2010). Como demonstrado na Figura 22.

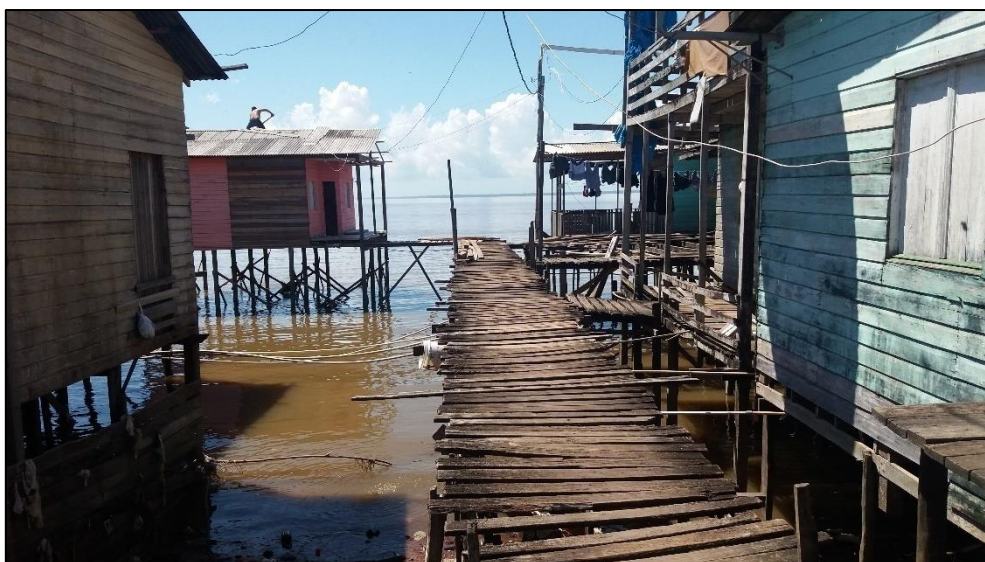


Figura 22 - Passarela de madeira entre as palafitas
Fonte: Arquivos do autor (2017).

A iluminação pública é fornecida de maneira precária, através de postes em madeira que muitas vezes ameaçam cair. Tais postes são constantemente utilizados para obtenção de energia de forma arbitrária, isso porque de acordo com a Companhia de

Eletricidade do Amapá (CEA) mais de 70% dos moradores da área tem energia, em suas casas, fornecida de modo irregular, no entanto não há fiscalização pelos órgão competentes (SACRAMENTO, FONSECA & COSTA, 2014).

O desafio tem o preludio de sua proteção costeira de forma que não houvesse um impacto visual que poluísse a Amazônia e qualquer outro lugar. Para este trabalho, foi verificado a determinação de fluoreto, a de cloreto e a Alcalinidade. Também foi analisado o teor de umidade do solo, a determinação do peso específico, assim como a determinação dos grãos e a textura do solo.

Para o dimensionamento foi verificado as vazões das Águas do Rio Amazonas, direção e velocidade do vento e as alturas das ondas, bem como as sondagens executadas no trecho estudado.

CAPÍTULO V: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os elementos de concreto armado tem em seus materiais constituintes sua maior fragilidade quando analisados ao longo do tempo no que tange sua durabilidade. Os elementos tem vários fatores que aceleram sua deterioração, e assim foi possível analisar os resultados da alcalinidade da água do Rio Amazonas em uma estrutura de concreto armado, caso da obra em que o Governo do Estado do Amapá está utilizando como solução para a proteção da orla do Aturiá e uma outra alternativa com o uso de Bagwall.

Sabe-se que o concreto é um material alcalino e a formação de uma capa de proteção depende do ambiente alcalino no qual o mesmo se encontra. Ou seja, quanto mais alcalino o meio, maior será a proteção passiva das armaduras. Neste sentido os resultados foram muito baixos e não contribuem para a proteção passiva das armaduras, portanto foram desprezados os dados obtidos da alcalinidade como ataque as armaduras.

A determinação da alcalinidade (CaCO_3) para amostra 01 e registrada sob o nº01-0162/19 e que teve sua análise em conformidade com a Resolução do CONAMA 357 de 17 de março de 2005, teve o resultado de 0,027 mg/L e para a amostra 02 registrada sob o nº01-0163/19, o seu resultado foi de 0,032 mg/L. Não foi encontrado nas literaturas um valor que pudesse ser considerado como limiar para a passivação das armaduras, mas para o tratamento de águas residuárias admite-se algo em torno de 1000 a 5000mg/L para evitar a queda súbita do pH.

A Figura 23 mostra que os valores obtidos nas amostras não são suficientes para evitar uma queda súbita do pH. Esses valores não ajudam a alcalinidade necessária para proteger as armaduras dessas quedas subidas e conseqüentemente queda do pH. Com a queda da alcalinidade, o pH deve cair de forma que facilite a penetração de cloro, a carbonatação e outros meios agressivos as armaduras prejudicando a vida útil da estrutura.

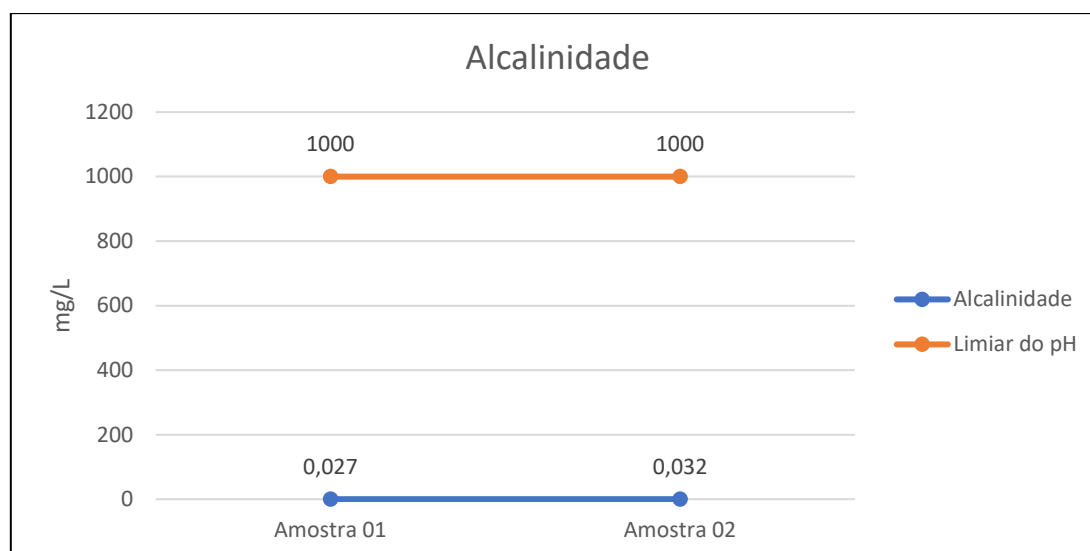


Figura 23 - Comparação de alcalinidade da amostra e valores limites para queda de pH.
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os valores encontrados de cloreto na amostra 01 foi de 24mg/L e na amostra 02 foi de 28mg/L.

Segundo Tanks, Sharp, Harris, & Ozyildirim (2016), um dos principais mecanismo de deterioração é a corrosão do aço. Corroborando com este entendimento, (Holanda, Abreu, & dos Anjos Lavor, 2016), afirmam que “a carbonatação é um dos mecanismos mais correntes de deterioração do betão armado”. Explicam ainda que quando há uma reação envolvendo o dióxido de carbono com o hidróxido de cálcio que acaba formando o carboneto de cálcio com a água, finda-se a redução da alcalinidade.

A alcalinidade da água é espelhada pela presença de íons hidróxido, carbonato e bicarbonato. Ainda define-se como sendo a quantidade de substancias presentes na água capazes de neutralizar ácidos. Faz-se necessário o conhecimento da alcalinidade total para definir a dosagem de agentes flocculantes para se obter inclusive as características corrosivas ou incrustantes das águas. O conhecimento deste índice é necessário para se determinar inclusive a eficácia da ação do cloro.

Todavia, o controle da alcalinidade total não está diretamente relativo a prejuízos a saúde pública, muitas das vezes relacionados apenas em relação ao paladar e em alguns casos em rejeição da água em concentrações inferiores aquelas que pudessem trazer

prejuízos a saúde pública. Já para o tratamento das águas residuárias, é necessário que a alcalinidade seja elevada, em torno de 1000 a 5000mg/L e CaCO_3 , assim é considerado o efeito tampão que impede a queda súbita de pH. Com o advento da modernidade dos reatores, a alcalinidade passou a ser uma condição de segurança e que deve manter um liame de alcalinidade por ácidos de forma elevada.

A alcalinidade apresentada nos resultados foram de 0,027mg/L e 0,032mg/L o que contribuiria muito pouco para se chegar no pH ótima do concreto que seria na faixa dos 12 a 13. A alcalinidade protege o concreto tanto fisicamente quanto quimicamente. Todavia, a reação álcalis-agregado (RAA) ocorre na parte interna do concreto entre as partículas de hidróxidos alcalinos e minerais dos agregados.

Com o pH dentro de sua normalidade a armadura será considerada como segura e protegida segundo Resende, Diniz, Martelli, & Bueno (2017). O dióxido de Carbono (CO_2) quando reage com a umidade tornam os compostos do concreto menos alcalino que quebra a passividade pois os íons de cloreto chegam na armadura e ativam a corrosão.

Para Behnood, Van Tittelboom, & De Belie (2016), os danos mais severos no concreto são oriundo da queda da alcalinidade e conseqüentemente a diminuição do pH. O autor também enfatiza em fazer ensaios destrutivos e não destrutivos pois não há um teste padronizado haja vista que pH tem uma função de elevada importância quanto a durabilidade da estrutura.

Neste mesmo sentido, Félix, Balabuch, Posterlli, Possan, & Carrazedo (2017, p.23), ressaltam “a importância do conceito de vida útil, que serve como base para uma abordagem holística de projeto”. O autor também destaca que a corrosão é uma das principais causas na redução de vida útil e que a alcalinidade do concreto é fundamental para a proteção.

A carbonatação é outra preocupação do concreto no qual a alcalinidade tem influência direta quando reduz a velocidade de corrosão com a película de proteção ocasionada pela alta alcalinidade.

As águas do Rio Amazonas não ajudam a proteção com a passivação das armaduras das estruturas de concreto armado, não sendo assim, uma melhor solução para uma estrutura de proteção costeira para um longo período de vida útil.

Fluoreto

Na Comunidade Europeia é permitido que as águas minerais naturais e de nascentes com alumina ativada sejam tratadas com remoção de fluoreto através do Regulamento (EU) nº115/2010 em seu artigo 1º. A parte B da diretiva 98/83/CE do Conselho de 03 de novembro de 1998 para parâmetros químicos estabelece como valor paramétrico para o fluoreto de 1,5mg/L.

Segundo o US Department of Health Human Services Federal Panel on Community Water Fluoridation (2015), os padrões de fluoreto de 1962 foram atualizados e tem uma recomendação de concentração ótima de 0,7mg/L e estabelece que é o melhor equilíbrio de proteção contra a cárie dentária contornando os riscos da fluorose.

O Brasil utiliza parâmetros semelhantes ao que estabelece hoje o *Public Health Service (PHS)*, entretanto, o PHS eliminou em sua atualização os parâmetros da concentração baseadas em temperatura do ar externo. A Portaria nº635/BSB, de 26 de dezembro de 1975 D.O de 30/01/76 do Ministério da Saúde – (MS) estabelece conforme os limites de acordo com a temperatura. O estado do Amapá tem uma temperatura média de 31,5°C o que indicaria uma concentração ótima de 0,60 mg/L.

Quadro III - Limite de concentração de íons fluoreto

Médias das Temperaturas máximas diárias do ar °C	Limites Recomendados para a concentração de íons fluoreto em mg/L		
	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0 - 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 - 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 - 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 - 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 - 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 - 32,5	0,6	0,8	0,6

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O Fluoreto em concentração adequada evita a ocorrência de cárie, mas em dose excessiva, pode trazer prejuízos principalmente em crianças com manchas escuras nos

dentes, denominados de fluoretação. Estima-se que em concentração acima de 1,4 mg/L de fluoreto já comece o processo de fluoretação. Para a determinação do fluoreto, existe vários métodos, como o de determinação de eletrodo íon seletivo, métodos de equipamentos e vidraria, métodos dos reagentes, método da curva de calibração, método de concentração de fluoreto e o SPADNS (espectrometria) validado pela Portaria nº635 de 75 do MS.

O Íons de fluoreto tem sido estudados para investigar o comportamento na corrosão. Neste sentido (Ghosh, Singh, & Singh, 2003), identificaram que as baixas concentrações de fluoreto têm uma ação deletéria na corrosão do aço. Desta forma, a corrosão superficial no aço na presença de íon de flúor indica a presença de óxido de magnetita devido a aceleração da despolarização da reação catódica.

De acordo com Macías & Escudero (1994), o problema da corrosão tem sido associado ao concreto de baixa qualidade e de pouco recobrimento, isso facilitaria a penetração de cloretos nas armaduras, mas trazendo o flúor como um elemento secundário. No entanto, os aniões de flúor podem provocar as corrosões chamada de pite quando associados a um pH elevado.

Os valores encontrados de fluoreto na amostra 01 foi de 0,035mg/L e na amostra 02 foi de 0,05mg/L são relativamente baixos e podem agir, de forma deletéria na corrosão do aço e provocar o pite nas armaduras, diminuindo assim a vida útil da estrutura.

Cloreto

O cloreto é de fundamental importância para os seres humanos e ocorrem mormente em fluidos corporais. Sendo um íon negativo proeminente do sangue. Geralmente representa aproximadamente 0,15% do peso corporal total. O cloreto conduz impulsos elétricos quando dissolvido em água corporal. O sódio, potássio e o cloreto têm uma relação entre si, pois para cada íon positivo, vem sempre junto um íon negativo e como o potássio e o sódio se transformam em íons positivos assim que vão perdendo íons com a adição de água.

Além da função de eletrólito, junto com o hidrogênio transforma-se em uma enzima responsável pela quebra de proteínas e ainda absorve os minerais metálicos.

Dentro das funções metabólicas do corpo humano, o cloreto passa por um processo de uso e reuso pelo corpo. Ainda pode ser responsável pela ajuda no controle do pH, desde que combinado com os globos vermelhos, bicarbonato e os plasmas.

Se sabe que é raro a falta de cloreto mas quando observado a sua falta, se torna um risco para a saúde, conhecida como alcalose, o que nada mais é, do que o sangue se tornar excessivamente alcalino e geralmente ocorre na sudorese durante exercícios físicos de resistência. Também ocorre com diarreia e vômitos de forma prolongada.

Já na condição de excesso de cloreto se dá basicamente com o consumo exagerado de sal e cloreto de potássio que podem acarretarem retenção de líquidos, pressão elevada além de poder causar mazelas principalmente nos rins.

As principais fontes do cloreto são o sal de mesa, os extratos de levedura, os elementos frios processado (*lunchmeats*), queijos, leites e seus derivados, azeitonas, centeio, tomate, alface e outros.

Em 1980, teve um marco com a provação da lei de Fórmula infantil. Segundo Jaudzems, Fengxia, Wu, Lei, & Jing (2019), os fabricantes devem fazer testes constantes e havendo valores diferentes ao estabelecidos pela lei, os mesmos devem notificar a secretaria responsável sempre que não atender os requisitos nutricionais.

Entrementes, a Assembleia Mundial de Saúde adotou Um Plano de Ação da Organização Mundial da Saúde para a Prevenção e Controle de Doenças não Transmissíveis (WHA66.10), no qual faz a indicação na redução relativa de 30% de ingestão de sal devendo ser repassado aos fabricantes para que façam suas reformulações de produtos.

Dentro da engenharia, a determinação do cloreto ganha um aspecto importantíssimo quanto aos ataques as estruturas de concreto armado que tem como parte constituintes as armaduras em aço, portanto sujeita a ataques que podem ser traduzidas em corrosão de armaduras e outras patologias.

Para Li, Li & Wang (2019), as exposições das estruturas de concreto ao ambiente marinho podem permitir a penetração de cloretos e induzir a corrosão do aço deteriorando a estrutura reduzindo assim a sua vida útil. Desta forma, foi proposto pelos autores um novo modelo de difusão de cloretos em concretos expostos a ambientes marinhos. Nesse novo modelo, a ligação química é considerada irreversível e a ligação física dos cloretos consideradas reversíveis tendo como diferencial a consideração do efeito da carga no transporte de íons de cloretos livres. Este modelo também considera na conservação de massa dos cloretos totais em concreto a base no volume unitário de concreto.

Xi et al. (2021), também reconhecem os problemas que a exposição do concreto aos ambientes marinhos pode danificar a estrutura reduzindo sua vida útil com a corrosão induzida pelo cloreto. Foi observado que a redução do pH do aço se reduz conforme vai aumentado o cloreto, tendo o seu limiar considerado como corrosível. Desta forma é necessário estabelecer esse valor limiar e o modo como está sendo transportado o cloreto dentro do concreto para que se possa desenvolver teorias através de resultados experimentais.

A discussão aflora entre cloreto livre e cloreto total e evidencia que “... cloreto livre é mais usado para avaliar o risco de corrosão do concreto armado, enquanto o cloreto total é coletado e analisado de maneira análoga”. Assim, os autores expuseram a dificuldade de se obter de forma precisa a concentração de cloretos nas profundidades e frisaram que “... com o aumento da profundidade, a concentração de cloreto diminui rapidamente enquanto sua distribuição segue a equação diferencial...”. Ainda, salientam que a distribuição do cloreto livre e do cloreto total tem tendência similares (MENG, ZHANG, LIN, JIANG, & CHEN, 2018).

O cloreto tem influencia negativa no contato com as armaduras do concreto armado. Assim, Huang & Wang (2016), evocam que “A penetração dos cloretos (Cl-) tem sido notado como um problema muito ruim para corrosão das armaduras do aço”. E como estratégia de recuperação das armaduras, é comum a utilização de métodos como proteção catódica, a extração de cloreto e realcalização eletroquímica para a extirpação dos agentes agressivos e passivação do reforço.

Salienta-se que o processo de retirada de cloreto eletroquímico, geralmente é estimado em média de 8 semanas. A retirada do cloreto eletroquímico no entanto pode causar uma diminuição da adesão entre o concreto e a armadura. É fato que a retirada do cloreto eletroquímico não garante a passivação por tempo indeterminado, mas sim de forma temporária pois apesar de afastar os íons de hidroxila da armadura passivando assim a mesma, mas as mesmas hidroxila podem retornar reduzindo a condição do pH, ativando a corrosão. Para evitar que isso ocorra, é necessário a complementação de inibidor de corrosão.

Huang & Wang (2018), demonstraram que os nitritos foram um excelente inibidor de corrosão embora os inibidores catiónicos sejam possíveis serem utilizado devido a armadura ter sido usado como cátodo. Neste sentido é recomendável que se adicione uma solução de nitrito na remoção de íons cloreto para a penetração do inibidor de corrosão.

Naqvi, Maslehuddin & Al-Amoudi (2015), avaliaram a contaminação do concreto por cloreto e comparou com o modelo de Monte Carlo e estabeleceu assim, resultados similares. O autor também reforça a importância de se utilizar processos não destrutíveis para avaliação da concentração do cloreto para evitar danos a estrutura.

Tissier, Bouteiller, Victoire, Joiret & Chaussadent (2016), alertam que a contaminação por carbonatação e por íons de cloreto podem ocorrer de forma separadas ou combinadas em estruturas de concreto armado.

Segundo Weritz, Schaurich, Taffe & Wilsch (2006), a espectroscopia por degradação induzida tem sido utilizado principalmente para quantificar entre outros elementos, o cloro no concreto. Devido a sua importância na durabilidade se faz necessário a quantificação para a garantia da qualidade. No entanto quando o cloreto atinge a armadura, a camada passiva é destruída e os cloretos passam a atuar como catalisadores da corrosão.

Geralmente se encontra elevadas concentrações de cloreto em ambiente marinho que afetam diretamente as estruturas em concreto armado. Entrementes, deve-se observar os sulfetos que também afetam a durabilidade.

Para Wilsch, Weritz, Schaurich & Wiggenhauser (2005), é recomendado a aplicação de espectroscopia de ruptura induzida por laser LIBS (Laser-Induction breakdown spectroscopy) para uma medição rápida e para que se possa detectar o teor total de cloreto. A técnica do LIBS além de ser mais eficiente e rápida do que os métodos tradicionais que necessitam de usar laboratórios, conseguem detectar quase todos os elementos na superfície dos sólidos (concreto). O método do LIBS é perfeitamente aceito para determinação dos teores de cloreto no concreto, com informações mais precisas quanto a profundidade e resolução espacial.

Yoon et al. (2014), demonstraram ser viável o uso de hidróxido duplo em camadas calcinadas (CLDHs – Calcined Layered Double hydroxides) nas indústrias de cimento e concreto para prevenir a deterioração induzida por cloreto.

Neste estudo, a avaliação do cloro presente nas duas amostras das águas do Rio Amazonas, demonstram que a quantidade de 24 mg/L e 28 mg/L estão muito baixas para causar grandes problemas na estrutura de concreto armado a curto, médio e longo prazo, podendo e foi desprezado por esse estudo.

Solo

Foi preciso a caracterização do solo que receberá a estrutura da proteção costeira e para isto foi verificado a compactação do solo, o Índice de Suporte Califórnia, conhecido como CBR (California Bearing Ratio), a Granulometria, o Limite de Liquidez (LL) e o limite de Plasticidade (LP). Para os ensaios foram seguidos o padrão determinado na metodologia.

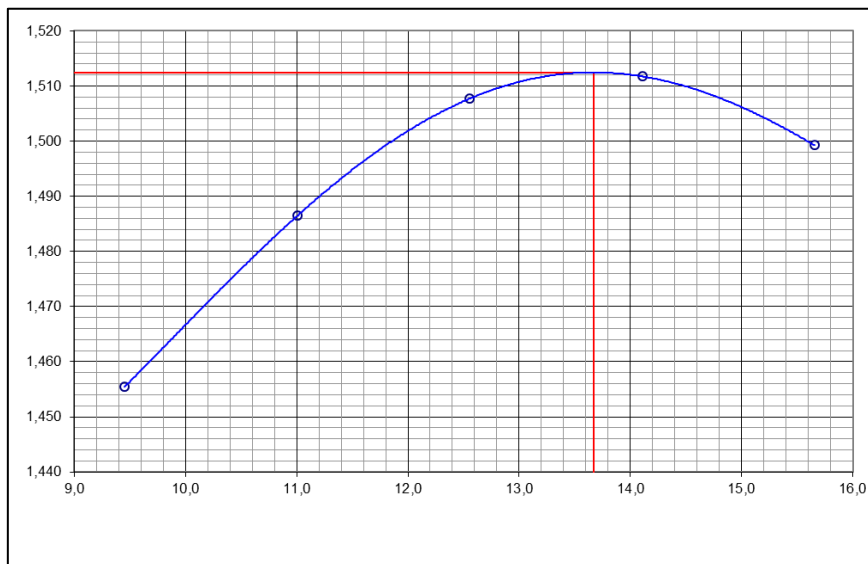
Para a compactação e caracterizam do CBR, os resultados das amostras do solo na orla do Aturiá estão na figura 24.

 COMPACTAÇÃO				DATA 20/03/2019	REG. Nº 01																																																																																									
OBRA: ORLA DO ATURIÁ				SUBTRECHO:																																																																																										
CLASSIFICAÇÃO TÁTIL VISUAL: AREIA SILTOSA			APLICAÇÃO:	ENSAIO: COMPLETO																																																																																										
ESTACA DO TRECHO		LOCALIZAÇÃO		LADO	PROFUNDIDADE (cm) 000 à 100																																																																																									
UMIDADE HIGROSCÓPICA	%	%	MOLDE Nº	31	DENSIDADE MÁXIMA: 1,512 Kg/cm³																																																																																									
Cápsula - Nº	3	27	VOLUME DO MOLDE																																																																																											
Peso Bruto Úmido	67,44	63,46	PESO DO MOLDE																																																																																											
Peso Bruto Seco	65,60	61,90	PESO DO SOQUETE		4536																																																																																									
Peso da Cápsula	13,80	14,43	ESPESSURA DO DISCO		2 1/2"																																																																																									
Peso da Água	1,84	1,56	ESPAÇADOR																																																																																											
Peso do Solo Seco	51,80	47,47	GOLPES / CAMADA		12																																																																																									
Umidade(%)	3,60	3,30	Nº DE CAMADAS		5																																																																																									
Umidade Média	3,40	0,967																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PONTO Nº</th> <th rowspan="2">PESO BRUTO ÚMIDO (g)</th> <th rowspan="2">PESO SOLO ÚMIDO (g)</th> <th rowspan="2">DENSIDADE SOLO ÚMIDO (g/cm³)</th> <th colspan="6">DETERMINAÇÃO DA UMIDADE</th> <th rowspan="2">UMIDADE MÉDIA (%)</th> <th rowspan="2">DENSIDADE DO SOLO SECO (g/cm³)</th> </tr> <tr> <th>CAPSULA Nº</th> <th>PESO BRUTO ÚMIDO</th> <th>PESO BRUTO SECO</th> <th>PESO DA CAPSULA</th> <th>PESO DA ÁGUA</th> <th>ÁGUA ACUMU.</th> <th>SOLO SECO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8350</td> <td>3384</td> <td>1,593</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>548,4</td> <td>5802</td> <td>9,50</td> <td>1,455</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>8470</td> <td>3504</td> <td>1,650</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>638,4</td> <td>5802</td> <td>11,00</td> <td>1,486</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>8570</td> <td>3604</td> <td>1,697</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>728,4</td> <td>5802</td> <td>12,60</td> <td>1,508</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>8630</td> <td>3664</td> <td>1,725</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>818,4</td> <td>5802</td> <td>14,10</td> <td>1,512</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>8650</td> <td>3684</td> <td>1,734</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>908,4</td> <td>5802</td> <td>15,70</td> <td>1,499</td> </tr> </tbody> </table>						PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO (g)	PESO SOLO ÚMIDO (g)	DENSIDADE SOLO ÚMIDO (g/cm³)	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE						UMIDADE MÉDIA (%)	DENSIDADE DO SOLO SECO (g/cm³)	CAPSULA Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO BRUTO SECO	PESO DA CAPSULA	PESO DA ÁGUA	ÁGUA ACUMU.	SOLO SECO	1	8350	3384	1,593							548,4	5802	9,50	1,455	2	8470	3504	1,650							638,4	5802	11,00	1,486	3	8570	3604	1,697							728,4	5802	12,60	1,508	4	8630	3664	1,725							818,4	5802	14,10	1,512	5	8650	3684	1,734							908,4	5802	15,70	1,499
PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO (g)	PESO SOLO ÚMIDO (g)	DENSIDADE SOLO ÚMIDO (g/cm³)	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE						UMIDADE MÉDIA (%)	DENSIDADE DO SOLO SECO (g/cm³)																																																																																			
				CAPSULA Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO BRUTO SECO	PESO DA CAPSULA	PESO DA ÁGUA	ÁGUA ACUMU.			SOLO SECO																																																																																		
1	8350	3384	1,593							548,4	5802	9,50	1,455																																																																																	
2	8470	3504	1,650							638,4	5802	11,00	1,486																																																																																	
3	8570	3604	1,697							728,4	5802	12,60	1,508																																																																																	
4	8630	3664	1,725							818,4	5802	14,10	1,512																																																																																	
5	8650	3684	1,734							908,4	5802	15,70	1,499																																																																																	

Figura 24 - Compactação e Determinação de Umidade
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

‘Na ficha de compactação possui a obra, a classificação, o subtrecho, a estaca do trecho, a localização, o lado e a profundidade. Ela possui informações importantes para que possa ser feito um trabalho completo de análise da obra.

Conhecendo-se a umidade média e a densidade do solo, foi possível determinar a umidade ótima e traçar a curva de compactação conforme verifica-se na figura 25.




*Figura 25 - Curva de Compactação
Fonte: Dados da pesquisa (2022).*

O gráfico traça a curva do ensaio com os pontos encontrados de compactação e umidade. Verifica-se na curva que o ponto mais alto, determina a densidade máxima (1.512kg/cm³) que o material pode chegar e sua correspondente umidade (13,67%).

Ainda na caracterização do solo, foi necessário fazer a granulometria e demonstrar seu gráfico. A Figura 26 apresenta o resultado do ensaio de granulometria.

A INFLUÊNCIA DO RIO AMAZONAS NA ORLA DO ATURIÁ EM MACAPÁ-AMAPÁ, BRASIL

		GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO		DATA: 23/03/19	REG. Nº 01
				OBRA: ORLA DO ATURIÁ	
CLASSIFICAÇÃO TÁTIL VISUAL: AREIA SILTOSA			APLICAÇÃO:		ENSAIO: COMPLETO
ESTACA DO TRECHO	LOCALIZAÇÃO	LADO		PROFUNDIDADE (cm) 000 à 100	

Unidade			CÁPSULA Nº	TOTAL	PARCIAL	
Cápsula - Nº	21,00		15,00	PESO BRUTO ÚMIDO	T = 5	P = 06
Peso Bruto Úmido	80,23		63,07	UMIDADE ÓTIMA:	2.000,00	100,00
Peso Bruto Seco	79,21		62,26	PESO RET. NA PEN. Nº 10	62,93	
Peso da Cápsula	13,90		13,15	PESO ÚMIDO PASS. PEN. Nº 10	1.937,07	
Peso da Água	1,02		0,81	PESO SECO PASS. PEN. Nº 10	1.906,60	
Peso do Solo Seco	65,31		49,11	PESO DA AMOSTRA SECA	1.969,53	98,43
Umidade (%)	1,60		1,60			
Umidade Média	1,60					

PENEIRAMENTO									
AMOSTRA TOTAL	PENEIRAS		Peso Retido Parcial	Peso Que Passa Acum.	% Que passa	Peneira	CONSTANTES		
	Polegadas	Milímetros	COL. 1	COL. 2	COL. 3	POL.	COL. 3 = K ₁ . COL. 2		
	3 1/2"	88,9			100,00	3 1/2"	K ₁ = $\frac{100}{2}$ 0,0508		
	3"	76,2			100,00	3"			
	2 1/2"	63,5			100,00	2 1/2"			
	2"	50,8			100,00	2"	COL. 6 = K ₂ . COL. 5		
	1 1/2"	38,1			100,00	1 1/2"	K ₂ = $\frac{4}{3}$ 0,9845		
	1"	25,4			100,00	1"			
	3/4"	19,1			100,00	3/4"	FAIXA " F/F " DA AASHO		
	1/2"	12,7	15,0	1.954,53	99,30	1/2"	OBSERVAÇÕES		
	3/8"	9,5	15,6	1.938,98	98,50	3/8"			
	Nº 4	4,76	23,5	1.915,48	97,30	Nº 4	Resumo		
Nº 10	2,0	8,9	1.906,60	$\frac{4}{4}$ 96,90	Nº 10	Pedregulho	3,10		
AMOSTRA PARCIAL	Peneiras	Milímetros	COL. 4	COL. 5	COL. 6	-	Areia Grossa		0,40
	Nº 40	0,42	0,5	97,97	96,50	Nº 40	Areia Fina		2,70
	Nº 80	0,177				Nº 80	Silte + Argila		93,80
	Nº 200	0,074	2,7	95,27	93,80	Nº 200			100,00

Figura 26 - Granulometria do Solo
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A tabela de granulometria, expressa o material retido na peneira correspondente e consequentemente o material que passa. Enquanto que o resumo classifica os tipos de materiais.

Foi possível através dos dados da Figura 25, elaborar o gráfico em percentagem que passa para uma melhor visão do solo, conforme figura 27.

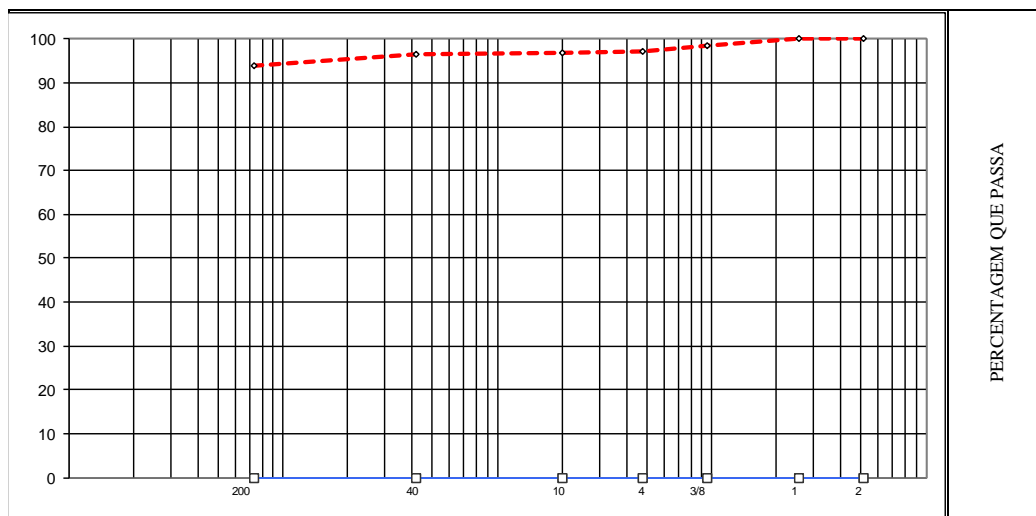


Figura 27 - Percentagem Passando

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A figura 27 exprime a representação da granulometria do material ensaiado na tabela da figura 26. Os ensaios foram necessários para determinar a capacidade de suporte do solo. Entretanto foi constatado que solo não teve bons resultados.

Os ensaios de CBR foram necessários para determinar a capacidade de suporte do solo. Entretanto o solo não teve bons resultados, conforme ficou demonstrado no gráfico da figura 29, obtido com os dados da tabela figura 28.


		C.B.R.						DATA:	REG. Nº			
		RA:		TRECHO:		SUB-TRECHO :		20/03/19	1			
UNIVERSO DE ARRIMO ARAXÁ		0		0								
CLASSIFICAÇÃO TÁTIL VISUAL:		APLICAÇÃO:		ENSAIO:								
ÁREA SILTOSA		0		Completo								
ESTACA DO TRECHO:		LOCALIZAÇÃO		LADO		PROFUNDIDADE (cm)						
0		00		0		000 a 100						
DE HIGROSCÓPICA	Higroscópica		De Moldagem		Molde Nº		31					
Cápsula - Nº	15	14	24		Peso do Molde		4966					
Peso Bruto Úmido	68,20	63,46	57,22		Volume do Molde		2124					
Peso Bruto Seco	66,76	62,12	PESO DO SOQUETE		Nº de Camadas		05					
Peso da Cápsula	13,15	13,90	ESPESURA DO DISCO		Golpes/Camada UMIDADE ÓTIMA:		12					
Peso da Água	1,44	1,34	ESPAÇADOR		Peso do Soquete		4536					
Peso do Solo Seco	53,61	48,22	GOLPES / CAMADA		Espessura do disco		2 ^{1/2} "					
Umidade (%)	2,70	2,80	2,70		espaçador							
Umidade Média	2,8		Nº DE CAMADAS		Altura do cilindro (mm)		116,6					
DADOS DE COMPACTAÇÃO				CÁLCULO DA ÁGUA				Anel Din.				
Densidade Máxima - Kg/m ³	1,512		Peso do Solo		Úmido	6000	637					
Umidade ótima - %	13,7		Passando na # Nº 4		Seco	5839	Nº					
Umidade Higroscópica - %	2,8		Peso de Pedregulho Retido na # Nº 4				0					
Diferença de Umidade - %	10,9		Água a Juntar		637		K= 0,1033					
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						Expansão						
Tempo min.	Penetração		Leitura Extens.	Pressão - Kg/cm ²				Datas		Leitura Defl.mm	Difer. mm	Exp. mm
	Pol	mm		Detern.	Corrigido	Padrão	%	Dia	Hora			
30 seg	0,025	0,63	8	0,8				20/mar/19		2,00		
1	0,050	1,27	15	1,5				21/mar/19		2,00		
2	0,1	2,54	21	2,2	-	70	3,1	22/mar/19		2,00		
4	0,2	5,08	28	2,9	-	105	2,8	23/mar/19		2,00		
6	0,3	7,62	58	6,0	0,0	133		24/mar/19		3,24	1,24	1,06
8	0,4	10,16	85			161						
10	0,5	12,70				182						

Figura 28 - CBR Assay
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A tabela acima contém as informações coletadas antes e durante o ensaio para determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR), capacidade de suporte de um solo compactado, inventado no estado da Califórnia (USA) que é determinado pela razão entre a pressão necessária para a penetração na amostra do solo. Após os testes de penetração na amostra, para verificar as características mecânicas do solo, os resultados do ensaio foram inseridos na referida ficha. Neste caso será utilizado o CBR de maior valor (3,1%).

Assim, foi possível apresentar a curva do CBR e verificar que o solo não é muito favorável para efetuar qualquer elemento de proteção costeira, diretamente sobre o solo existente, sem os devidos cuidados de investigação profunda, para a determinação de uma fundação adequada, após as análises da sondagem geológica do solo, para a determinação da estrutura mais vantajosa para o caso.

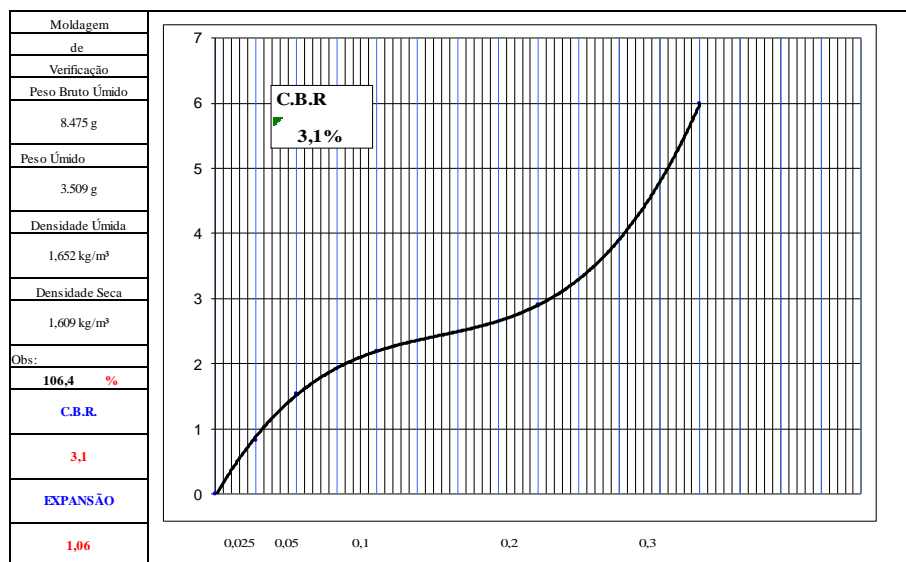


Figura 29 - Curva CBR
 Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A curva demonstra o comportamento da amostra, durante o ensaio para a determinação do CBR.

Devido à largura efetiva das medições, a medição ocorreu basicamente na planície e no canal do Rio Amazonas. Para efeito de demonstração, foi dividido em 3 seções no qual se pode verificar a magnitude da velocidade.

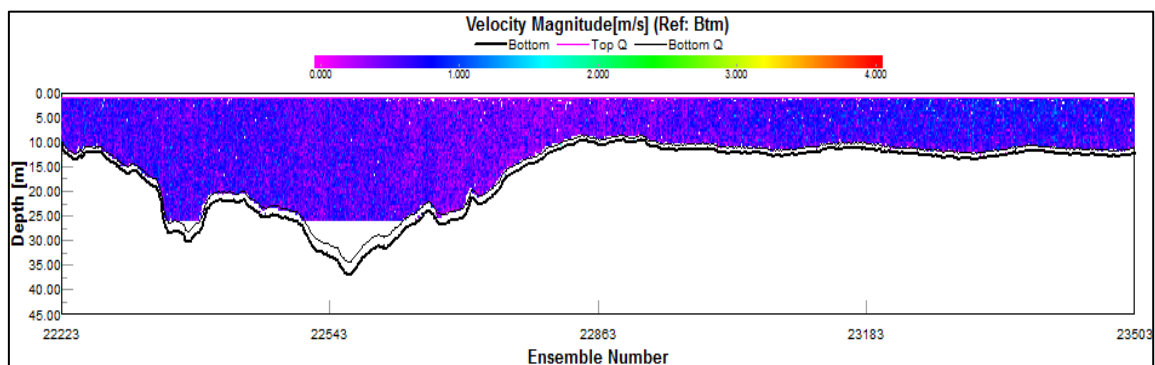


Figura 30 - S1 (Magnitude da Velocidade)
 Fonte: Dados da pesquisa (2022).

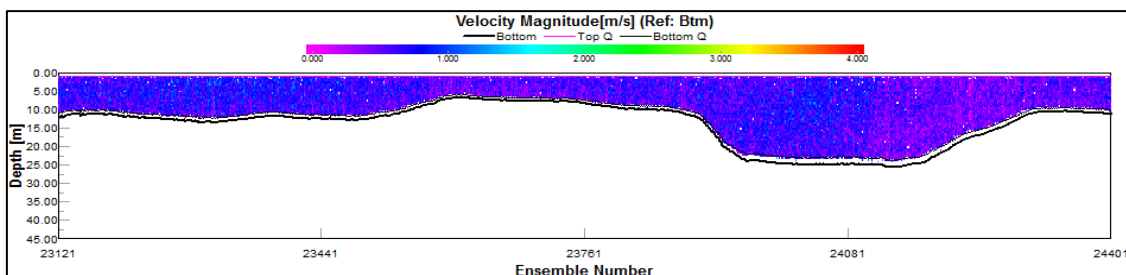


Figura 31 - S2 (Magnitude da Velocidade)
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

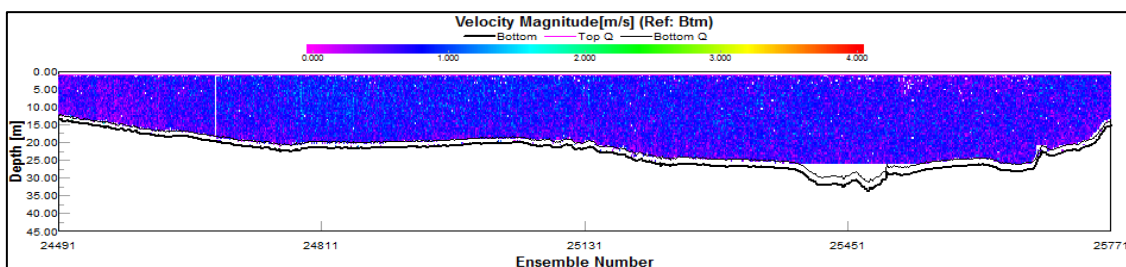


Figura 32 - S3 (Magnitude da Velocidade)
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi possível estabelecer as distancias em relação ao Norte e Leste.

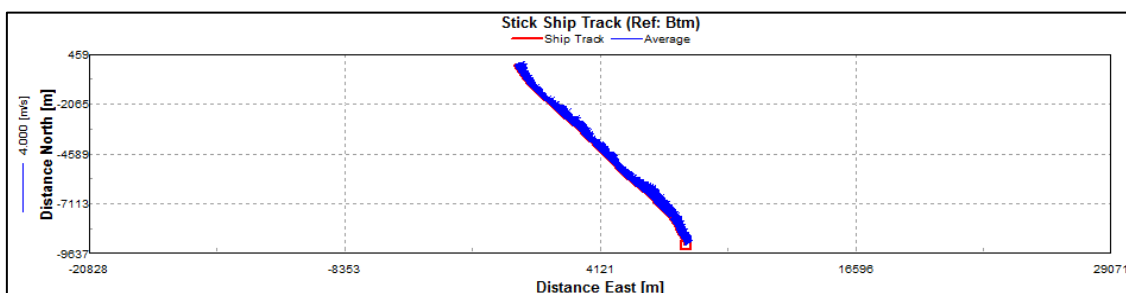


Figura 33 - Stick Ship Track – Faixa de Navio
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A figura 33 demonstra o trajeto da embarcação em uma das travessias da seção estudada. Nota-se que a extensão da largura chega a quase 10 km. Os traços perpendiculares ao trajeto do barco, indicam a magnitude média da coluna d'água (células em coluna) no momento do levantamento, sendo a escala da magnitude mostrada à esquerda (junto ao eixo das ordenadas).

A vazão calculada é apresentada na figura 34.

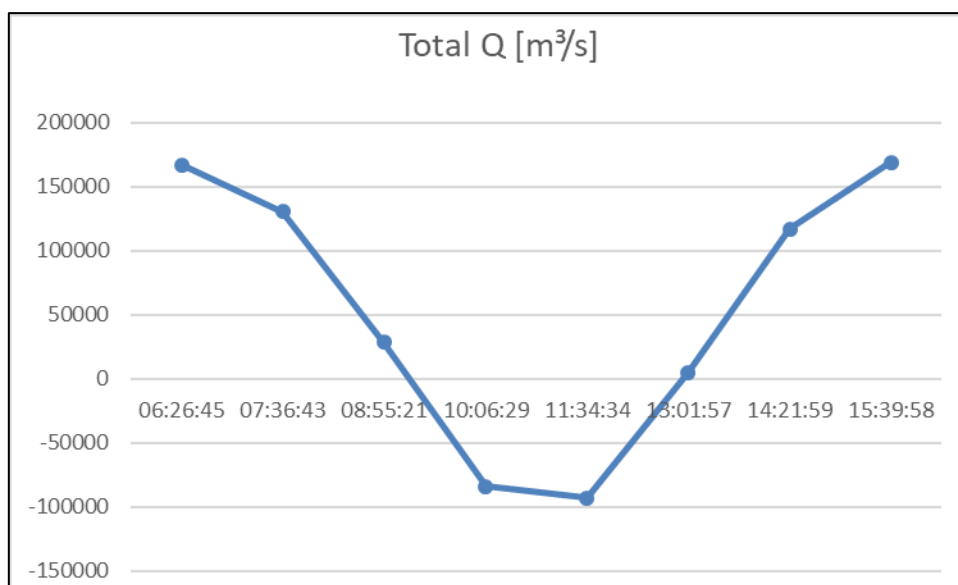


Figura 34 - Fluxo do Rio Amazonas
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A figura 34 mostra a descarga líquida ou vazão em m^3/s no período de 6:30 h do dia 17/01/2019, obtida com o uso do ADCP. Nota-se a variação da vazão em função da influência do regime das marés. Os valores positivos indicam que o fluxo da água ocorre na direção da foz do rio Amazonas ou no período da vazante da maré. Os valores negativos, correspondentes ao período das 9:00 h às 13:00 h significam que há reversão do fluxo e as águas fluem na direção contrária, durante a maré enchente. Portanto, percebe-se que a enchente constitui um período de aproximadamente 4 h. Outro ponto de interesse refere-se aos valores da descarga líquida, que durante a maré vazante atingem até $170.000 \text{ m}^3/\text{s}$ e na enchente, quase $100.000 \text{ m}^3/\text{s}$. Esses valores são expressivos e demonstram o grande volume de água, movimentado pela descarga do rio Amazonas e pelo efeito das marés conferindo ao local de estudo/seção de estudo a alta energia em termos da hidrodinâmica.

Os dados coletados para a vazão do Rio Amazonas são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Fluxo do Rio Amazonas

Start Time	06:26:45	07:36:43	08:55:21	10:06:29	11:34:34	13:01:57	14:21:59	15:39:58
Total Q (m ³ /s)	166928	130549	28773,44	-83828,8	-92934,6	4927,872	117334,4	169258,7

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Também foi verificado a direção predominante do fluxo no momento da campanha e a Tabela 5 apresenta as medições.

Tabela 5 - Flow Direction

Start Time	06:26:45	07:36:43	08:55:21	10:06:29	11:34:34	13:01:57	14:21:59	15:39:58
Flow Dir. (°)	53,71	60,6	69,71	249,36	242,97	242,97	135,28	66,38

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Assim, foi possível verificar a variação no período da campanha conforme demonstrado na tabela 5.

A figura 35 demonstra, como escrito no texto sobre a figura 5, que há reversão do fluxo das águas da seção estudada. No início do levantamento, a direção média do fluxo é aproximadamente 70° (nordeste) e no momento da mudança na direção da corrente (às 10 h) o ângulo difere em aproximadamente 180° indicando a reversão do fluxo, atingindo o valor próximo de 250° (sudoeste). Em síntese, a direção de corrente durante a maré vazante e enchente é nordeste e sudoeste, respectivamente. Após às 13 h, reinício do período de enchente, o ângulo de direção de corrente retorna aos 70°.

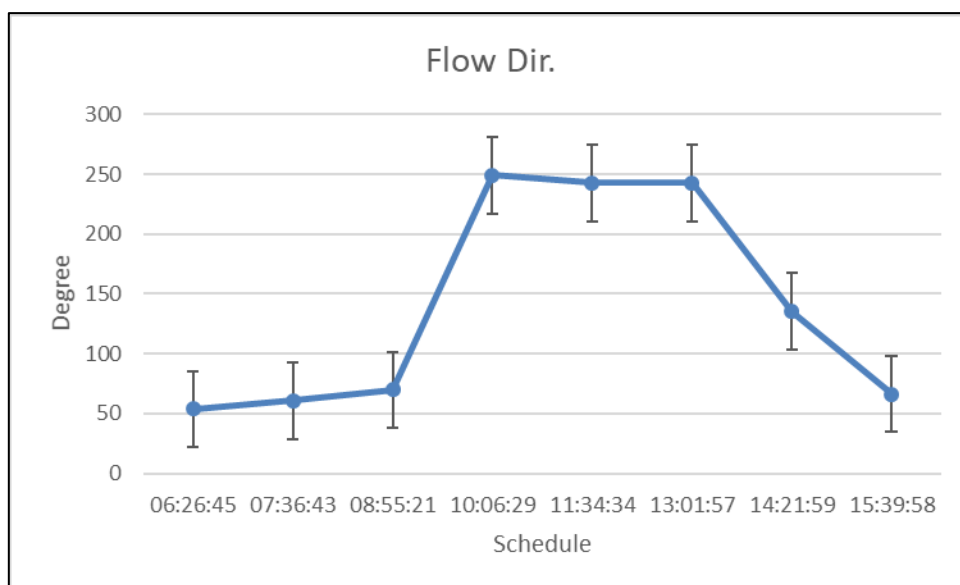


Figura 35 - Flow Direction Schedule
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi feito a correlação da vazão com a sua velocidade de acordo com a figura 36.

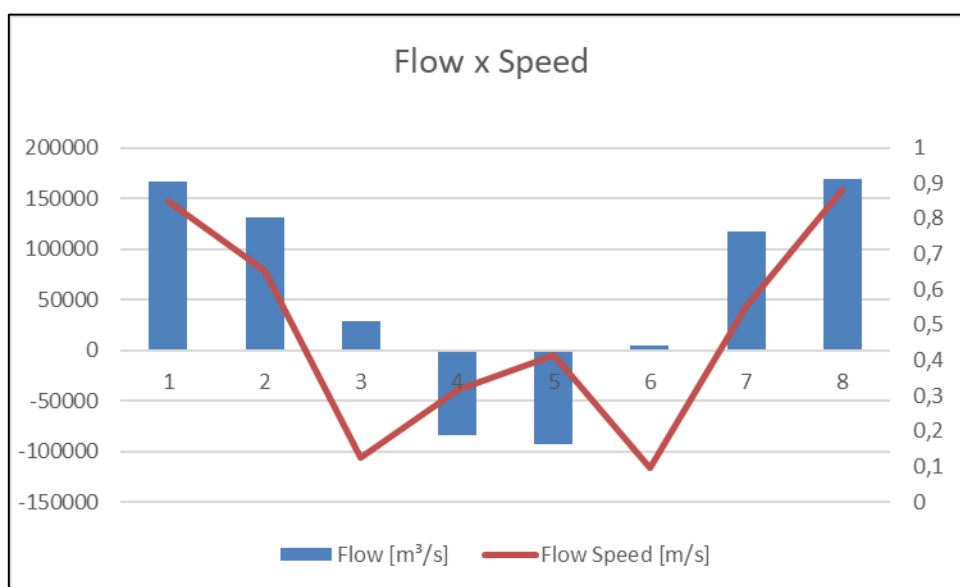


Figura 36 - Fluxo x Velocidade
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Observa-se na figura 36, a variação da velocidade de corrente durante as medições utilizando o ADCP. Os maiores valores de velocidade de corrente são obtidos durante a maré vazante, no início e final do período de levantamento (cerca de 0,9 m/s) e um valor máximo durante o período de enchente (0,4m/s). Os valores mais baixos da velocidade de fluxo correspondem ao momento de reversão do fluxo, onde idealmente o valor da corrente chega próximo a zero para então aumentar na direção contrária. Essa ocasião é

o que denominamos de baixa mar e preamar em que as águas atingem a mínima velocidade de corrente.

Foi necessário verificar as alturas das ondas do Rio Amazonas e sua influência na dimensionamento do bagwall como proteção costeira. Os sensores de pressão e o ADV ficaram nas seguintes coordenadas:

Tabela 6 - Coordenadas dos sensores

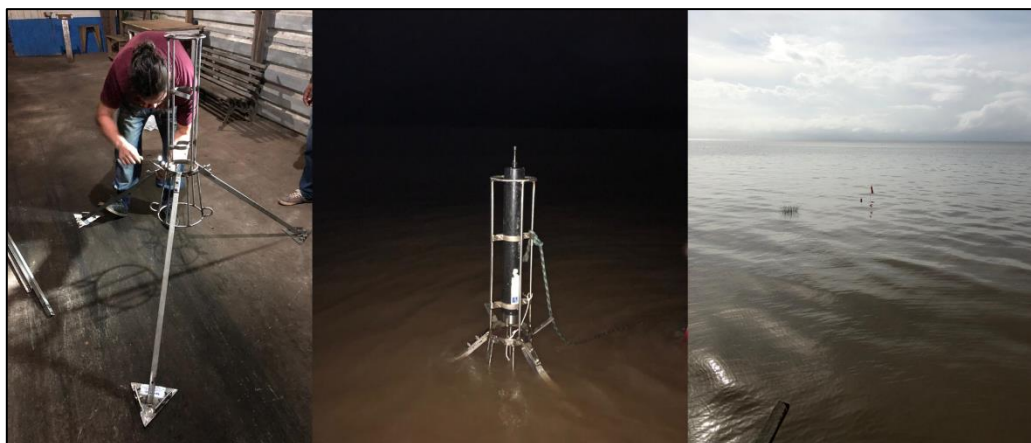
Estação	Latitude	Longitude	Profundidade (m)
SENSUS 1	0° 1' 19.54"N	51° 3' 01.03"W	3.6
ADV + SENSUS 2	0° 0' 24.61"N	51° 3' 31.53"W	1.7
SENSUS 3	0° 0' 20.70"N	51° 3' 33.69"W	1.9

Fonte: Dados da pesquisa (2022).



Figura 37 - Coordenadas de sensores e ADV
 Fonte: Base Cartográfica do Amapá - IBGE (2020).

Foi necessário fazer um tripé de apoio ao ADV para fixar no solo.



*Figura 38 - Instalação ADV na maré baixa até a maré alta
Fonte: Arquivos do autor (2019)*

Foi necessário fazer um tripé metálico para fixar com segurança o aparelho ADV, afim de possibilitar a coleta segura dos dados. Os dados foram baixados na baixa maré e na maré alta. A campanha para a coleta dos dados ocorreu entre os dias 19 de abril de 2019 à 21 de abril de 2019 na sizígia de abril.



*Figura 39 - Dados sendo transferidos do ADV na maré baixa
Fonte: Arquivos do autor (2019)*

Percebe-se na figura 39 durante a maré baixa, a transferência das informações do ADV para o computador em um dos dias da campanha, devidamente fixado em um tripé no solo, bem como sinalizado e ancorado com cabo de aço.

De acordo com a Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN, o nível do Rio Amazonas deveria chegar a mais 4m para aquele período.

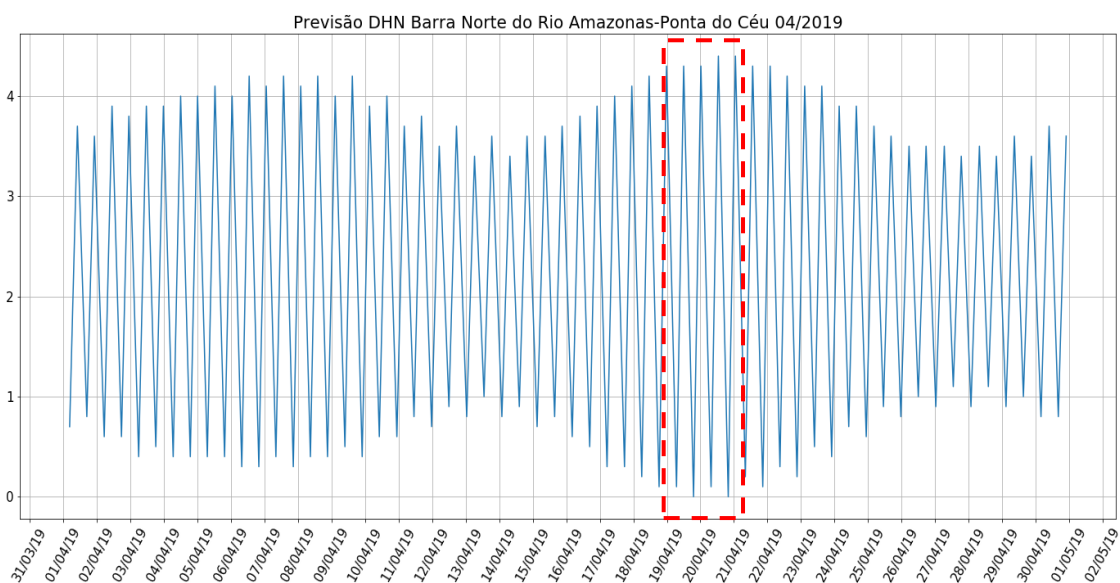


Figura 40 - Estação Maré Norte do Rio Amazonas - Ponta do Céu

No entanto, foi escolhido o período de campanha no início da maré de sizígia previsto pelo pela Estação maregráfica Barra Norte do Rio Amazonas – Ponta do Céu.

Embora a previsão do DHN para aquele período fosse de um nível acima de 4m, o sensor1 registrou um nível abaixo de 1,5m conforme verifica-se na Figura 41:

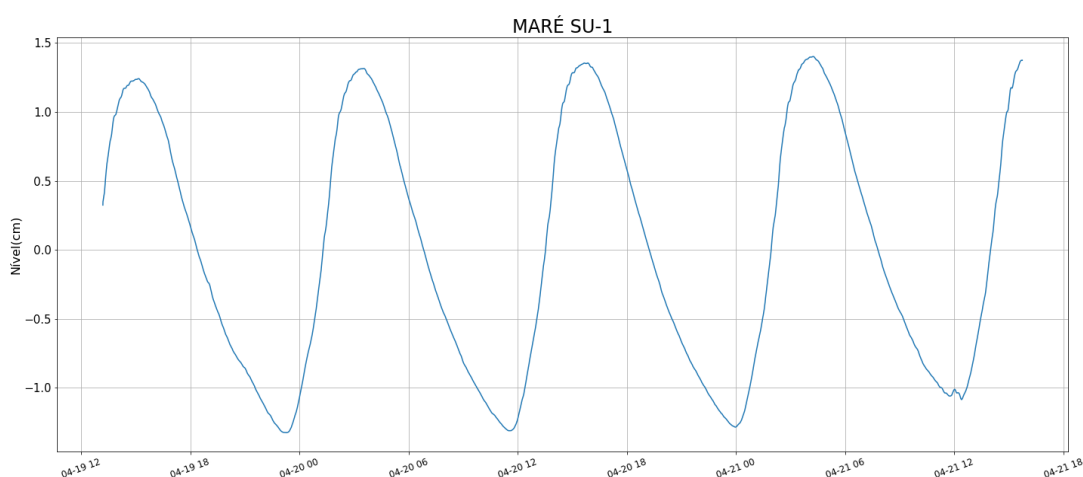


Figura 41 - Maré calculada através do sensus1
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O gráfico apresenta a medição da maré pelo sensor de pressão. Maré do Rio Amazonas foi caracterizada como semi-diurna com dominância de vazante menor que o da enchente.

O Sensor 2 também mostrou que os níveis não ultrapassaram o nível de 1,5m conforme verifica-se abaixo:

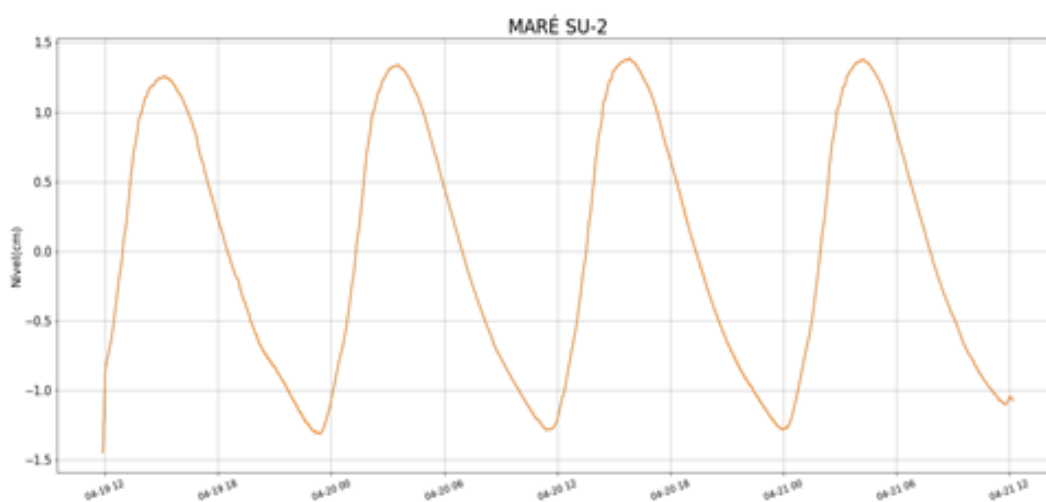


Figura 42 - Maré calculada através do Sensus 2
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

As medições dos dois sensores mostraram coerência quanto ao nível e o sensor3 ratificou os dados coletados nos outros sensores pois mostrou a mesma tendência e nível abaixo de 1,5m conforme figura 43.

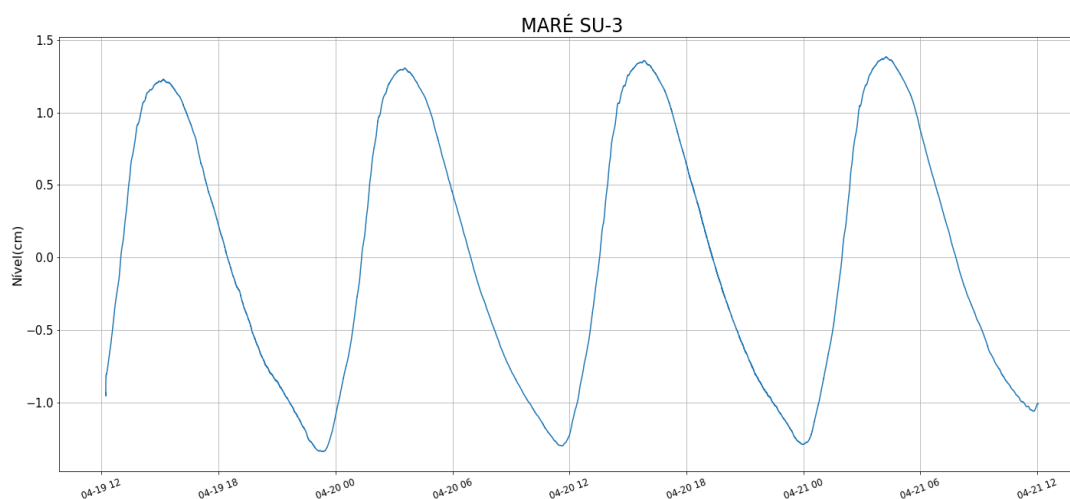


Figura 43 - Maré calculada através do Sensus 3
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Para melhor entender os dados dos sensores e mostrar melhor os resultados, foi comparado os resultados sobrepondo as curvas calculadas conforme figura 44.

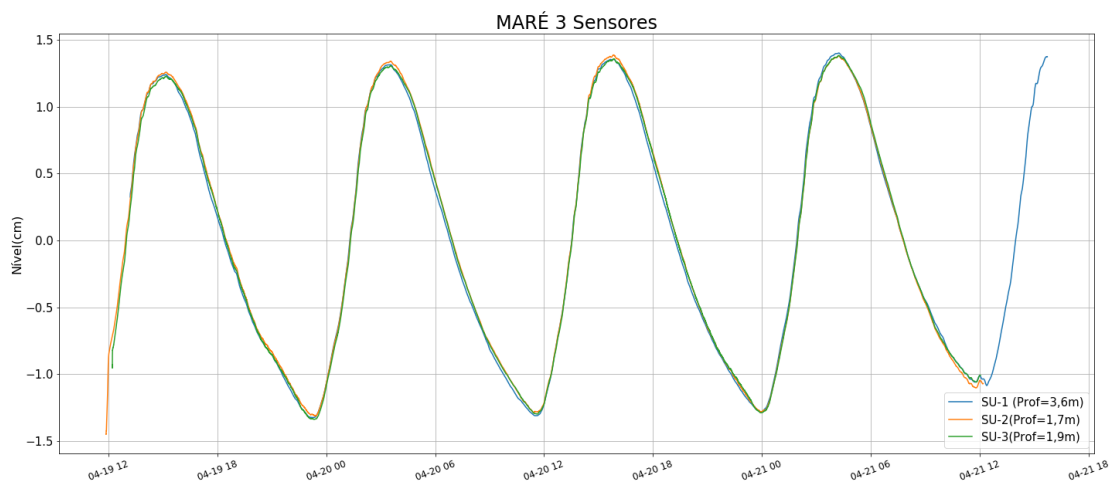


Figura 44 - Comparação da maré registrada pelos três sensores de pressão
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os três sensores mostraram convergência nos seus resultados e mostraram que os níveis medidos estiveram em média 65% abaixo do previsto pelo DHN. Verificou-se a velocidade na composição dos níveis e apresentou o resultado conforme figura 45.

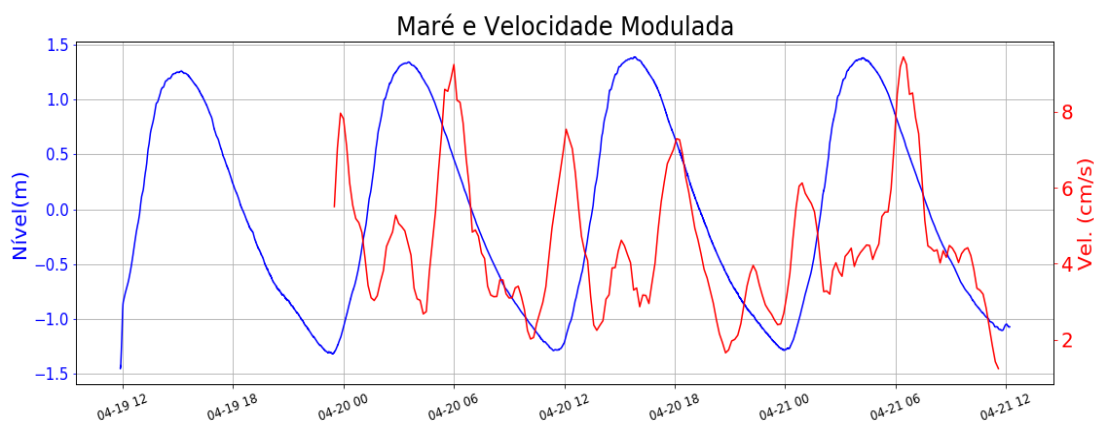


Figura 45 - Velocidade modulada (suavizada a cada 1,5 h) calculada a partir de dados ADV
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os picos de velocidade coincidem com a meia maré (enchente e vazante) o que ratifica a teoria e corrobora em destacar que a velocidade da meia maré vazante é maior do que a dominada vazante.

Ressalta-se que para a medições calculadas, é necessário conhecer altura, espectro da onda, direção e direção resultando na altura da onda (H) que é definida como a distância vertical entre a crista e a cava da onda e pode ser expressa pela equação abaixo (Lima, 2011).

$$H = \frac{1}{N \sum_1^N H_i}$$

Desta forma se chegou à altura significativa da onda calculada mediante os dados coletados pelo ADV e demonstrado conforme 46.

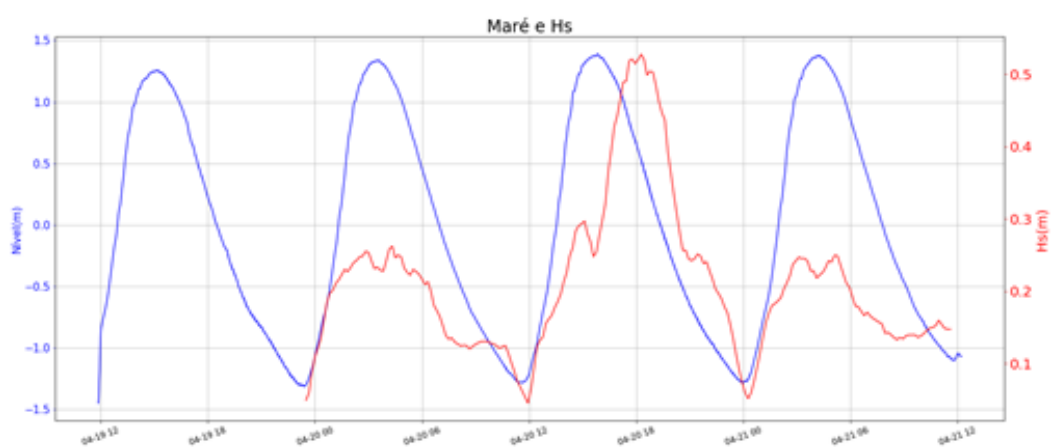


Figura 46 - Altura significativa da onda calculada através de dados ADV
 Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Levando em consideração os dados do ADV e dos sensores de pressão, também se comparou os Hs e apresentando conforme verifica-se na figura 47.

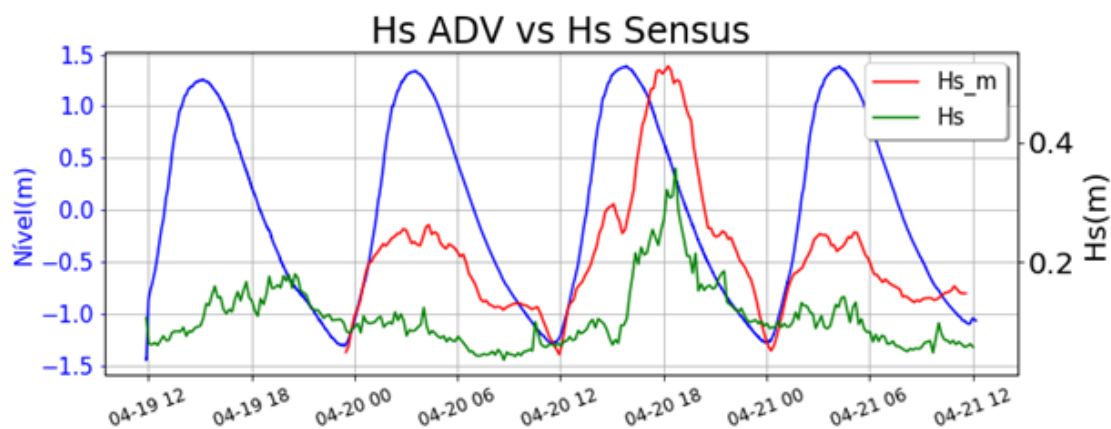


Figura 47 - Comparação Hs calculada através do ADV e Sensus
 Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A direção e a velocidade do vento também já foram mencionados como necessários para o correto dimensionamento da altura da onda, então os dados apresentados na figura 48, apresentam a maior incidência do vento na região nordeste.

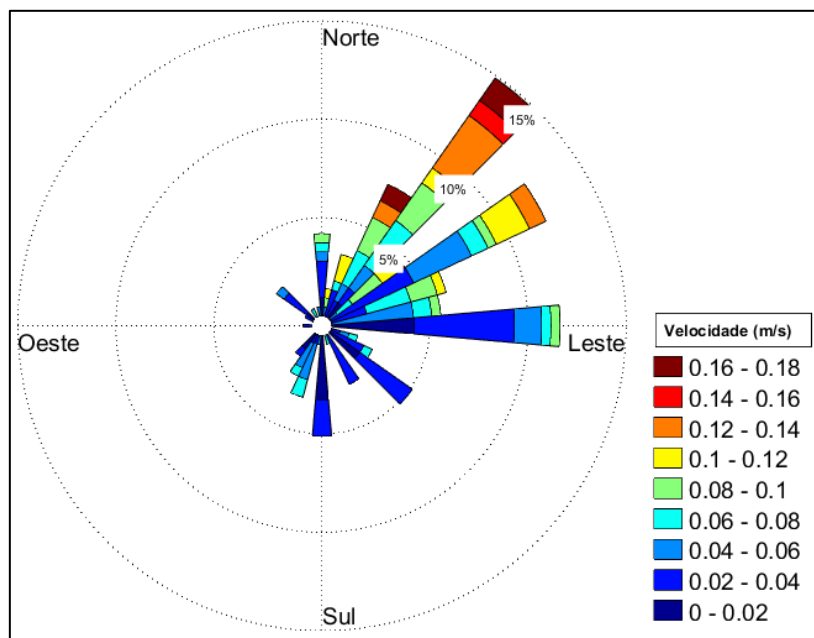


Figura 48 - Speed and Direction of Currents Over the Measurement Period (19/04/19 23:30 - 21/04/19 11:30)
 Fonte: Dados da pesquisa (2022).

V.1 Proposta de intervenção

Pequenas cidades costeiras vêm mitigando este problema através de obras de engenharia emergenciais de contenção da erosão, uma vez que dados científicos relativos à dinâmica hídrica na localidade são insuficientes ou inexistentes para uma solução eficiente e duradoura, assim como a indisponibilidade de recursos e insumos para implantações imediatistas por parte da administração pública ou da iniciativa privada.

As obras comumente utilizadas para controle de erosão costeira, como muros de arrimo e enrocamentos com pedras graníticas, podem se resumidas em 2 aspectos: obras de engenharia comumente caras, que na maioria dos casos preservam a propriedade, mas eliminam o acesso à praias e ao recurso natural; e o alto custo de manutenções recorrentes que muitos proprietários e municípios não podem pagar (SOUZA, 2008).

O uso de muros de arrimo barra completamente a água, vedando a chegada da mesma água. No entanto o muro de arrimo é uma solução que está cada vez mais em desuso no mundo, pois a água tende a infiltrar por baixo do muro, provocando em diversos casos a queda total do mesmo após um período de tempo. Outra questão é que o muro de arrimo precisa de acompanhamento do concreto ao longo dos anos, tratamento de fissura, ou de qualquer tipo de patologia que possa acontecer (MORORÓ, 2015; MEDEIROS et al., 2016; GAMA et al., 2014).

Outra solução muito usual é o enrocamento, que é a colocação de pedras na faixa de areia, o que diminui a intensidade das ondas, energia com que a água chega na praia. Minimizar os efeitos do avanço do mar na praia, protegendo as construções e aumentando a faixa de areia. Tamanho específico das pedras para que não se desloque com a força das águas.

A partir de diversas problemáticas com as intervenções supra descritas, novas soluções e tecnologias foram desenvolvidas e implementadas no litoral do Brasil, como a utilização de dissipador de energia do tipo barra mar chamado de “bagwall”, uma obra de engenharia que utiliza geoformas preenchidas com concreto (SAATHOFF, 1994, 1995 cit in SOUZA, 2008).

O “*bagwall*” é o nome comercial dado à estrutura rígida mais conhecida no ambiente da construção civil como “*rip-rap*”, que é constituído de geoformas têxteis, preenchidas de concreto ou argamassa, portanto de fácil execução e deve ser observado as cotas de profundidade do projeto, para a garantia da estabilidade do terreno onde serão fixados as geoformas, afim de que possua capacidade de suporte para o projeto em questão e dispostos de forma a proteger de processos erosivos taludes ou linhas de costas, além de outras funções estruturais ou não. Para o cálculo da estrutura foi usada a ferramenta GAWAC adaptado para o sistema bagwall para as reações e estabilidade, cujo resultados se encontram nas figuras 49, 50 e 51.

● **Project Information**

Title	Bag Wall	Client	GEA	Description
Number	01	Designer	Isaltino Junior	
				Comments

● **Input**

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: A1+M1+R1

Wall data

Wall batter [°]	2.00
Rockfill unit weight [kN/m ³]	24.20
Porosity of gabions [%]	10.00
Geotextile in the backfill	Yes
Friction reduction [%]	5.00
Geotextile on the base	Yes
Friction reduction [%]	1.00

Backfill soil data

Inclination of Stretch 1 [°]	5.00
Length of stretch 1 [m]	5.00
Inclination of Stretch 2 [°]	0.00
Soil unit weight [kN/m ³]	24.30
Soil friction angle [°]	30.00
Soil cohesion [kN/m ²]	0.00

Layer	Initial height [m]	Incl. angle deg	Unit weight [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle [deg]
1	-0.40	60.00	27.00	5.00	35.00

Foundation data

Top surface height [m]	0.00
Top surface init. length [m]	5.00
Top surface incl. angle [°]	0.00
Soil unit weight [kN/m ³]	18.00
Soil friction angle [°]	30.00
Soil cohesion [kN/m ²]	5.00
Foundation allowable pressure [kN/m ²]	
Water table height [m]	0.50

Layer	Depth [m]	Unit weight [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle [deg]
1	3.00	18.00	20.00	25.00

Loads data

Distributed loads on backfill

First stretch [kN/m ²]	Variable Unfavorable	q1	7.50
Second stretch [kN/m ²]	Variable Unfavorable	q2	7.50

Distributed loads on wall

Load [kN/m ²]	Variable Favorable	0.00
---------------------------	--------------------	------

Line loads on backfill

Load 1 [kN/m]	Variable Favorable	
---------------	--------------------	--

Distance from wall face [m]

Load 2 [kN/m]	Variable Unfavorable	
---------------	----------------------	--

Distance from wall face [m]

Load 3 [kN/m]	Variable Unfavorable	
---------------	----------------------	--

Distance from wall face [m]

Line load on wall

Load [kN/m]	Variable Favorable	
-------------	--------------------	--

Distance from wall face [m]

		0.00
--	--	------

Phreatic surface data

Initial height [m]	0.00
--------------------	------

Inclination of the 1st stretch [°]	0.00
------------------------------------	------

Length of the 1st stretch [m]	0.00
-------------------------------	------

Inclination of the 2nd stretch [°]	0.00
------------------------------------	------

Length of the 2nd stretch [m]	0.00
-------------------------------	------

Seismic action data

Horizontal coefficient	0.00
------------------------	------

Vertical coefficient	0.00
----------------------	------

Product

Ambient	High Aggressive
---------	-----------------

Mesh

	GSC 0.5	GSC 1.0
Gabion POLIMAC™ 80/489	978	489
STRONG FACE POLIMAC™ 80/410/489	978	489

Figura 49 - Informações sobre o Projeto
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

GAWAC 3.0

Gabion Wall Design Software

MACCAFERRI

www.maccaferri.com

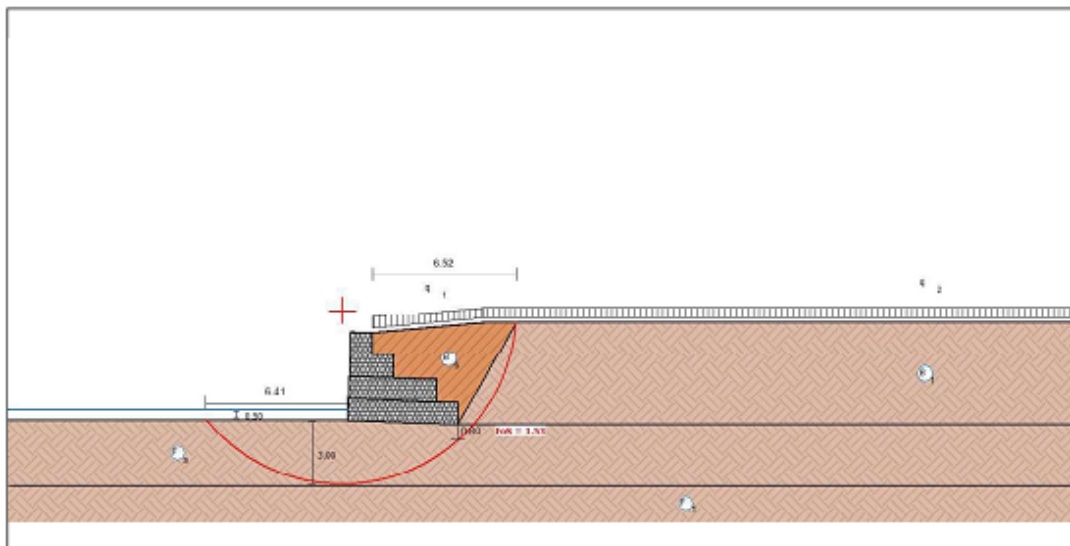
01/10/2022 pag. 2 / 4

● Results

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: A1+M1+R1

ULS Ultimate Limit State

Wall Design



Stability Analysis Results

Active and Passive Thrust

Active Thrust [kN/m]	364.92
Point of application ref. to X axis [m]	3.62
Point of application ref. to Y axis [m]	1.30
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	71.50
Passive Thrust [kN/m]	0.00
Point of application ref. to X axis [m]	0.00
Point of application ref. to Y axis [m]	0.00
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	0.00

Sliding

Normal force on the base [kN/m]	608.43
Point of application ref. to X axis [m]	2.57
Point of application ref. to Y axis [m]	-0.09
Tangential active force [kN/m]	103.64
Tangential resistance force [kN/m]	369.29
Sliding check	3.56

Overturning

Overturning Moment [kN/m x m]	161.83
Restoring Moment [kN/m x m]	1484.36
Overturning check	9.17

Stresses Acting on Foundation

Eccentricity	-0.07
Normal stress on outer border [kN/m ²]	111.77
Normal stress on inner border [kN/m ²]	131.60
Ultimate stress on foundation [kN/m ²]	831.75
Stress on foundation (Toe) check	7.44
Stress on foundation (Heel) check	6.32

Global Stability | Bishop

Center of the arch referred to X axis [m]	-0.24
Center of the arch referred to Y axis [m]	4.97
Overall Stability Check	1.53

This report is automatically generated by the software GAWAC 3.0, so please refer to the general Terms and Condition of the DEVELOPER's software. GAWAC for Market Area: BRAZIL.

Figura 50 - Resultados
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Continua ...

GAWAC 3.0

Gabion Wall Design Software

MACCAFERRI

www.maccaferri.com

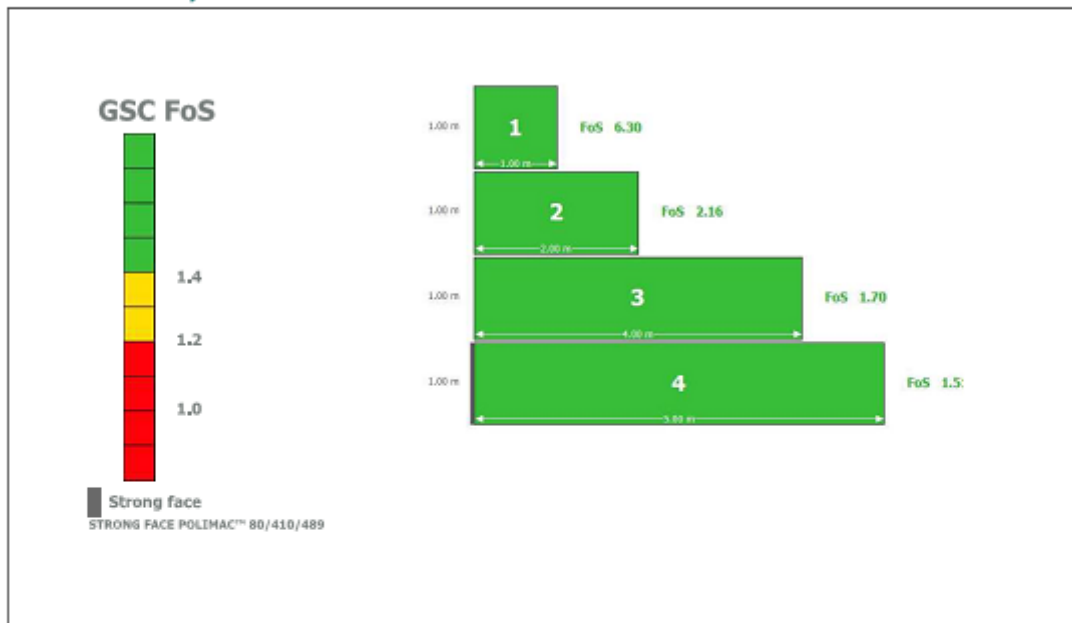
01/10/2022 pag. 3 / 4

● Results

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: A1+M1+R1

SLS Serviceability Limit State

Gabion Serviceability Coefficient



ULS Ultimate Limit State

External stability

Overturning check

FoS 9.17

Sliding check

FoS 3.56

Stress on foundation (Toe) Check

FoS 7.44

Stress on foundation (Heel) Check

FoS 6.32

Global

Global Stability Check

FoS 1.53

Internal stability

Layer	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	τ_{Max} [kN/m]	τ_{All} [kN/m ²]	τ FoS	σ_{Max} [kN/m ²]	σ_{All} [kN/m ²]	σ FoS
1	1.00	25.73	6.55	12.30	6.55	45.25	6.91	26.93	794.79	29.51
2	2.03	110.76	29.47	102.96	14.74	74.90	5.08	59.58	794.79	13.34
3	3.10	373.76	56.65	781.04	14.16	112.95	7.98	89.43	794.79	8.89

This report is automatically generated by the software GAWAC 3.0, so please refer to the general Terms and Condition of the DEVELOPER's software. GAWAC for Market Area: BRAZIL.

Figura 51 - Resultados
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

GAWAC 3.0

Gabion Wall Design Software

MACCAFERRI

www.maccaferri.com

01/10/2022 pag. 4 / 4

● **Normative****Eurocode 7 EN 1997-1 (EU)****DESIGN APPROACH 1: A1+M1+R1**

No Seismic Condition

Partial Factors

			Overturning
Coefficient of shearing resistance	$\gamma\phi'$	1.00	1.25
Effective cohesion	$\gamma c'$	1.00	1.25
Undrained shear strength	γ_{cu}	1.00	1.40
Permanent action (G) Unfavourable	$\gamma_{G;unfav}$	1.35	1.10
Permanent action (G) Favourable	$\gamma_{G;fav}$	1.00	0.90
Variable action (Q) Unfavourable	$\gamma_{Q;unfav}$	1.50	1.50
Variable action (Q) Favourable	$\gamma_{Q;fav}$	0.00	0.00
Bearing resistance	γ_{Rv}	1.00	1.00
Sliding resistance	γ_{Rh}	1.00	1.00
Overturning resistance	γ_{Rm}	1.00	1.00
Earth internal resistance shear	$\gamma_{Re; intShear}$	1.00	1.00
Earth internal resistance compression	$\gamma_{Re; intComp}$	1.00	1.00
Earth overall resistance	$\gamma_{Re; overall}$	1.00	1.00
Gabion wall weight	$\gamma_{G; Wall}$	1.00	1.00
Water Thrust	γ_{Water}	1.35	1.10

Figura 52 - Normas
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A concepção não agride o meio ambiente e com a forma adquirida pela estrutura se apresenta como uma escadaria de degraus, facilitando o acesso de banhistas e tem como principal função dissipar a energia das ondas e com isso deverá conter a erosão costeira, protegendo a orla.



Figura 53 - Área de intervenção
Fonte: Base Cartográfica do Amapá - IBGE (2020).

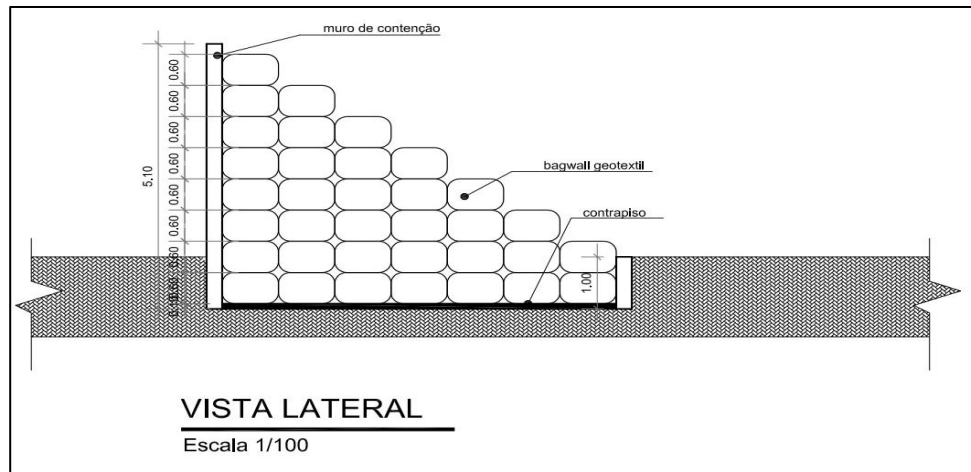


Figura 54 - Vista lateral do projeto de intervenção de Bagwall
Fonte: Autor

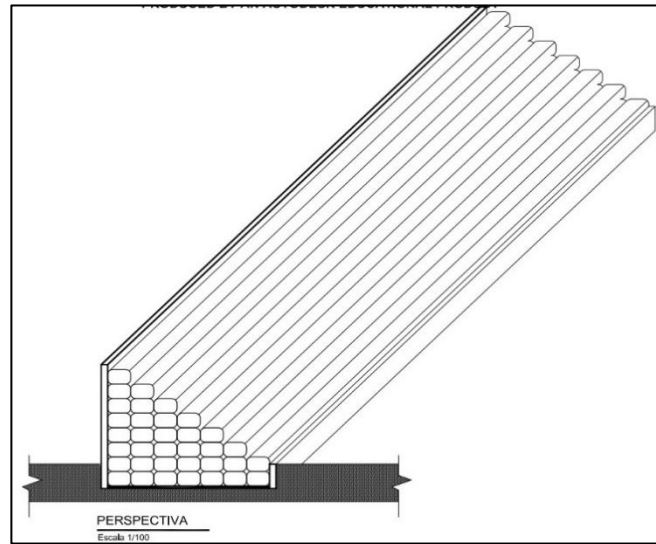


Figura 54 - Perspectiva do projeto de intervenção de Bagwall
Fonte: Autor

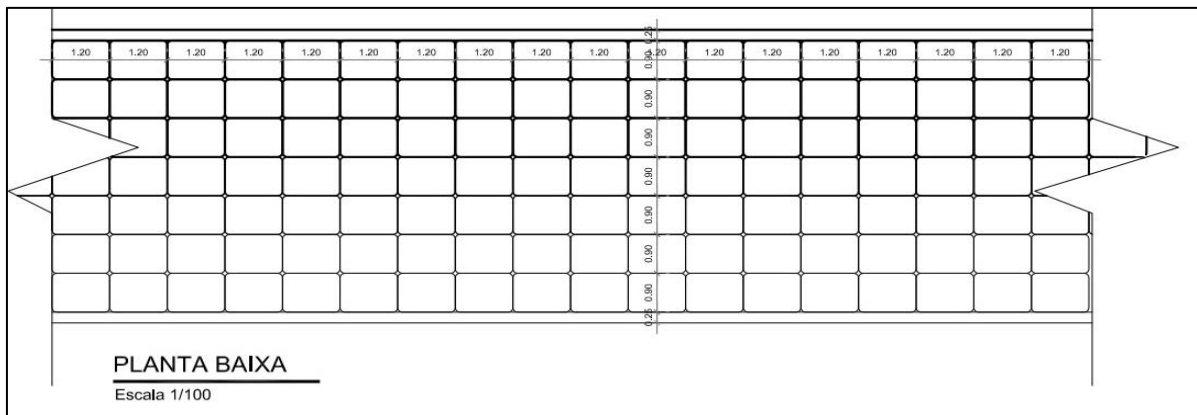


Figura 55 - Planta Baixa do projeto de intervenção de Bagwall
Fonte: Autor

CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que é preciso conhecer a dinâmica natural local para se propor intervenções seguras e duradoras, e as características da água e solo são fundamentais nessa análise. Desta forma, o trabalho analisou os parâmetros e elementos que podem acelerar a deterioração do concreto. Entre esses parâmetros estão a alcalinidade, pH, Cloreto e o fluoreto.

A opção adotada pelo Governo do Estado do Amapá para a proteção da orla do Aturiá, pode sofrer efeitos negativos devido a alcalinidade das águas do Rio Amazonas. Os resultados das análises demonstram que a alcalinidade obtida não é suficiente para proteger as armaduras de quedas súbitas que provoquem a queda do pH e consequentemente facilitam a penetração do cloro e início da carbonatação reduzindo assim a vida útil da estrutura. Ainda se observou que os valores de fluoreto foram relativamente baixos e de podem agir de forma deletéria na corrosão do aço e provocar o pite nas armaduras, diminuindo assim a vida útil da estrutura.

Os valores analisados do cloreto são baixos e que não são suficientes para causar nenhuma patologia importante o que é um ponto favorável importante. Ao analisar o solo, foi observado que é composto em sua grande maioria de material com muita argila e silte que ficaram comprovadas nas curvas geradas que o solo da margem do Rio Amazonas não se apresenta favorável para qualquer tipo de elemento de proteção costeira diretamente no solo devido a dinâmica que o Rio Amazonas apresenta.

As variáveis naturais analisadas como ondas, ventos, altura de marés, vazão e descarga líquida mostraram a força/energia que o rio Amazonas incide sobre a proteção de arrimo, o que deve ser analisado por uma ótica construtiva especial quanto a resistência dos materiais, pois o Rio Amazonas possui uma das maiores vazões do mundo e uma variação entre o período seco e o período cheio é enorme.

Foi verificado que o muro de contenção construído pelo Governo do Estado do Amapá, possibilita a reflexão das ondas, porém a própria ação direta das ondas na estrutura proporciona o deslocamento de sedimentos existentes na faixa de praia, o que irá acarretar futuramente com o desmoronamento da estrutura de contenção, fenômeno conhecido como galgamento.

Após as análises iniciais se buscou uma alternativa aos muros de arrimo convencionais ou de peso que no caso do Rio Amazonas se demonstram caros e ineficientes. O bagwall apresentou excelentes benefícios devido a sua função de dissipador de energia, empregando geoformas têxteis preenchidas com concreto ou argamassa. O bagwall tem uma vida útil média de 50 anos, é de fácil obtenção e com execução simples, já é uma realidade como proteção costeira no Brasil, tendo sido amplamente implantada, principalmente no Nordeste brasileiro.

O bagwall pode aumentar a faixa natural de praia recuperando várias áreas que já sofreram com a erosão e que promoveram a deposição de sedimentos. Foi verificado também que com o emprego da tecnologia bagwall, a mesma, pode ser utilizada como linha de costa atuando como um enrocamento e se mostrou uma alternativa eficaz, proporcionando uma menor descaracterização da paisagem natural.

É notável que cada vez mais a utilização do sistema de “*rip-rap*”, com material ensacado (bagwall) para contenção do avanço de linhas de costa, vem sendo adotada como solução técnica para a preservação de bens públicos e privados em linhas de costa que sofrem com o avanço do mar. Em parte, isto pode ser explicado pelo desempenho satisfatório, pelo baixo custo e pelos insumos disponíveis onde estes projetos foram empregados.

O trabalho apresentou grandes dificuldades devido a região ser tão peculiar, e poucas pesquisas específicas sobre a área escolhida. Entretanto foi possível contribuir para essa importante discussão de obras estruturais em regiões marginais na Amazônia.

VI.1 Proposições para trabalhos futuros

Como propostas para trabalhos futuros nesta linha de pesquisa identifica-se a necessidade de mais estudos sobre a dinâmica dos rios amazônicos principalmente quando se fala de rios da magnitude do Amazonas e sua intervenção nas planícies de marés, impactos da sua vazão, seus processos de transporte e retenção de sedimentos e

modificações na hidrodinâmica estuarina, cujos métodos existentes para outras regiões do Brasil, como o Nordeste, devem, quase sempre ter adaptações a realidade local.

Essas pesquisas dariam mais suporte teórico e metodológico para proposição de métodos mais eficientes para nossa região. É importante também analisar como cidades costeiras em regiões tropicais como na Índia, Bangladesh, África central e sudeste asiático lidam com essas erosões e que métodos utilizam pois se tratam de ambientes com similaridade climática e do meio físico.

Essa análise se debruçou sobre orla urbana na cidade de Macapá, mas há indícios dessa problemática em outras regiões do estado Amapá e no Estado do Pará cujos métodos de intervenção poderiam ser estudados. Para isso, mais campanhas de campo na área da foz, nos períodos de verão e inverno amazônico, possibilitariam uma melhor compreensão da hidrodinâmica nessa região do estuário e seus processos de modificações. Segundo Silva et al. (2021), há forte erosão tanto no setor estuarino quanto no setor atlântico. No setor Atlântico que se estende desde a foz do rio Araguari até o rio Oiapoque se destaca a praia do Goiabal, importante centro de turismo do município de Calçoene e que sofre com processos erosivos severos e cuja minimização passa por estudos de métodos para contenção de erosão marítima.

Ainda no estado do Amapá, fortes erosões que desafiam as tecnologias de contenção existentes atualmente se intensificam no arquipélago do Bailique (distrito de Macapá) e já foram alvos de estudos de monitoramento por Silva Junior et al. (2020) e Silva et al. (2022), porém carecem de estudos e métodos para avaliar as marés diárias, regime de ventos, correntes marítimas, índice pluviométrico e demais fatores existentes na planície de maré do rio Amazonas, afim de minimizar seus impactos sobre a população e sobre as infraestruturas como escolas, postos de saúde, igrejas, transmissão de energia elétrica e sistemas de abastecimento de água.

BIBLIOGRAFIA

- Abreu, M., Ferro, I., Abreu Neto, J. (2016). Variação e modelo de tendência da linha de costa da Praia do Icarai, *Revista de Geologia*, Vol. 29, nº 2, 263 - 271, Caucaia, Ceará, Brasil.
- Almeida, J. E. G. D. (2016). *Análise do Processo Executivo de Contenção em Estacas Hélice Contínua: Estudo de Caso do Vili Design Residence*, João Pessoa: s.n.
- Almeida, K., Silva, V., Costa, J. M. (2014). Cidade, Meio Ambiente e Moradia às Margens do Rio Amazonas. *In: PreALAS Patagônia - VI Foro Sur-Sur*.
- Barbosa, I. L. L. F (2013). *Muros de contenção com geossintéticos em aterros sobre solos moles reforçados com colunas de jet grout*, Porto - Portugal: s.n.
- Baroni, M., Srecht, L. P. & Pinheiro, R. J. B. (2012). Construção de estruturas de contenção utilizando pneus inservíveis: análise numérica e caso de obra. *R. Esc. Minas*, 08 Julho, p. 09.
- Bassaneli, H. R. et al. (2016). Estabilidade de Taludes. *Jornada Científica*, 1(2).
- Belém, R. A., Oliveira, C. V. & Sampaio, R. D. A. (2014). *Características físicas do solo e susceptibilidade de deslizamentos de talude na Avenida Sidney Chaves*, Montes Claros/MG. 01 Julho, p. 08.
- Behnood, A., Tittelboom, K., Belie, N. Methods for measuring pH in concrete: a review (2016). *Construction and Building Materials*. 105. p.176-188.
- Bobadillo, R. A. *Problemática dos rios urbanos costeiros: entraves e possibilidades para a qualidade ambiental e social*. Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado em Gerenciamento Costeiro. Rio Grande – RS 2014, 210 p.
- Borba, A. M. (2007). *Análise de desempenho de aterro experimental na Vila Pan - Americana*, Rio de Janeiro: s.n.
- Braga, H. & Medeiros, W. D. D. A. (2015). Percepção do avanço do mar na praia de Barrinha, Icapui/CE. *Revista GEOTemas*, 5(1), pp. 49-62.
- Brito, D. M. C. & Avelar, V.G. (2017). Geografia do Amapá em perspectiva (Organizadores) - Macapá-AP: UNIFAP. 199 p.
- Costa, J. M. D., Sacramento, K. D. A. (2016). Evolução urbana e questões socioambientais: um estudo de caso da ocupação das margens do Rio Amazonas no Bairro de Araxá, Macapá-AP, Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, v. 1, n. 56, p. 289-305.
- Defesa Civil do Amapá (2012). *Defesa Civil do Amapá-PA notícias*. Disponível em: <<http://www.defesacivil-ap.com.br/portal/noticias/11-defesa-civil-no-desabamento-de-casas-do-aturia.html>>. Consultado em: 10 abril 2019.
- De Lyra Souza, M. Benefícios ambientais no controle de erosão costeira com o uso do dissipador de energia “Bagwall” no litoral de Alagoas. (2008). *Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 8, n. 2, p. 139-148.
- De Paula, D., Dias, J., De Sousa, M., Neto, C., Barros, E. (2013). Monitorização de curto prazo da praia do Icarai (Caucaia-CE, Brasil) após construção de estrutura rígida do tipo bagwall para controle da erosão. *In: 11º Simpósio de Hidráulica e Recursos*

Hídricos dos países de expressão portuguesa. *VII Congresso de Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras de Países de Expressão Portuguesa*, Maputo, Moçambique.

Dias, D. D. S. & Silvia, C. N. (2016). Explorando as consequências das ocupações espontâneas em encostas urbanas: um exemplo do espaço periférico Três Moinhos em Juiz de Fora-MG. *Revista de Geografia - PPGEO*, Jul-Dez. pp. 107-123.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Aglomerados subnormais, primeiros resultados. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/92/cd_2010_aglomerados_subnormais.pdf>. Consultado em: 22 Fev. 2020.

Ferrari, V. J., Padaratz, I. J. & Loriggio, D. D. (2008). Reforço a flexão em vigas de concreto com manta de fibra de carbono: mecanismos de incremento de ancoragem. *Acta Scientiarum Technology*, Janeiro, p. 09.

Filet, M., Souza, C. R. G; Xavier, A. F., Büschel, E. G., Moraes, M. B. R., Poleti, A. E. (2002). *Gerenciamento costeiro e os estudos do quaternário no Estado de São Paulo, Brasil*. Pesquisas em Geociências, 28 (2): 475-486, maio/ago.

França, M., Meneses, V. (2019). *O impacto do processo de erosão da Praia do Icaraí, em Caucaia-CE. Pesquisa para disciplina Sistema de Análise Urbana do curso de Arquitetura e Urbanismo*. UniFanorWyden, 2019. Disponível em <<https://even3.blob.core.windows.net/anais/157808.pdf>>. Consultado em: 24 Jan. 2022.

Félix, E. F., Balabuch, T. J. R., Posterlli, M. C., Possan, E & Carrazedo, R. (2017). Análise da vida útil de estruturas de concreto armado sob ação da corrosão utilizando um modelo com redes neurais artificiais acoplado ao método dos elementos finitos. *In: Anais. Asunción, Paraguay: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2017*.

Façanha, M., Di Ciero, C., Souza, L.A., Marino, M. (2017). Erosão costeira da praia do Icaraí (Caucaia/CE). *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, v. 1, p. 2946-2952.

Fernandes, L., Silva, S. (2019). *Erosão na orla de Macapá: um estudo de caso na área do Aturiá, no bairro do Araxá, em Macapá-AP*. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Departamento de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Amapá, Macapá-AP.

Gama, N., Ramos, A., Andrade, R. (2014). Análise morfodinâmica e de vulnerabilidade da praia do Saco da Pedra no município de Marechal Deodoro-AL. *In: V Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação RRecif-PE*, Nov. 2014.

Gama, N. A., Ramos, A. D. S. & Andrade, R. C. d. (2014). Análise morfodinâmica e de vulnerabilidade da Praia do Saco da Pedra no Município de Marechal Deodoro-AL. *In: V Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, 12-14 novembro, pp. 154-160.

Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas. (2019). *Notifica Prefeitura de Maceió a recuperar orla da capital*. Setembro de 2019. Disponível em <<https://www.ima.al.gov.br/ima-notifica-prefeitura-de-maceio-a-recuperar-orla-da-capital>>. Consultado em: 23 Jan. 2022.

- Jaudzems, G., Zhang, F., Bolong, W., Bao, L., Xiao, J. Chloride in Milk, Milk Powder, Whey Powder, Infant Formula, and Adult Nutritionals Potentiometric Titration: Collaborative Study, Final Action 2016.03. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, Volume 102, Issue 2, 1 March 2019, Pages 564–569, <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0244>
- Junio, A. M. M. & Viana, P. M. F. (2016). Análise da estabilidade externa de um muro de gabião próximo ao Viaduto Marginal Botafogo. *Construindo*, 8(2).
- Li, W., Wang, T C. (2019). Shear transfer in lightweight reinforced concrete. *PCI Journal*.
- Lima, D. R. D. (2016). *Análise custo/benefício de estruturas de contenção em aterros*, Araruna-PB.
- Luiz, B. J. (2014). *Projeto geotécnico de uma estrutura de contenção em concreto*, Rio de Janeiro.
- Lyra, M. (2012). *Mar agitado com ondas de até 3 metros na ilha da Croa, Alagoas-MA, comprova eficácia do barra-mar dissipador de energia bagwall*. Disponível em: <http://marcolyra.blogspot.com/2012/08/mar-agitado-com-ondas-de-ate-3-metros.html>. Consultado em Janeiro de 2022.
- Machado, A. X. & Mendes, L. C. (2014). Durabilidade e vida útil de estruturas de contenção de encosta situadas na cidade do Rio de Janeiro-RJ. *In: VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas*, Maio, 2014.
- Magalhães, E. P. (2013). *Comportamento experimental de uma cortina de estaca prancha assente em solo poroso do Distrito Federal*, Brasília-DF: s.n.
- Mendes, F. B. (2010). *O uso de ferramenta computacional na avaliação e dimensionamento de cortina atirantada*, Ouro Preto: s.n.
- Medeiros, E., Maia, L., Araújo, R. (2016). *Percepção ambiental do impacto da costa do Brasil e da obra de contenção em uma praia do litoral do Nordeste*.
- Monteiro, N., Araujo, E. C., Linhares, L., Silva, R., De Paula, D. (2016). Estruturas de contenção a erosão costeira: O uso de dissipadores de energia do tipo bagwall. *In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*, Foz do Iguaçu-PR, Brasil, Setembro, 2016.
- MMA (2000). Agenda 21, Gestão dos Recursos Naturais, subsídios a elaboração da agenda 21 brasileira. *Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos*, p. 84.
- Mouta Júnior, A., Lima, J., Gondim, R., Paula, D. *Obras costeiras no Litoral Nordeste do Brasil: identificação e mapeamento da linha de costa do Litoral Leste do Ceará*. Livro: O homem e o litoral: transformações na paisagem ao longo do tempo. FAPERJ, editora, 2017, páginas 184 - 195. Disponível em <http://redebraspor.org/livros/2017/Braspor%202017%20-%20Artigo%2010.pdf>. Consultado em janeiro de 2022.
- Muehe, D. & Neves, C. (1990). Potential impacts of sea level rise on the coast of Brazil. *Changing Climate and the Coast*, Volume 2, pp. 311-339.
- Mororó, E. et al. Análise de 22 anos (1991-2013) da evolução costeira para a porção do litoral cearense, a oeste da cidade de Fortaleza, por meio de imagens históricas da série Landsat. (2015). *In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, INPE*, João Pessoa-PB, Brasil, 2015.

- Naqvi, A. A., Maslehuddin, M., Ur-Rehman, K., Al-Amoudi, O. S. B. Chlorine signal attenuation in concrete. *Appl Radiat Isot.* 2015. Nov;105:6-10. doi: 10.1016/j.apradiso.2015.07.010. Epub 2015, Jul 11. PMID: 26218450.
- Neiva, E. S., Faria, F. E. D., Nogueira, G. T. & Jorge, R. P. (2014). *Estruturas de Contenção, Escavações e Escoramentos*, Belo Horizonte: s.n.
- Neto, J. O. A. & Portelinha, F. H. M. (2016). Aspéctos Gerais Sobre o Uso de Geossintéticos em Muros e Taludes Reforçados. *COBRAMSEG*.
- Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, v.1 Métodos Químicos e Físicos para análise de água e alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985.p.307-308.
- Oliveira, C., Melo, A., Nolé, L., Sales, M., Miranda, R., Albuquerque, C., Pereira, H. (2013). Implantação de “bagwalls” na contenção do avanço marítimo na praia pau amarelo através do sensoriamento remoto. *In: XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão*. UFRPE, Recife, Brasil. 2013.
- Orige, L. P. (2016). *Análise de Estabilidade e Proposta de Solução de um Talude no Bairro Pantanal*, Florianópolis: s.n.
- Pessoa, R. G. (2016). *Avaliação dos Custos Construtivos de Estruturas de Contenção no Município de Natal/RN*, Natal: s.n.
- Pinto, S. E. L. (2013). *Retoanálise de ruptura de estrutura de contenção em retângulos em belo horizonte/MG*, Belo Horizonte: s.n.
- Prefeitura Municipal de Paulista. *Paulista Emprega Técnica do Bagwall para Conter o Avanço do Mar na Praia do Janga*. Março de 2013. Disponível em <<https://www.paulista.pe.gov.br/site/noticias/detalhes/75>>. Consultado em: 12 Jan. 2022.
- Rattichieri, M. M. (2015). *Metodologia Construtiva de Paredes Diafragma*, Guaratinguetá: s.n.
- Resende, C., Diniz, A., Diniz, A., Martelli, P., Bueno, A., Bueno. Corrosion Inhibitor Efficiency Rating to Concrete in Environments Contaminated with CO₂ and Chloride Ions March 2017. *Revista Virtual de Química* 9(2): 699-716. FollowJjournal DOI: 10.21577/1984-6835.20170042
- Santana, J. H. F. (2014). *Estudo Comparativo de Variações de Contenção de Taludes Verticais*, Formiga: s.n.
- Santana, R. G. D. (2006). *Análise de soluções de engenharia para estabilização de encostas ocupadas na região metropolitana do Recife-PE*, Recife: s.n.
- Santos, K. A. A. C. S. (2008). *Análise socioambiental da ocupação urbana da área do Aturiá-AP*. 102 fl. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental e Políticas Públicas) - Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental e Políticas Públicas, Universidade Federal do Amapá, Macapá.
- Silva, C. F. A. D. et al. (2016). Índices de Vulnerabilidade à Erosão das Praias da Ilha de Itamaracá, Litoral Norte de Pernambuco, Brasil. *Investigaciones Geográficas*, Issue 52, pp. 71-82.
- Silva, F. J. O. D. et al., 2013. Impactos Potenciais Ocasionados pela Elevação do Nível Médio do Mar ao Longo da Via Costeira de Natal-RN. *Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH*, 17-22 novembro.pp. 1-8.

Silva, R. A. F. D. (2012). *Aplicação da engenharia natural na estabilidade de taludes*, Funchal: s.n.

Silva, R. A. F. D. (2012). *Aplicação da Engenharia Natural na Estabilização de Taludes*, Funchal - Portugal: s.n.

Silva Junior, O., Santos, L., Rodrigues, M. Panorama dos Riscos Costeiros no Estado do Amapá: Conhecer para Agir. *In: Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano*. 2 ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2020, v.2, p. 454-472. Disponível em: <https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Reducao2020/Reducao_2ed-2020-25.pdf>. Consultado em: 22 Mar. 2021.

Silva, M. V., Silva Jr. O. M., Baia, M. M. Modificações na linha de costa da praia do Goiabal (1985-2019) - Calçoene-Amapá-Brasil. *In: Brito, D. M. C., Silva, E. A. C., Ferreira, J. F. C. (Org.) Geografia do Amapá em Perspectiva. Uniedusul*, 2022. Vol III. ISBN 978-65-80277-83-4.

Silva, T., Shimabukuro, Y., Galvão, L., Novo, E., Lima, I., Kuplich, T., Nobre, A. *Avaliação da aplicabilidade de imagens EOS-MODIS e Landsat TM no estudo da dinâmica espaço-temporal das comunidades de macrófitas em lagos da planície de inundação Amazônica*. (2004). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Souza, M. A. D. L. (2008). Benefícios Ambientais no Controle de Erosão Costeira com o Uso do Dissipador de Energia Bagwall no Litoral de Alagoas. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8(2), pp. 139-148.

Souza, M., Filho, M. *Proteção Costeira com o Uso do Dissipador de Energia Bagwall na Praia de Pau Amarelo, Paulista, Pernambuco, Brasil*. Livro: O Homem e o Litoral: Transformações na Paisagem ao longo do Tempo. FAPERJ, editora, 2017, p. 332 - 345. Disponível em <<http://redebraspor.org/livros/2017/Braspor%202017%20-%20Artigo%2019.pdf>>. Consultado em: 23 Jan. 2020.

Tanks, J., Harris, D. K and Sharp, S. R. (2016). “Mechanical response of unidirectional composite bars loaded in transverse compression”, *Composites Part B: Engineering*. Impact Factor: 2.983.

Teske, J. L. & Souza, L. S. D. (2014). *Sistema de Contenção de Encosta Pré-Moldado com Fundação Superficial*, Pato Branco-PB: s.n.

Tissier, Y., Bouteiller, V., Victoire, Joiret, S., Chaussadent, T. Corrosion processes and ECE treatment in a both carbonated and chlorinated reinforced concrete. Book title: *Proceedings of the International RILEM Conference on Materials, Systems and Structures in Civil Engineering Conference segment on Electrochemistry in Civil Engineering*. Editor(s): Lisbeth M. Ottosen. 2016. Publication year: 2016. Pages: 130-140. Total Pages: 11.

Torres, A., El Robrini, M., Costa, W. Amapá. pp. 19-64. (2018). *In: Panorama da Erosão Costeira no Brasil*. 579 p. 1 ed. *Ministério do Meio Ambiente*. Brasília.

Torres, A.M., El-Robrini, M. Amapá. pp. 11-40. (2006). *In: Erosão e progradação do litoral brasileiro*. Muehe, D (Orgs). *Ministério do Meio Ambiente*. Brasília.

Universon On-Line. (2022). *Uol Economia*. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/euro-uniao-europeia>>. Consultado em 12 março 2022.

Xie, Q., Xiao, J., Zhang, K. et al. Compressive behavior and microstructure of concrete mixed with natural seawater and sea sand. *Front. Struct. Civ. Eng.* 15, 1347–1357 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11709-021-0780-2>.

Weritz, F., Schaurich, D., Taffe, A., Wilsch, G., *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 2006, 385, 248.

Yoon, H. N., et al. Kim G .M., Nam, I. W. Effect of Superplasticizer Type and Siliceous Materials on the Dispersion of Carbon Nanotube in Cementitious Composites[J]. *Composite Structures*, 2018, 185: 264–272

Wilsch, G., Weritz, F., Schaurich, D., Wiggenhauser, H. (2005). *Construct. Build. Mater.*, 19, 724–730.

ANEXO I
Laudos das análises



LAUDO DE ANALISES Nº. 01-0163/19

Cliente: Isaltino Monte Carneiro Júnior
Rua Luiza Damasceno, 276 Jardim Marco Zero
Macapá-AP

Identificação da Amostra: Água da Foz Rio Amazonas
Responsável pela Coleta: Isaltino Júnior Tipo: Sem Tratamento
Local de Coleta: Planície as Margens
Data da Coleta: 17/01/19 17h07min
Data de Entrada: 18/01/19 07h30min Legislação: RE Nº 357/CONAMA
Complemento: Latitude: - 0, 055371
Longitude: - 51.100353
Elevação: 2,78
Umidade Relativa: 66

PARÂMETROS	EXPRESSO COMO	DATA DE ANÁLISE	RESULTADO	LIMITE
Nitrato Total (mg/L)	N	21/01/19	0,103	10
Fluoreto Total (mg/L)	F	21/01/19	0,050	1,4
Coliformes Termotolerantes	NMP/mL	18/01/19	<3,0	1000
Cloreto Total (mg/L)	Cl	21/01/19	28	250
Alcalinidade Total (mg/L)	CaCO ₃	21/01/19	0,032	-
Temperatura da Amostra	°C	17/01/19	23,3	<40
Temperatura Ambiente	°C	17/01/19	31,0	-

Observações:

- 1) Análises realizadas conforme metodologia básica descrita no "Standart Methods" 21ª edição;
- 2) Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.

Macapá, 25 de Janeiro de 2019.

Ediana Paula Dallegrave
Responsável Técnica
CRQ: 06100049 – 6º Região



LAUDO DE ANALISES Nº. 01-0162/19

Cliente: Isaltino Monte Carneiro Júnior
 Rua Luiza Damasceno, 276 Jardim Marco Zero
 Macapá-AP

Identificação da Amostra: Água da Foz Rio Amazonas
 Responsável pela Coleta: Isaltino Júnior Tipo: Sem Tratamento
 Local de Coleta: No canal meio do Rio
 Data da Coleta: 17/01/19 10h16min
 Data de Entrada: 18/01/19 07h30min Legislação: RE Nº 357/CONAMA
 Complemento: Latitude: - 0, 108539
 Longitude: - 51.01344
 Elevação: 1,20
 Umidade Relativa: 66

PARÂMETROS	EXPRESSO COMO	DATA DE ANÁLISE	RESULTADO	LIMITE
Nitrato Total (mg/L)	N	21/01/19	0,075	10
Fluoreto Total (mg/L)	F	21/01/19	0,035	1,4
Coliformes Termotolerantes	NMP/mL	18/01/19	21	1000
Cloreto Total (mg/L)	Cl	21/01/19	24	250
Alcalinidade Total (mg/L)	CaCos	21/01/19	0,027	-
Temperatura da Amostra	°C	17/01/19	23,2	<40
Temperatura Ambiente	°C	17/01/19	24,0	-

Observações:

- 1) Análises realizadas conforme metodologia básica descrita no "Standart Methods" 21ª edição;
- 2) Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.

Análises
 Controle de Qualidade

Macapá, 25 de Janeiro de 2019.

Ballegrave
 Ediana Paula Dallegrove
 Responsável Técnica
 CRQ: 06100049 – 6º Região